

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR GESELLSCHAFTSFORSCHUNG
MAX PLANCK INSTITUTE FOR THE STUDY OF SOCIETIES



MPIfG Discussion Paper 07/3

Technik und sektoraler Wandel

Technologische Eingriffstiefe, sektorale Adaptionenfähigkeit
und soziotechnische Transformationsmuster

Ulrich Dolata



Ulrich Dolata

**Technik und sektoraler Wandel: Technologische Eingriffstiefe, sektorale Adaptionfähigkeit
und soziotechnische Transformationsmuster**

MPIfG Discussion Paper 07/3
Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung Köln
Max Planck Institute for the Study of Societies Cologne
Februar 2007

© 2007 by the author(s)

MPIfG Discussion Paper | ISSN 0944-2073

Ulrich Dolata ist Privatdozent an der Universität Bremen, Senior Scientist am dortigen artec – Forschungszentrum Nachhaltigkeit und Research Affiliate am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung.

Ulrich Dolata
dolata@artec.uni-bremen.de

MPIfG Discussion Papers are refereed scholarly papers of the kind that are publishable in a peer-reviewed disciplinary journal. Their objective is to contribute to the cumulative improvement of theoretical knowledge. The papers can be ordered from the institute for a small fee (hard copies) or downloaded free of charge (PDF).

Downloads

www.mpifg.de

Go to *Publications / Discussion Papers*

Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung
Max Planck Institute for the Study of Societies
Paulstr. 3 | 50676 Cologne | Germany

Tel. +49 221 2767-0

Fax +49 221 2767-555

www.mpifg.de

info@mpifg.de

Zusammenfassung

Anknüpfend an die Diskussionen um sektorale Innovations- und Produktionssysteme wird in diesem Text ein analytischer Ansatz vorgestellt, mit dem das Ausmaß und die typischen Muster technikbezogenen sektoralen Wandels empirisch untersucht und erklärt werden können. Dazu werden zwei wesentliche Kategorien herausgestellt und aufeinander bezogen: zum einen die spezifische sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien beziehungsweise Technikfelder, also die substanzielle oder inkrementelle Bedeutung, die diese für das jeweilige sektorale System haben (können); zum anderen die sektorale Adaptionfähigkeit der dort etablierten sozioökonomischen Strukturen, Institutionen und Kernakteure, die mit neuen technologischen Möglichkeiten konfrontiert werden. Mit Hilfe der ersten Kategorie – sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien – lässt sich der sektorale Anpassungs- und Veränderungsdruck, den neue Technologien beziehungsweise Technikfelder erzeugen, identifizieren. Mit der zweiten komplementären Kategorie – sektorale Adaptionfähigkeit – lassen sich die sektorale Aufnahmebereitschaft und Verarbeitungskapazität dieses Drucks, die durch die jeweils bestehenden sektoralen Regulationsmuster und dominierenden Handlungsorientierungen geprägt werden, analysieren. Aus dem spezifischen Zusammenspiel beider Einflussfaktoren ergeben sich unterscheidbare sektorale Transformationsmuster, die sich im Spektrum antizipativer Anpassung und krisenhafter Reaktion bewegen.

Abstract

Following up on recent debates about sectoral systems of innovation and production, the paper introduces a heuristic framework for analyzing and explaining distinct patterns of technology-based sectoral change. The concept is based on two main inter-related influencing factors. The first is the sectoral-specific transformative capacity of new technologies themselves: What kind of substantial or incremental impact do they have on socio-economic and institutional change in a given sectoral system? The second is the sectoral adaptability of socio-economic structures, institutions and actors confronted with the opportunities presented by new technologies. The first factor – sectoral transformative capacity of new technologies – enables us to identify the technology-driven pressure to change and adjust the structural and institutional architectures of sectoral systems. The second, complementary factor – sectoral adaptability – helps us to discern the distinct social patterns of anticipation and absorption of this technology-based pressure. The specific interplay between the two influencing factors leads to distinguishable modes of sectoral transformation ranging from anticipative and smooth adjustments to reactive and disruptive patterns of change.

Inhalt

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Einleitung: Wissenschaftlich-technischer Umbruch und sozioökonomischer Wandel | 5 |
| 2 | Technik und sektorale Systeme | 9 |
| 2.1 | Sektorale Systeme I: <i>Loaded</i> | 9 |
| 2.2 | Sektorale Systeme II: <i>Upgraded</i> | 12 |
| | <i>Technische Kontexte: Techniktypen, Basistechnologien und sektorale Technikprofile</i> | 12 |
| | <i>Sozioökonomische und institutionelle Kontexte: Strukturierung und Institutionalisierung</i> | 17 |
| | <i>Akteure und Interaktionsmuster: Kompetitive und kooperative Figurationen</i> | 20 |
| 2.3 | Sektorale Systeme III: <i>Reloaded</i> | 24 |
| 3 | Technik und sektoraler Wandel | 25 |
| 3.1 | Ausgangspunkte: Typen von Innovationen, <i>periods of mismatch</i> und soziotechnische Restrukturierungen | 25 |
| 3.2 | Neue Technologien und ihre sektorale Eingriffstiefe | 29 |
| | <i>Präzisierung I: Endogene versus exogene Technik</i> | 30 |
| | <i>Präzisierung II: Geringe versus große Eingriffstiefe</i> | 32 |
| 3.3 | Neue Technologien und sektorale Adaptionenfähigkeit | 34 |
| | <i>Präzisierung I: Geringe Adaptionenfähigkeit</i> | 35 |
| | <i>Präzisierung II: Hohe Adaptionenfähigkeit</i> | 38 |
| 3.4 | Neue Technologien und sektorale Transformationsverläufe | 42 |
| | <i>Präzisierung I: Graduelle Transformationen</i> | 42 |
| | <i>Präzisierung II: Sektorale Transformationsverläufe</i> | 44 |
| 4 | Eingriffstiefe, Adaptionenfähigkeit, graduelle Transformationen: Ein analytischer Ansatz technikbezogenen sektoralen Wandels | 46 |
| | Literatur | 47 |

1 Einleitung: Wissenschaftlich-technischer Umbruch und sozioökonomischer Wandel

Seit dem Übergang von den siebziger zu den achtziger Jahren befinden sich die hoch entwickelten kapitalistischen Gesellschaften in einer Phase signifikanter wissenschaftlicher und technologischer Veränderungen. Sie wird vor allem anderen geprägt durch die Verbreitung einer Vielzahl neuer Informations- und Kommunikationstechnologien, die als Technologiecluster dem seltenen Typ technologischer Revolutionen mit einschneidenden, die gesamte Ökonomie und Gesellschaft erfassenden Wirkungen zuzurechnen sind. Daneben hat sich mit der neuen Biotechnologie im selben Zeitraum ein zweites neues methoden- und verfahrensbasiertes Technologiefeld etabliert, das die zuvor nicht denkbare gezielte Rekombination biologischen Materials ermöglicht – mit ebenfalls beachtlichen sozioökonomischen Effekten, die sich bislang allerdings vor allem auf die medizinische Forschung und Pharmaindustrie, daneben auch auf die Landwirtschaft, Agrochemie und Lebensmittelproduktion konzentrieren. Pervasiv Informatisierung der Gesellschaft und gezielte Rekombination der Natur – dies sind, auf den Begriff gebracht, die wesentlichen Signaturen eines substanziellen wissenschaftlich-technischen Umbruchs, der vor fast drei Jahrzehnten begonnen hat und dessen Ende noch längst nicht absehbar ist.

Bei aller Dynamik zeichnen sich die Verlaufsformen dieses Umbruchs durch langgestreckte, uneindeutige und tastende Such- und Selektionsprozesse aus, die von zahlreichen gesellschaftlichen Akteuren mit je eigenen Kompetenzen, Interessen und Handlungsorientierungen getragen werden und über die sich die technologischen Grundlagen der Gesellschaft sukzessive erneuern und erweitern. Dies ist nicht nur typisch für frühe Phasen der Technikgenese (zum Beispiel in der Informations- und Kommunikationstechnik, der Bio- oder auch der Nanotechnologie), die sich eher durch diffuse Technikleitbilder und -visionen als bereits durch präzise Herstellungs- und Verwendungsmuster auszeichnen (Hellige 1993). In ihnen wird, anders als etwa im Rahmen der Technikgeneseforschung unterstellt wurde (Dierkes 1997: 8), technisch noch gar nichts geschlossen oder verfestigt, sondern im Gegenteil zunächst ein weites, unübersichtliches, noch weniger an Machbarkeiten als an allgemeinen Wünschbarkeiten ausgerichtetes Feld möglicher Anwendungen und Entwicklungsrichtungen eröffnet. Auch in späteren Phasen der anwendungsorientierten Technikentwicklung und -diffusion werden die weiteren Ausformungen neuer technologischer Möglichkeiten nicht nur allgemein von fortbestehenden Uneindeutigkeiten über Mach-, Verwend- und Verwertbares, sondern auch sehr konkret von oft substanziellen Veränderungen im Profil und in der Nutzung neuer

Der folgende Text ist im Zusammenhang des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts „Internet und Biotechnologie. Technologische Innovationen und ihre Auswirkungen auf Akteurfigurationen, Kooperationsbeziehungen und Konkurrenzmuster in vergleichender Perspektive“ entstanden. Für instruktive Kommentierungen der ersten Fassung möchte ich den beiden MPIfG-Gutachtern Renate Mayntz und Martin Höpner ebenso danken wie Raymund Werle (MPIfG, Köln), Martin Meister (Technische Universität Berlin), Jan-Peter Voß (Öko-Institut, Berlin) und Harald Rohrer (Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur – IFZ, Graz).

Produkte, Systeme und Verfahren noch während ihres Entwicklungs-, Herstellungs- und Anwendungsprozesses geprägt (Freeman 1994). Erst über konkrete Technisierungsprojekte und selektierende Teilschließungen stabilisieren sich funktionierende Produktions- und Nutzungsmuster, verfestigen sich neue technische Entwicklungspfade und verstärken sich „effects of irreversibility“ (Wieland 2000: 4; David 2000). Und selbst bei diesen *lock-ins* handelt es sich, nimmt man wiederum die Geschichte der beiden großen Technologiecluster in den Blick, oft um labile und temporäre Verfestigungen, die immer wieder durch neue Öffnungen und Alternativen, überraschende technische Sackgassen oder Durchbrüche, aber auch etwa durch eigenwillige Nutzungsmuster oder durch aufbrechende gesellschaftliche Kontroversen infrage gestellt werden können.

Im Zuge der Entstehung, Diffusion und Nutzung, also der sozialen Formung und Institutionalisierung neuer Technologien, verändern sich sukzessive auch die Handlungsorientierungen der involvierten Akteure und mit ihnen die sozioökonomischen und institutionellen Bedingungen, unter denen sie agieren. Neue Technologien wirken, ähnlich wie soziale Strukturen und Institutionen auch, als kontingente Ergebnisse akteurgetragener sozialer Prozesse zugleich in Form neuer Handlungsmöglichkeiten und -rahmungen (re-)strukturierend auf soziale (ökonomische, politische, zivilgesellschaftliche) Zusammenhänge zurück: Sie tragen zur Veränderung von Organisationsmustern und interorganisationalen Beziehungen bei, eröffnen Spielräume für neue Akteure, konstituieren neue Marktsegmente und Konkurrenzkonstellationen, erfordern zum Teil weitreichende Neujustierungen politisch-regulativer Rahmensetzungen, modifizieren Lebensstile und Konsummuster und provozieren nicht selten scharf geführte gesellschaftliche Diskurse und Technikkontroversen.¹ Sie tun dies allerdings nicht im Sinne eines linearen, durch klare Schnittstellen und Übergabepunkte charakterisierten Verlaufmodells – erst wird neue Technik sozial konstruiert, geformt und gehärtet, dann wirkt sie determinierend beziehungsweise verändernd auf gesellschaftliche Handlungsbedingungen zurück –, sondern im Sinne eines rekursiven Prozesses, der ihren gesamten Lebenszyklus umspannt (Dolata/Werle 2007). Neue technologische Möglichkeiten und Technologien stoßen längere „periods of mismatch“ an (Dosi et al. 1988: 11; ähnlich auch Rip/Kemp 1998: 367), in deren Verlauf sich etablierte Unternehmen und Industriesektoren sukzessive rekonfigurieren, neue Firmen, Branchen und Marktsegmente

1 Die neue Biotechnologie beispielsweise übt seit Ende der siebziger Jahre einen beträchtlichen Veränderungsdruck auf die Restrukturierung der Akteurfigurationen, Organisationsmuster, Konkurrenz- und Kooperationsbeziehungen in der Pharmaindustrie aus, hat das Verhältnis von industrieller Forschung und akademischer Wissenschaft neu justiert, neuartige politische Regelungsbedarfe angestoßen und scharfe gesellschaftliche Technikkontroversen ausgelöst. Das Internet trägt in der einen oder anderen Weise zur Veränderung von Märkten, sektoralen Innovationsmustern und der Reorganisation staatlicher Verwaltungsprozesse bei, beeinflusst Konsum- und Kommunikationsmuster und erfordert ebenfalls zum Teil neuartige rechtlich-regulative Rahmensetzungen. Die Globalisierung der Finanzmärkte wäre wie vieles Andere auch ohne den Einsatz avancierter Informations- und Kommunikationstechniken nicht denkbar. Das Auto schließlich prägt als verfestigte Technik nicht nur die Verkehrsinfrastrukturen, Mobilitätsmuster und Lebensstile moderner Gesellschaften, sondern auch etwa deren Industriestrukturen oder die städtische und ländliche Raumordnung.

entstehen, Organisationsstrukturen, Kooperations- und Konkurrenzmuster verändern, Konsumpräferenzen verschieben und politische Förder- und Regulierungsansätze erneuern. Am Ende eines solchen, mehrere Jahrzehnte umfassenden soziotechnischen Readjustierungsprozesses können die mit ihm einhergegangenen technischen, strukturellen und institutionellen Veränderungen außerordentlich sein – allerdings nicht als Ergebnis eines einmaligen und radikalen Bruchs, sondern als Resultat langgestreckter, uneindeutiger und fehlerbehafteter soziotechnischer Such-, Selektions- und Readjustierungsvorgänge, die oft alles andere als voraussehbare Verlaufsformen annehmen (Mokyr 2002; Stobbe/Just 2006).

Dieser allgemeine Zusammenhang von technischem, sozioökonomischem und institutionellem Wandel ist mittlerweile vor allem in verschiedenen Konzepten der Koevolution von Technik und Institutionen oder im Rahmen neuerer soziotechnischer Systemansätze durchaus präsent, die in der einen oder anderen Weise die Frage aufwerfen, „how technology is shaped by social, economic, and political forces alike; and how, in the same process, technologies and technology systems shape human relations and societies“ (Rip/Kemp 1998: 328; auch Kemp/Rip/Schot 2001; Kitschelt 1991; Nelson 1994; Lynn/Aram/Reddy 1996; Geels 2005). Obgleich damit das Wechselverhältnis von Technik und Gesellschaft im Allgemeinen oder auch das von Technik, sozioökonomischen Strukturen und Institutionen in den Blick genommen wird, zielen auch diese Ansätze allerdings vornehmlich auf die Untersuchung und Erklärung der Verlaufsformen und Varianten des *technischen Wandels*. Demgegenüber gibt es bislang kaum empirisch fundierte und analytisch verdichtete Antworten auf den im Folgenden interessierenden zweiten Teil der Frage, welchen sozialen Veränderungs- und Anpassungsdruck neue Technologien im Prozess ihrer Genese, Diffusion und Nutzung erzeugen und wie dieser gesellschaftlich verarbeitet wird, wie sich also, anders gesagt, durch neue technologische Möglichkeiten angestoßene Prozesse *sozioökonomischen und institutionellen Wandels* vollziehen und welche typischen Verlaufsmuster sie annehmen (Werle 2005).

Dies ist das Thema der folgenden Überlegungen. Pointiert formuliert geht es also nicht darum, den technologischen Wandel selbst zu analysieren und zu erklären, sondern die mit ihm einhergehenden sozioökonomischen und institutionellen Veränderungen.

Dazu bietet sich als Untersuchungsgegenstand der sich unter dem Eindruck neuer technologischer Möglichkeiten vollziehende *Wandel sektoraler Systeme* an. Zum einen lassen sich mit Hilfe sektoraler Fallstudien allgemeine programmatische beziehungsweise konzeptionelle Erwägungen zum Verhältnis von technischem, strukturellem und institutionellem Wandel empirisch erden und konkretisieren. Und zum anderen wird mit einer entsprechenden Fokussierung dem Umstand Rechnung getragen, dass insbesondere neue Querschnittstechnologien, die verschiedene Sektoren berühren, dies in sehr unterschiedlicher Weise tun (können): Sie üben in aller Regel einen spezifischen Veränderungsdruck auf die bestehenden sektoralen Strukturen, Institutionen und Akteure aus, der dort zudem in unterschiedlicher Weise wahrgenommen und verarbeitet wird. Sektoren können prinzipiell adaptionsfähig und offen für neue technologische Mög-

lichkeiten sein, die frühzeitig, proaktiv und vergleichsweise friktionslos eingeführt und ins System integriert werden. Sie können sich aber auch durch Strukturpersistenzen und -konservatismen auszeichnen – mit der Konsequenz, dass neue technologische Möglichkeiten erst spät wahrgenommen werden und der sektorale Wandel sich über zögerliche, zum Teil krisenhafte strukturelle und institutionelle Anpassungsprozesse Bahn bricht, die dann nicht selten maßgeblich von neuen oder systemexternen Akteuren vorangebracht werden.

Im Folgenden soll also danach gefragt werden, welche Rolle(n) Technik in Prozessen sektoralen Wandels spielen kann: Wann und in welchem Maße werden die sozioökonomischen und institutionellen Gefüge sektoraler Systeme unter dem Eindruck neuer technischer Möglichkeiten instabil? Auf welche Weise(n) reagieren die involvierten Akteure auf den dadurch ausgelösten Anpassungsdruck? Wie rekonfigurieren und erneuern sich die Strukturen und Institutionen sektoraler Systeme? Schließlich: Lassen sich distinkte Muster und typische Verlaufsformen technikbezogener sektoraler Transformationen identifizieren und voneinander unterscheiden?

Mit der Beantwortung dieser Fragen wird das Ziel verfolgt, einen *analytischen Ansatz* vorzustellen und zu begründen, der empirische Untersuchungen technikbezogenen sektoralen Wandels anzuleiten und zu strukturieren vermag. Dazu wird zunächst, gewissermaßen als das Feld strukturierender Ausgangspunkt, eine eigene Vorstellung dessen entwickelt, was ein sektorales System ist (Kapitel 2). Daran anschließend werden – sehr selektiv und dem Anliegen des Textes zuarbeitend – Forschungsansätze durchgesehen und kritisch gewürdigt, die in der einen oder anderen Weise das Verhältnis von technischem und strukturellem Wandel beziehungsweise Varianten sozioökonomischer und institutioneller Transformationen thematisieren. Auf dieser Grundlage wird eine Heuristik technikbezogenen sektoralen Wandels vorgestellt, in deren Zentrum zwei aufeinander bezogene Kernkategorien stehen: die sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien und die Adaptionsfähigkeit sektoraler Strukturen, Institutionen und Akteure (Kapitel 3). Analytische Ansätze sind, wenn sie sich nicht in summarischen Auflistungen verschiedener einfach abzurufender Komponenten und Einflussfaktoren erschöpfen sollen, immer auch Beiträge zur inhaltlichen Strukturierung und theoretischen Erklärung des Zusammenhangs, auf den sie sich beziehen. Insofern sind die folgenden Ausführungen nicht einfach eine Anleitung zur Erstellung sektoraler Fallstudien, sondern zugleich ein theoretisch-konzeptioneller Beitrag zum Zusammenhang von technischem und sektoralem Wandel.

2 Technik und sektorale Systeme

2.1 Sektorale Systeme I: *Loaded*

Wenn technikbezogener struktureller und institutioneller Wandel auf der Mesoebene von Wirtschaftssektoren analysiert werden soll, dann scheint es nahezu liegen, zu einer ersten Strukturierung des Untersuchungsfeldes auf das Konzept sektoraler Innovationssysteme zurückzugreifen, das seit der zweiten Hälfte der neunziger Jahre als eine Spielart des Ansatzes nationaler Innovationssysteme vor allem von Franco Malerba in die Diskussion gebracht und seither breit rezipiert worden ist (Breschi/Malerba 1997; Malerba 2002, 2004, 2005). Die Stärke des Ansatzes liegt darin, dass er unterhalb der Betonung nationaler Prägungen von Innovationsprozessen den Blick auf deren sektorale Grundlagen und Besonderheiten richtet. Er konzentriert sich auf sektorspezifische Charakteristika der Entwicklung und Produktion von Innovationen, die maßgeblich von der jeweils vorfindlichen Wissens- und Technologiebasis, den dort handelnden Akteuren und Netzwerken sowie den je charakteristischen Institutionen geprägt werden.² Diese Basiskomponenten (*building blocks*) – Technik und Wissen, Akteure und Netzwerke sowie Institutionen – bieten zudem einen einheitlichen und pragmatisch handhabbaren heuristischen Rahmen zur vergleichenden empirischen Analyse sektoraler Innovationssysteme und -prozesse, mit dessen Hilfe sich strukturelle Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie – mit Blick auf ihre Wettbewerbsfähigkeit – distinkte Innovationsstärken und -schwächen bestehender sektoraler Systeme herausarbeiten lassen (Mowery/Nelson 1999).

Diese forschungspragmatische Stärke des Ansatzes geht allerdings nicht nur mit einer Reihe konzeptioneller und theoretischer Schwachstellen einher, die die Basiskomponenten selbst und deren Zusammenspiel sowie die Erklärung sektoralen Wandels betreffen.³ Darüber hinaus ist die Konzentration auf sektorale Innovationssysteme für den hier interessierenden Zusammenhang zu eng.

Das Konzept bietet bislang keine systematisierenden Differenzierungen im Sinne von Taxonomien oder Typisierungen an, über die sich sektorspezifische Technikprofile herausarbeiten und voneinander abgrenzen ließen. Auch die Frage, inwiefern und wie die

2 Malerba (2005: 65f.) definiert sektorale Innovationssysteme entsprechend: „Sectoral Systems of innovation have a knowledge base, technologies, inputs and a (potential or existing) demand. They are composed of a set of agents carrying out market and non-market interactions for the creation, development and diffusion of new sectoral products. These agents are individuals and organisations at various levels of aggregation, with specific learning processes, competencies, organisational structures, beliefs, goals and behaviours. They interact through processes of communication, exchange, cooperation, competition and command. Their interaction is shaped by institutions. A sectoral system undergoes processes of change and transformation through the coevolution of its various elements.“

3 Die meisten der im Folgenden angesprochenen konzeptionellen Schwachpunkte werden auch von den Verfechtern des Konzepts gesehen (vgl. Malerba 2004, 2005a).

jeweils charakteristischen Eigenheiten der Techniken, die dort produziert beziehungsweise eingesetzt werden, die strukturellen und institutionellen Rahmenbedingungen eines Sektors (mit-)prägen, bleibt offen. Überdies ist unklar, ob zu den einen Sektor prägenden Basistechnologien vornehmlich diejenigen zählen (sollten), die dort entwickelt werden – oder ob dazu etwa auch avancierte Informations- und Kommunikationstechnologien gehören, die als zumeist sektorextern entwickelte und ubiquitär einsetzbare Querschnittstechniken sowohl beträchtliche Modernisierungsschübe in sektoralen Forschungs-, Produkt- und Produktionsgefügen auslösen als auch zum Teil weitreichende Veränderungen in den sektoralen Strukturen, Institutionen und Interaktionsbeziehungen anstoßen können.

Des Weiteren ist das dem Ansatz zugrunde liegende Akteurkonzept unterkomplex. Zwar wird zu Recht betont, dass das ein sektorales Innovationssystem tragende Akteurspektrum Firmen und Nicht-Firmen umfasst, zu denen etwa auch Universitäten, Banken und Finanzdienstleister, staatliche Einrichtungen, Gewerkschaften oder Unternehmerverbände gezählt werden. Die unumstrittenen Kernakteure im Konzept sektoraler Innovationssysteme bleiben freilich die jeweils vorfindlichen Unternehmen des Sektors, die auch in den empirischen Fallanalysen die Hauptrolle spielen. Vor allem die wichtigen Rollen, die sektorexterne (industrielle) Akteure – zum Beispiel Unternehmen der informations- und kommunikationstechnischen Industrie –, die staatliche Instanzen – zum Beispiel im Bereich der Forschungsförderung, der rechtlich-regulativen Rahmung oder der Moderation von Technikkontroversen – oder die nichtorganisierte kollektive Akteure – technikskeptische Bürger oder neue Techniken eigenwillig nutzende Konsumenten – in sektoralen Innovationszusammenhängen spielen können, bleibt im konzeptionellen Rahmen des Ansatzes unterbelichtet. Zur wichtigen Frage, wie die Beteiligten typischerweise interagieren, finden sich bislang kaum mehr als Andeutungen.

Darüber hinaus ist der verwendete Begriff der Institution sehr breit, enumerativ und statisch. Dazu zählen nach Malerba (2005: 66) „norms, routines, common habits, established practices, rules, laws, standards and so on“. Institutionen sind da und prägen auf je spezifische Weise das sektorale System. Wie (sektorale) Regelungssysteme und Strukturen durch das Handeln der involvierten Akteure entstehen, wahrgenommen und interpretiert, reproduziert und verändert werden (können), unter welchen Bedingungen und auf welche Weise sich also bestehende sektorale Strukturen und Institutionen stabilisieren oder transformieren – dazu finden sich oberhalb fallorientierter empirischer Untersuchungen keine anschlussfähigen theoretischen oder konzeptionellen Hinweise. Dementsprechend unklar bleibt, wie die Basiskomponenten – Technik und Wissen, Akteure und Netzwerke, Institutionen – miteinander verknüpft sind und zusammenspielen.

Auf dieser Basis ist der offenkundige (und in entsprechenden empirischen Untersuchungen auch beschriebene) strukturelle und institutionelle Wandel sektoraler Innovationssysteme nur schwer zu erklären. Er steht auch nicht im Zentrum der Aufmerksamkeit, die der Untersuchung des Funktionierens entsprechender Systeme vor dem Hintergrund bestehender struktureller und institutioneller Rahmenbedingungen gilt.

Die hier interessierende Frage, wann, wie und wodurch sektorale Systeme selbst instabil werden, welche Rolle das Aufkommen neuer technologischer Möglichkeiten dabei spielt und auf welche Weise(n) sich sektorale Transformationsprozesse vollziehen, wird zwar gestellt, bislang allerdings nicht systematisch und analytisch verdichtet beantwortet – sieht man einmal von allgemeinen Verweisen auf „coevolutionary process(es) of its various elements“, „variety creation and selection“ ab (Malerba 2004: 29–33, 2005: 76f.).⁴

Schließlich ist, was dem Konzept allerdings nicht vorgeworfen werden kann, der Fokus auf sektorale *Innovationssysteme* im vorliegenden Zusammenhang zu eng. Damit wird der Blick exklusiv auf diejenigen sektoralen Systeme gerichtet, die sich durch eine eigenständige technologische Innovationstätigkeit auszeichnen. Die ist etwa für die Chemie- und Pharmaindustrie, den Luft- und Raumfahrtsektor, die Automobilindustrie, den Energiesektor oder die Telekommunikations-, Computer- und Halbleiterindustrie typisch. In solchen Sektoren können Prozesse sozioökonomischer, institutioneller und organisationaler Restrukturierung sowohl durch systemintern entwickelte und produzierte neue Technologien als auch durch die breite Einführung neuer systemextern entstandener Informations- und Kommunikationstechniken angestoßen werden.⁵ Viele andere Wirtschaftssektoren lassen sich dagegen nicht als Innovationssysteme, in denen typischerweise neue Technologien entwickelt und produziert werden, bezeichnen. Sie zeichnen sich vielmehr dadurch aus, dass dort vor allem sektorextern entstandene neue technologische Angebote spezifisch eingesetzt und genutzt werden. Dies ist typisch etwa für den Banken-, Versicherungs- und Finanzdienstleistungssektor, die Musik- und Medienindustrie oder den Handel. Als vornehmlich Technik nutzende Sektoren werden auch sie in ihrer bisherigen Funktionsweise zum Teil gravierend durch neue technologische Möglichkeiten berührt. Es sind vor allem die Anwendungspotenziale und der Einsatz avancierter Informations- und Kommunikationstechniken, die dort zum Teil substantielle Restrukturierungsprozesse auslösen können.

4 Franco Malerba (2002: 259) hat in diesem Zusammenhang eine Forschungsagenda skizziert, die bislang freilich noch nicht eingelöst worden ist: „First, how do new agents come into being and what are the main sectoral differences in the rate, type and determinants of entry? Second, do new competencies, organizational forms and strategies radically differ from the old ones or do they emerge from the old ones (i.e. do we have adaptation or drastic change)? How is the balance between the two affected by sectoral features? Third, do relationships among agents and networks show a great stability or do they change over time, and if so, in which direction? Fourth and more generally, how do new sectoral systems emerge, and what is the link with previous sectoral systems?“ Immerhin wird in neueren Arbeiten (und wiederum in Auswertung empirischer Fallanalysen) der starke Einfluss einer in vielen Sektoren veränderten Wissensbasis auf die Organisation innovativer Aktivitäten insbesondere im Bereich Forschung und Entwicklung angedeutet (Malerba 2004: 467–479). Von einer empirisch begründeten Typologie und theoretischen Erklärung technikbezogenen sektoralen Wandels sind diese vereinzelt Fundstellen freilich noch weit entfernt.

5 Dies ist zum Beispiel für den derzeitige Wandel von Energiesystemen typisch: Er wird geprägt sowohl durch die Entwicklung neuer systemintern entwickelter Energieerzeugungstechnologien, die dezentral und flexibel einsetzbar sind, wie auch durch neue systemextern entstandene Informations- und Kommunikationstechniken, die zugleich die Möglichkeiten des zentralen Managements komplexer und verteilter Systeme nachhaltig erweitern (Rohracher 2007).

Die Untersuchung technikbezogenen sektoralen Wandels hat sich damit auf zwei *Grundtypen sektoraler Systeme* einzulassen: Auf Sektoren, die sich durch die Entwicklung und Produktion von Technologien und also durch eine eigenständige Innovationstätigkeit auszeichnen und auf solche, die vornehmlich systemextern entwickelte Technologien systemspezifisch nutzen. Für alle sektoralen Systeme (auch für die, die vornehmlich Technik verwenden) freilich gilt: Sie zeichnen sich durch distinkte technologische Profile aus, sie werden geprägt durch charakteristische sozioökonomische Strukturen und institutionelle Arrangements und sie weisen spezifische Akteurfigurationen und Interaktionsmuster auf.

2.2 Sektorale Systeme II: *Upgraded*

Bevor die Frage technikbezogenen sektoralen Wandels selbst aufgerufen wird – dies geschieht in Kapitel 3 – sollen zunächst diese konstitutiven Funktionselemente sektoraler Systeme präziser bestimmt und in Bezug zueinander gesetzt werden. Dies betrifft die Konzeptualisierung von sektoralen Technikprofilen, von strukturellen und institutionellen Kontexten sowie von Akteuren und Interaktionsmustern, vor allem aber deren Zusammenspiel, über das sich sektorale Systeme welcher Art auch immer konstituieren, reproduzieren und verändern.⁶

Technische Kontexte: Techniktypen, Basistechnologien und sektorale Technikprofile

Wie Gesellschaften insgesamt sind auch sektorale Systeme keine reinen Sozialsysteme, sondern soziotechnische Veranstaltungen (Ropohl 1996). Sie konstituieren sich nicht einfach über soziale Zusammenhänge, sondern wesentlich auch über die spezifischen Techniken, die dort entwickelt, hergestellt und genutzt werden. Jeder Wirtschaftssektor – die Automobilindustrie, der Maschinenbau, die Luft- und Raumfahrtindustrie, die chemische und pharmazeutische Industrie, die Telekommunikationsbranche, die Halbleiterindustrie, der Musik- und Mediensektor usw. – zeichnet sich durch ein spezifisches technologisches Profil aus.

Um das technologische Profil eines Sektors bestimmen zu können, ist zunächst zu präzisieren, was Technik eigentlich ist (beziehungsweise sein kann). Drei wesentliche Differenzierungen des Begriffs sind dazu vorzunehmen.

6 Ich greife dazu im Folgenden vor allem auf den theoretischen und methodologischen Rahmen zur (empirischen) Analyse soziotechnischer Systeme und deren Dynamiken zurück, den ich in Dolata 2003 (21–142) ausführlich entwickelt und dargestellt habe. Ähnlich wie ich strukturiert auch Frank W. Geels (2004, 2005) in seinen neueren Arbeiten zu soziotechnischen Systemen das zu bearbeitende Feld.

Erstens kann Technik heute vieles Verschiedenes sein. Dazu zählen neben einzelnen Artefakten zum Teil weitläufig vernetzte technische (Infrastruktur-)Systeme, großtechnologische Anlagen und neue Querschnittstechnologien, aber auch Methoden, Verfahren und Programme.⁷ Moderne Techniken differieren allerdings nicht nur in ihren technischen Eigenheiten substanziell voneinander, sondern unterscheiden sich zugleich in den jeweils (un-)möglichen Formen ihrer sozialen Organisation, ihren regulativen Erfordernissen und ihren sozioökonomischen Wirkungen voneinander. Großtechniken, technische Infrastruktursysteme, neue Querschnittstechnologien oder individuell nutzbare Alltagstechniken tragen schon aufgrund ihrer je spezifischen technologischen Eigenheiten zur Ausprägung jeweils typischer (sektoraler) Akteurfigurationen und Interaktionsformen, Organisationsmuster und Regelungsstrukturen bei. Herbert Kitschelt (1991: 468) hat diesen Zusammenhang pointiert so formuliert: „Industrial sectors, identified by core technologies, efficiently operate only if governance structures match technological constraints.“ Damit wird nahegelegt, Techniken zu klassifizieren und Techniktypen mit distinkten soziotechnischen Eigenheiten und sozioökonomischen Wirkungen voneinander zu unterscheiden.⁸

Zweitens werden sektorale Systeme längst nicht ausschließlich oder vorrangig durch systemintern entstandene und produzierte, sondern durch Kombinationen in- wie extern entwickelter oder auch vornehmlich durch außerhalb des Systems entstandene Technologien geprägt. In vielen Wirtschaftssektoren – etwa in der Automobilindustrie und im Maschinenbau, in der Pharmaindustrie oder im Musik- und Mediensektor – gehören

7 Viele avancierte Techniken – Roboter, Softwaretechniken oder Multiagentensysteme – lassen sich überdies nicht mehr auf eine passive Objektrolle festlegen, sondern ‚handeln‘ in der einen oder anderen Weise mit: Sie sind aktiv, interaktiv oder intelligent geworden und nicht mehr gänzlich in ihren Abläufen vorab festgelegt und kontrollierbar. Werner Rammert und Ingo Schulz-Schaeffer (2002; Rammert 2003) unterscheiden in ihrem Konzept graduализierten Handelns dementsprechend verschiedene Techniken nach dem Grad ihres Mithandelns im Rahmen soziotechnischer Konstellationen.

8 Zu den klassischen Typisierungsversuchen von Technik zählt der von Charles Perrow (1984, 1996). Er hat in seinen Untersuchungen zu komplexen Organisationen und zur Störanfälligkeit von technischen Systemen eine einfache zweidimensionale Typologie vorgelegt, die technische Systeme nach dem Grad ihrer Kopplung (lose versus eng) und ihrer Komplexität (komplexe versus lineare Interaktion) unterscheidet – und ihnen jeweils ‚passende‘ Governance-Muster zugewiesen. Daran anknüpfend betont auch Herbert Kitschelt (1991: 492), dass es eine enge Wechselbeziehung zwischen den charakteristischen Eigenheiten distinkter Techniktypen und jeweils dazu passenden (nationalen und sektoralen) Governance-Strukturen gibt – und kommt zu dem Schluss, „that technological features are one of the major factors shaping the institutions of industrial sectors“. In der innovationsökonomischen Forschung ist die Unterscheidung zwischen inkrementellen, radikalen und paradigmatisch neuen Innovationen (Freeman/Perez 1988) oder auch zwischen architektonischen und modularen Innovationen (Henderson/Clark 1990) verbreitet, denen unterschiedlich weitreichende Rückwirkungen auf die Ökonomie und die Gesellschaft zugeschrieben werden. Arie Rip und René Kemp (1998: 342f.) schließlich haben eine Typologie präsentiert, die Technologien danach differenziert, „how they are located and linked up with their environment“. Dabei handelt es sich um ‚moveable artifacts‘, ‚localized plants and production technology‘, ‚infrastructural technology‘, ‚dedicated one-off technological systems‘ und ‚monitoring and testing technologies‘.

insbesondere systemextern entwickelte und jeweils auf die spezifischen Bedürfnisse des Sektors zugeschnittene Informations- und Kommunikationstechnologien heute zu den Basistechnologien.⁹ Sie können eine wichtige Rolle in Forschungs- und Entwicklungsprozessen spielen (zum Beispiel in der pharmazeutischen Wirkstoffforschung oder bei der Entschlüsselung des menschlichen Genoms), fließen als oft zentrale Bestandteile in die hergestellten Produkte ein (zum Beispiel in Form elektronischer Bauelemente von Autos oder Werkzeugmaschinen), bilden das technologische Rückgrat der (Re-)Organisation von komplex vernetzten Produktions-, Logistik- oder Distributionsprozessen und definieren zum Teil auch die Handlungsorientierungen, Strukturgefüge und Regelungsmuster ganzer Sektoren neu (denkt man etwa an den Einfluss neuer Datenkomprimierungs-, Digitalisierungs- und Internettechnologien auf den Musik- und Medien-sektor).

Drittens schließlich werden die bestehenden strukturellen und institutionellen Gefüge sektoraler Systeme in unterschiedlicher Weise durch das Aufkommen neuer technologischer Möglichkeiten berührt und verändert. Neue Technologien können je nach dem Ausmaß, in dem sie die Forschungs-, Entwicklungs-, Produktions-, Distributions- und Marktbedingungen des jeweiligen Sektors berühren und vorhandene Kompetenzen und Wissensgrundlagen entwerten oder erweitern, einen unterschiedlichen Anpassungs- und Veränderungsdruck auf die vorhandenen sektoralen Strukturen, Institutionen, Akteurfigurationen und Handlungsorientierungen ausüben (Lynn/Reddy/Aram 1996; Freeman/Perez 1988; Henderson/Clark 1990). Neue technologische Möglichkeiten können, egal, ob sie wesentlich systemintern oder -extern entstanden sind, unmittelbare und weitreichende Wirkungen auf die bestehenden sektoralen Systeme mit sich bringen – dies gilt etwa für den Einfluss neuer biotechnologischer Methoden und Verfahren auf die Strukturen der pharmazeutischen Industrie oder für den durch neue Informations- und Kommunikationstechniken ausgelösten Wandel der Musikindustrie. Sie können aber auch eher mittelbare und unterstützende Wirkungen haben, die die bestehenden Strukturen, Institutionen und Akteurfigurationen eines sektoralen Systems reproduzieren und stabilisieren – die Nutzung internetbasierter Technologien in der Automobilindustrie ist ein solcher Fall.

Vor diesem Hintergrund führt die Suche nach einem allgemeinen und unspezifischen Technikbegriff, der der Untersuchung sektoraler Systeme zugrunde gelegt werden

9 Dies wird deutlich, betrachtet man etwa Innovationen in der Automobilindustrie. Qualitätsverbesserungen von Fahrzeugen werden zunehmend durch neue elektronische Komponenten und bessere Software erzielt, die heute bereits 20 Prozent der gesamten Herstellungskosten eines Autos umfassen und deren Anteil bis 2015 auf rund 40 Prozent ansteigen dürfte. Obgleich viele dieser Elektronikbauteile heute noch Steuerungselemente in herkömmlichen Automobilfunktionen sind, wächst der Anteil von Informations- und Kommunikationstechnologien im Auto, die einen Zusatznutzen durch Vernetzung mit den mobilen Endgeräten (Handy, Notebook) der Insassen generieren oder die Kommunikation des Autos mit seiner Umwelt verbessern (Abstandswarnungen, Prüfen von Sichtverhältnissen, Auswerten von Verkehrsinformationen; Stobbe/Just 2006).

könnte, nicht weiter. Das jeweils spezifische technologische *Profil* und die sektoralen Strukturierungsleistungen von Technik lassen sich eher über differenzierende Typisierungen herausarbeiten – und zwar mit Hilfe der folgenden offen kombinierbaren Klassifikationsmerkmale (in Anlehnung an Dolata 2003: 93–102):

- *Typ der Technik*. Wird der jeweilige Sektor durch die Entwicklung, die Herstellung und den Einsatz organisations- und kapitalintensiver Großtechniken, vernetzter technischer (Infrastruktur-)systeme, wissensbasierter und dezentraler Querschnittstechnologien, komplexer beziehungsweise modularer Techniken oder individuell nutzbarer Alltagstechniken geprägt?
- *Nutzungsmuster und -voraussetzungen*. Handelt es sich um verbrauchernahe, individuell und eigenwillig verwendbare Techniken, um nur industriell nutzbare Investitionsgütertechniken oder um Großtechniken, die sich individueller Handhabung und Umnutzung völlig entziehen?
- *Wissensbasis*. Handelt es sich um ein auf akademischer Grundlagenforschung aufbauendes wissensbasiertes Technikfeld oder um eher praxisorientierte, auf anwendungsnahe Ingenieurwissen gründende Technologien? Wie offen sind der Zugang zu und die Nutzungsmöglichkeiten neuen Wissens?
- *Endogene/exogene Technik*. In welchem Verhältnis stehen systemintern und systemextern entwickelte Technologien zueinander? Welchen Einfluss üben insbesondere neue Informations- und Kommunikationstechniken auf die sektoralen Entwicklungs-, Produktions- und Organisationszusammenhänge aus?
- *Entwicklungsdynamik*. Wird die Entwicklungsdynamik des Sektors durch paradigmatisch neue Techniken und radikale Innovationen mit weitreichenden sozioökonomischen Wirkungen oder vornehmlich durch saturierte Techniken und inkrementelle Innovationen geprägt?

Die Beantwortung dieser Fragen lässt erste Rückschlüsse auf das technologische Profil eines Sektors und die sektoralen Strukturierungsleistungen von Technik zu. So lassen sich zum Beispiel kapital- und organisationsintensive Großtechniken (zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrtindustrie) nicht derart dezentral und marktförmig entwickeln, organisieren und nutzen wie kleinformatische und anwendungsoffene neue Querschnittstechnologien (zum Beispiel die Biotechnologie). Auch einer Dezentralisierung und Liberalisierung großer technischer Infrastruktursysteme wie der Energieversorgung oder der Telekommunikation waren bis in die achtziger Jahre enge, vor allem anderen technisch bedingte Grenzen gesetzt. In Sektoren, die durch neue wissensbasierte Technikfelder geprägt werden (wie die pharmazeutische Industrie) sind akademisch-industrielle Interaktionsbeziehungen weitaus typischer als in Sektoren, die wesentlich auf anwendungsorientiertem Ingenieurwissen basieren (zum Beispiel im Maschinenbau). Anders als bereits etablierte Technikfelder provozieren paradigmatisch neue Technikgebiete in

aller Regel nicht nur signifikante industrielle Restrukturierungsprozesse, sondern verlangen auch nach neuartigen rechtlichen Regelungen, politischen Gestaltungsansätzen sowie sozialen oder ethischen Bewertungsgrundlagen – und üben einen entsprechend starken Veränderungsdruck auf die davon betroffenen Sektoren aus. Sektoren schließlich, in denen individuell verwendbare Alltagstechniken entwickelt und hergestellt werden (zum Beispiel im Bereich der Unterhaltungselektronik oder der Kommunikationstechnik), werden in weit stärkerem Maße von deren eigenwilliger (Um-)Nutzung durch private nichtindustrielle Konsumenten mitgeprägt als solche, die Groß- und Investitionsgütertechniken produzieren (wie zum Beispiel im Großanlagenbau).

Kurzum: Das technologische Profil eines Sektors prägt als wichtiger eigenständiger Einflussfaktor die dortigen Akteurfigurationen, Interaktionsbeziehungen und Regelungsmuster mit. Es trägt ähnlich wie gehärtete soziale Strukturen und Institutionen zur Ausprägung distinkter Handlungs-, Organisations- und Regulierungskorridore bei, präformiert und begrenzt die Wahlmöglichkeiten der involvierten Akteure zwischen grundsätzlich denkbaren Gestaltungsoptionen und -alternativen. Dies geschieht freilich nicht in determinierender Weise. Zum einen bleiben immer Spielräume für akteurgetragene Suchprozesse nach geeigneten Organisations-, Interaktions- und Institutionalisierungsmustern, die, weit entfernt von Best-Practice-Vorstellungen, etwa von Land zu Land oder auch zwischen verschiedenen Unternehmen des selben Sektors durchaus variieren können – allerdings nicht in beliebiger Weise. Und zum anderen sind sektorale technologische Profile alles andere als geschichtslose und statische Gebilde: Sie sind historisch entstanden, verändern sich im Zusammenhang von Innovationsprozessen oft inkrementell, teils aber auch substanziell und wirken in modifizierter Gestalt, als neues Set technologischer Rahmensetzungen rekonfigurierend auf die sektoralen Strukturen, Institutionen und Akteurfigurationen zurück.¹⁰

10 So ist beispielsweise die Aneignung und Integration branchenextern entstandener neuer technologischer Möglichkeiten – vor allem die Computerisierung, aber auch neue Entwicklungen zum Beispiel im Bereich der Nanotechnologie, der Optoelektronik oder der Lasertechnik sind hier zu nennen – in den vergangenen zwei Jahrzehnten für die Unternehmen des Maschinenbaus zu einer zentralen neuen Herausforderung geworden, da sie wesentliche Funktionen ihrer Produkte – Steuerung, Regelung und Überwachung – zum Teil elementar berühren. Diese Entwicklungen haben nicht nur die technischen Merkmale der dort hergestellten Produkte selbst modifiziert, sondern zugleich den Handlungsrahmen und die Interaktionsmuster des Sektors verändert: Ohne unternehmensinterne Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen auf den genannten Gebieten und den gleichzeitigen Aufbau externer Kooperationsbeziehungen vor allem zu Informationstechnik-Produzenten ist kein Unternehmen des Sektors mehr konkurrenzfähig. Die für diese Branche typischen Hersteller-Anwender-Beziehungen haben sich unter dem Druck des technischen Wandels und einer entsprechend veränderten Nachfrage der Anwenderunternehmen folgerichtig um systematische Kooperationsbeziehungen zu branchenexternen Technologieanbietern erweitert (Kowol 1999: 104–132). Auch der Anfang der achtziger Jahre einsetzende technologische Umbruch im Telekommunikationssektor – vor allem getragen von der Diversifikation und Spezialisierung von Übertragungsmöglichkeiten im Netzbereich, der auf dieser Basis entstandenen Vielzahl von neuen Diensten und Nutzungsformen sowie der durch die Fortschritte in der Mikroelektronik ausgelösten Entwicklung und Ausdifferenzierung multifunktionaler Endgeräte – hat, in diesem Fall in großem Stil, Einfluss

Sozioökonomische und institutionelle Kontexte: Strukturation und Institutionalisierung

Das jeweilige technologische Profil ist ein wichtiges und oft unterschätztes, aber natürlich nicht das einzige Funktionselement sektoraler Systeme. Hinzu kommen genuin soziale Strukturierungen sozioökonomischer und institutioneller Art.

Jedes sektorale System zeichnet sich durch historisch gewachsene und stabilisierte *sozioökonomische Strukturen* aus. Dazu gehören

- die sektoralen *Industrie- und Unternehmensstrukturen*: der Konzentrationsgrad und die Internationalität des Sektors, die Formen und Dynamiken des Wettbewerbs und der Konkurrenzauseinandersetzung, das Verhältnis und Zusammenspiel von Großunternehmen, traditionellen klein- beziehungsweise mittelständigen Unternehmen und technologieorientierten Start-up-Firmen, die Organisationsmuster der fokalen Unternehmen sowie die typischen Muster interorganisationaler Beziehungen;
- die charakteristischen *Forschungs-, Produktions-, Markt- und Nachfragestrukturen*: die Organisation und Intensität industrieller Forschung und Entwicklung, die typische, zwischen den Polen standardisierter Massenproduktion und diversifizierter Qualitätsproduktion zu verortende Organisation der Produktion sowie die Struktur der Nachfrage und der Zielmärkte der hergestellten Produkte (zum Beispiel Investitionsgüter- oder Endverbrauchermarkt);
- die Art der *sozioökonomischen Einbettung* des Sektors: die Bedeutung der Leistungen von und die Verflechtung mit anderen Sektoren, der regulative, fördernde oder koordinierende Einfluss staatlicher Instanzen sowie die Rolle nichtindustrieller (zum Beispiel aus dem öffentlichen Wissenschaftssystem) und zivilgesellschaftlicher Akteure für die Reproduktion des Sektors.

Zusammengenommen lässt sich mit Hilfe dieser Merkmale die sozioökonomische Topographie eines Sektors bestimmen, dessen Spielregeln durch spezifische *institutionelle Arrangements* geprägt werden. Dies sind in der engen, auf Regelungsaspekte konzentrierten Auslegung des Institutionenbegriffs Sets verobjektivierter sozialer Regeln, Normen, Konventionen, Routinen, Werte und Leitideen, die das Handeln der involvierten

auf die dort vorfindlichen Akteurfigurationen, Interaktionsmuster und Organisationsformen genommen. Das hohe Maß an technischer, ökonomischer und institutioneller Stabilität dieses großen technischen Infrastruktursystems wurde dadurch nachhaltig erschüttert. Im Zuge der digitalen Revolution haben sich, flankiert von parallel einsetzenden staatlichen Deregulierungs- und Liberalisierungspolitiken, nicht nur die Märkte für Telekommunikationsgüter und das diesen Sektor tragende Akteurspektrum erheblich ausdifferenziert und umstrukturiert. Auch die Bedeutung der vormals engen und stabilen nationalen Verflechtungsmuster zwischen Staat und Herstellerindustrie konnte auf der Basis der neuen technologischen Möglichkeiten von einer signifikanten Internationalisierung, Fragmentierung und insgesamt erheblich loser geknüpften Beziehungsstruktur abgelöst werden (Werle 1990; Dörrenbächer 1999).

Akteure und ihre Interaktionsbeziehungen in regulativer, normativer und kulturell-kognitiver Hinsicht prägen und stabilisieren (North 1990, 1991; Scharpf 2000; Scott 2001). Dazu zählen neben rechtlich sanktionierbaren regulativen Rahmensetzungen (zum Beispiel Arzneimittel- und Gentechnikrecht, Patent- und Urheberrecht, Standardisierungen) auch geteilte Normen und Routinen in und zwischen den involvierten Akteuren (wie zum Beispiel die Bestimmung von Zuständigkeiten, die Anerkennung von Macht-, Autoritäts- und Abhängigkeitsverhältnissen oder die Erwartung der Vertraulichkeit und Verlässlichkeit in Kooperationsbeziehungen) sowie allgemeine, den jeweiligen Sektor prägende Werte und Lektorientierungen (wie zum Beispiel die Life-Science-Ausrichtung des Pharmasektors oder die Formulierung ethischer Grenzen gentechnischer Forschung).

Genauso wie sein charakteristisches technologisches Profil sind auch die spezifischen sozioökonomischen Strukturen und institutionellen Arrangements, die einen Sektor prägen und den Handlungsrahmen seiner Akteure umreißen, nicht einfach da und Ursprung des Handelns. Sie konstituieren und verwirklichen sich erst im Handeln, das neben der klaglosen Unterwerfung unter gegebene Verhältnisse und schlichter Regelfolgung auch deren eigenwillige Neuinterpretation, kreative Änderung oder bewusste Verletzung kennt (Ortmann 2003). Im Rahmen von Konkurrenzauseinandersetzungen oder im Zusammenhang kooperativer Interaktion, in Prozessen industrieller beziehungsweise gesellschaftlicher Selbstregelung, in Aushandlungen zwischen staatlichen und außerstaatlichen Akteuren oder im hoheitlichen Handeln staatlicher Instanzen werden bestehende strukturelle Rahmungen und institutionelle Arrangements beständig uminterpretiert und neujustiert, umgangen, unterlaufen und bisweilen auch aus den Angeln gehoben. Der gegebene technologische, strukturelle und institutionelle Rahmen eines Sektors (oder irgendeines anderen sozialen Gebildes) stabilisiert zweifellos die dort vorfindlichen Akteurfigurationen und Interaktionsmuster. Er prägt die Handlungsorientierungen der involvierten Akteure – und wird zugleich „continuously created and recreated by a great number of actors with divergent interests, varying normative commitments, different powers, and limited cognition“ (Streck/Thelen 2005: 16; auch: Mayntz/Scharpf 1995; Giddens 1984). Dementsprechend werden sektorale Systeme nicht einfach durch vorhandene Strukturen und Institutionen geprägt, denen sich die involvierten Akteure zu unterwerfen haben, sondern durch mehr oder minder weitreichende und akteurgetragene Prozesse der *Strukturierung und De-beziehungsweise Re-Institutionalisierung*.

Dies gilt schon für Phasen vergleichsweise hoher Stabilität, in denen bestehende sektorale Strukturen und institutionelle Arrangements durch die involvierten Akteure beständig und in der Regel inkrementell verändert, reinterpretiert und neu ausgehandelt werden (Quack 2005): etwa im Zusammenhang unternehmensinterner Restrukturierungen und Strategiebildungsprozesse oder im Ergebnis branchenweiter Fusions- und Akquisitionsdynamiken, über strukturelle und institutionelle Neujustierungen kooperativer Beziehungsgeflechte, über technische Innovationsdynamiken und damit einhergehende Verschiebungen der Markt- beziehungsweise Nachfragestrukturen oder durch

Einflussnahmen auf bestehende rechtliche Rahmensetzungen und sektorale Leitorientierungen.

In Perioden größerer technologischer Umbrüche, die hier besonders interessieren, können sich die bestehenden sozioökonomischen Strukturen und institutionellen Arrangements sektoraler Systeme auch substantiell verändern. Solche Perioden verlangen von den etablierten Akteuren nicht selten gravierende strategische Repositionierungen und eröffnen bis dahin nicht vorhandene Spielräume für neue Akteure sowie für eine Neuformierung von Machtstrukturen und Interessengruppen. Sie tragen zur Veränderung sektoraler Märkte, Konkurrenz-, Kooperations- und Verhandlungsmuster bei, können das Verhältnis von Industrie und Wissenschaft neu justieren, führen nicht selten zu neuen sektoralen Grenzziehungen oder zu einer intensiveren Verflechtung mit anderen Sektoren und stellen zum Teil auch neuartige instrumentelle und regulative Anforderungen an die staatliche Politik. Mit derartigen Struktureffekten einhergehend werden auch die bestehenden Institutionen, die einen Sektor und das Handeln seiner Akteure bis dahin geprägt haben, kritisch hinterfragt, uminterpretiert, ergänzt oder ersetzt. Dies kann, nimmt man etwa die Chemie- und Pharmaindustrie als Beispiel, sowohl die bis dahin dominanten Leitorientierungen eines Sektors (von der chemischen Synthese zum biotechnologischen Paradigma) beziehungsweise seiner Unternehmen (vom breit diversifizierten Chemiekonzern zum fokussierten Life-Sciences-Unternehmen) wie auch die Branchen- beziehungsweise Unternehmenskulturen (vom hierarchisch geführten und autonom operierenden Konzern zum kooperativ vernetzten Unternehmen), die regulativen Rahmenbedingungen (vom klassischen Arzneimittelrecht zu neuartigen rechtlichen Regelungen für die gentechnische Forschung und Produktion) oder die gesellschaftlichen Diskurse und Kontroversen betreffen (zum Beispiel zu Fragen der Ethik und der Grenzen der Biomedizin).

Typisch für derartige Umbruchperioden sind neuartige soziotechnische Problemkonstellationen, die die Funktionsfähigkeit der bestehenden sektoralen Strukturen und Institutionen mehr oder minder deutlich infrage stellen. Sie führen freilich nicht umstandslos und eindeutig zu neuen, angemessenen Sets an Handlungsbedingungen, sondern erhöhen in aller Regel zunächst die Ungewissheit und Kontingenz des Handelns und stoßen Suchprozesse nach strukturellen und institutionellen Veränderungen an. Diese werden nicht nur geprägt durch große Unsicherheiten und Interpretationsspielräume, die sich in unterschiedlichen und teilweise auch widersprüchlichen Problemwahrnehmungen, Strategien und Leitorientierungen niederschlagen (können) (Beckert 1996).¹¹ Sie gehen zudem mit mehr oder minder ausgreifenden Auseinandersetzungen

11 So lassen sich in der Pharmaindustrie zwar typische neue industrielle Strukturmerkmale des Sektors identifizieren, die eng mit dem Aufschwung der neuen Biotechnologie zusammenhängen: Dazu zählen insbesondere die strategische Repositionierung der etablierten Konzerne auf die Life Sciences, die Herausbildung und Stabilisierung von biotechnologischen Start-up-Firmen als neuem Unternehmenstyp des Sektors sowie der signifikante Aufschwung von Kooperationsbeziehungen zwischen Großunternehmen, Biotechnologiefirmen und Forschungseinrichtungen. Unterhalb dieser verallgemeinerbaren Restrukturierungen zeichneten sich zum Beispiel

und Machtkämpfen zwischen den beteiligten Akteuren einher, die ihre Interessen und Strategien neu formulieren, gegen Widerstände verteidigen und durchsetzen müssen.¹² Strukturelle und institutionelle Veränderungen sind also nicht folgerichtige und adäquate Antworten auf neue soziotechnische Problemkonstellationen, sondern Resultate akteurgetragener Such- und Selektionsvorgänge, die sich über Macht-, Interessen- und Einflusskämpfe konkretisieren.

Akteure und Interaktionsmuster: Kompetitive und kooperative Figurationen

Daran beteiligt sind zahlreiche soziale Akteure, die sich in sektorspezifischen Figurationen aufeinander beziehen: als Produzenten, Zulieferer und industrielle Nachfrager, als Handelsunternehmen und Dienstleister, als (akademische) Forschungseinrichtungen, als Interessenverbände und regulierende politische Instanzen oder als informelle *sub-communities*, Bürger und Endverbraucher.¹³ Drei *Typen von Akteuren* lassen sich voneinander unterscheiden.

Die Reproduktion und der Wandel sektoraler Systeme werden in modernen, von Organisationen geprägten Gesellschaften in erster Linie von strategisch handlungsfähigen *korporativen Akteuren* geprägt (Coleman 1974; Perrow 1989; Mayntz/Scharpf 1995). Zu ihnen zählen vor allem anderen die verschiedenen Typen von Unternehmen, die in ihrer spezifischen Zusammensetzung, mit ihren Kompetenzen und strategischen Leitorientierungen das industrielle Rückgrat sektoraler Systeme bilden: International operierende Großunternehmen mit ihren Divisionen und Tochtergesellschaften, traditionelle klein- beziehungsweise mittelständische Unternehmen sowie technologieorientierte Start-up-Firmen. Daneben können auch sektorexterne Unternehmen sowohl als Nachfrager wie auch als industrielle Anbieter eine wichtige Bedeutung für die Funktionsfähigkeit und den Wandel sektoraler Systeme erlangen: Insbesondere Unternehmen der informations- und kommunikationstechnischen Industrie tragen mit ihren Leistungen

die Neujustierungen der Großunternehmen des Sektors in den achtziger und neunziger Jahren allerdings durch uneindeutige und variantenreiche Suchprozesse aus – insbesondere durch signifikante Unterschiede in ihrer organisationalen Restrukturierung und in ihren Kooperationsstrategien (Dolata 2003). Ähnlich variantenreiche Suchprozesse prägen auch die Einführung und Nutzung neuer internetbasierter Technologien in der Automobilindustrie (e-business watch 2005).

- 12 Wie eng technische Innovationsdynamiken und industrielle Suchstrategien mit Machtauseinandersetzungen um die Beherrschung alter und neuer Märkte einhergehen, zeigen unzählige Beispiele aus der Welt der Informations- und Kommunikationstechnik, des Computers oder des Internets. Dazu gehören etwa Auseinandersetzungen um dominierende Standards – in den achtziger Jahren um den Videostandard VHS oder Betamax oder um den CD-Standard, in der ersten Hälfte dieses Jahrzehnts um den dominierenden DVD-Standard –, aber auch Machtkämpfe um die Herrschaft über den Computer oder das Internet, wie sie derzeit zwischen Google und Microsoft ausgetragen werden (Cusumano/Mylonadis/Rosenbloom 1992).
- 13 Ich habe dazu ausführlich argumentiert in Dolata 2003 (21–81). Wo nicht anders ausgewiesen, basieren die folgenden Ausführungen auf diesem Text.

und Angeboten heute maßgeblich zur Reproduktion und Restrukturierung anderer sektoraler Systeme bei. Schließlich spielen auch nichtindustrielle korporative Akteure in sektoralen Systemzusammenhängen eine wesentliche Rolle: Dazu zählen vor allem staatliche Instanzen mit ihren politischen Förder-, Moderations- und Rechtsetzungskompetenzen, Universitäten und Wissenschaftseinrichtungen, die vor allem in wissensbasierten Sektoren als wichtige Impulsgeber des Innovationsprozesses fungieren sowie industrielle, gewerkschaftliche und zivilgesellschaftliche Interessenverbände. Wenn sektoraler Wandel als akteurgetragener institutioneller und struktureller Readjustierungsprozess begriffen wird, dann sind in erster Linie die Gewichte, strategischen Orientierungen und Figurationen der korporativen Akteure des Sektors zu untersuchen.

Das reicht allerdings nicht. Organisationen agieren (nicht nur) in sektoralen Systemzusammenhängen weder eindeutig noch einheitlich. Ihre strategischen Orientierungen konstituieren sich keineswegs als folgerichtige Reaktion auf oder Antizipation von sich verändernden Umweltzwängen, sondern über mehr oder minder offene Suchprozesse, die maßgeblich durch die Problemwahrnehmungen, (Macht-)Beziehungen und Spielstrategien ihrer (führenden) Mitglieder geprägt werden. Schlüsselpersonen spielen als *individuelle Akteure* nicht nur eine wesentliche Rolle im Entstehungsprozess neuer Organisationen. Auch Konflikte, Auseinandersetzungen und strategische Reorientierungen innerhalb bestehender Organisationen werden in aller Regel von Führungskräften getragen, die mit eigenen Wahrnehmungen, Interessen und Machtpotenzialen ausgestattet sind, und über Koalitionsbildungen ausgefochten. Darüber hinaus kommt auch in interorganisationalen Beziehungen – etwa im Rahmen von industriellen Kooperationsbeziehungen oder in politischen Aushandlungsprozessen – personenbezogenen Beziehungen und Vernetzungen eine wichtige Bedeutung als koordinierende und stabilisierende Bindeglieder des Austauschs zu (Burns 1961/62; Cyert/March 1963; Crozier/Friedberg 1979; Ortmann 1995: 29–42). Forschungspragmatisch gewendet heißt dies, dass individuelle Akteure, personenzentrierte Beziehungen und mikropolitische Zusammenhänge dann für die Untersuchung sektoralen Wandels relevant werden, wenn man die mit (technologischen) Umbrüchen einhergehenden Veränderungen in den Lektorientierungen und Schwerpunktsetzungen von Organisationen jenseits des unbefriedigenden Verweises auf notwendige organisationale Anpassungen an veränderte Umweltzwänge begreifen möchte und wenn die Entstehung beziehungsweise Funktionsweise interorganisationaler Beziehungen verstanden werden sollen, deren (Miss-)Erfolg und (In-)Stabilität immer auch von den dort ausgeprägten informellen Beziehungen zwischen den unmittelbar Beteiligten abhängt.

Ein dritter Typ von Akteuren schließlich spielt vor allem in sektoralen Systemen, in denen neue Produkte für Endverbrauchermärkte hergestellt werden oder deren Innovationstätigkeit gesellschaftlich umstritten ist eine wichtige eigenständige Rolle. Dies sind *nichtorganisierte kollektive Akteure*: eigenwillige Nutzer und Verbraucher, technikskeptische Bürger und Wähler, aber auch informelle *subcommunities*. Sie sind als Individuen bedeutungslos und als Organisationen nichtexistent, können jedoch dann, wenn sie wie auch immer motivierte, als Massenphänomen auftretende gemeinsame Problempers-

zeptionen oder Nutzungspräferenzen ausbilden, nicht mehr bloß als passive Adressaten neuer technischer Angebote begriffen werden, sondern zu aktiven Einflussfaktoren von Innovationsprozessen oder technikbezogenen politischen Regelungen werden. Sie treten zum einen als eigenwillige Nutzer und selektierende Konsumenten neuer technischer Möglichkeiten und Angebote auf. Insbesondere neue informations-, kommunikations- und medientechnische Angebote werden von ihnen oft anders als erwartet und zudem sehr selektiv oder auch subversiv genutzt. Nichtorganisierte kollektive Akteure können zum anderen aber auch als technikskeptische Bürger in Erscheinung treten, die neue technische Entwicklungen mehrheitlich und stabil nicht (oder nur eingeschränkt) akzeptieren. Dies ist zum Beispiel in wichtigen Teilbereichen der neuen Biotechnologie, namentlich in der grünen Gentechnik zu beobachten, die in Westeuropa von einer hohen und anhaltenden gesellschaftlichen Inakzeptanz geprägt wird. In beiden Fällen können nichtorganisierte kollektive Akteure einen beträchtlichen Anpassungsdruck auf die organisierten industriellen und politischen Kernakteure der entsprechenden sektoralen Systeme ausüben.¹⁴

All dies spricht dafür, der Untersuchung des Wandels sektoraler Systeme ein breites Akteurkonzept und -spektrum zugrunde zu legen, das neben korporativen auch individuelle und nichtorganisierte kollektive Akteure einschließt. Ähnlich breit gefächert sind auch die *Interaktionsbeziehungen* zwischen den beteiligten Akteuren. Vier wesentliche Interaktionsformen, die in unterschiedlicher Weise für alle sektoralen Systeme konstitutiv sind, lassen sich unterscheiden.

Kompetitive Interaktion. Jedes sektorale System zeichnet sich durch spezifische Muster industrieller Innovations- und Modernisierungskonkurrenzen aus. Dazu zählen in unterschiedlicher Ausprägung etwa Strategien zur Erzielung von Forschungs- und Produktentwicklungsvorsprüngen oder zur Erlangung der sektoralen Technologieführerschaft, Versuche der (zumindest temporären) Monopolisierung von neuem Know-how, des Erwerbs und der exklusiven Nutzung von Schlüsselpatenten oder der Setzung von für die Konkurrenz verbindlichen technologischen Normen und Standards, Initiativen zur Optimierung und Flexibilisierung der Produktions-, Fertigungs- und Logistiksysteme und der Erzielung von Kosten- und Rationalisierungsvorteilen sowie Strategien der Verteidigung beziehungsweise Verbesserung der eigenen Markt- und Konkurrenzposition auf angestammten Betätigungsfeldern oder des Eindringens in zukunftssträchtige neue Schlüsselmärkte.

14 So hat der Aufschwung subversiver Musikausbörsen im Internet nicht nur die etablierten Musikkonzerne in eine ernste Krise gestürzt und dort massive strategische Reorientierungen ausgelöst, sondern zugleich auch politisch-regulative Neujustierungen (zum Beispiel in Gestalt neuer urheberrechtlicher Bestimmungen) mit befördert. Hohe gesellschaftliche Inakzeptanzen gegenüber der grünen Gentechnik in Westeuropa haben die Politik veranlasst, auf die anhaltenden Bedenken mit restriktiveren rechtlichen Regulierungen und Diskursangeboten zu reagieren und die involvierten agrochemischen Konzerne dazu gezwungen, zumindest in Europa ihre Entwicklungs- und Vermarktungsstrategien für diesen Bereich grundsätzlich zu überdenken.

Kooperative Interaktion. Typisch für jedes sektorale System sind ferner charakteristische Formen kooperativer Interaktion, die sehr verschiedene Ausprägungen annehmen können. Dazu zählen etwa Kooperationsbeziehungen zwischen Herstellern und Zulieferern (zum Beispiel in der Automobilindustrie) beziehungsweise zwischen Herstellern und Anwenderunternehmen (im Maschinenbau), großindustrielle Konsortien mit zahlreichen Unterauftragnehmern (typisch zum Beispiel für die Luft- und Raumfahrtindustrie) sowie Kooperationen zwischen Großunternehmen und technologieorientierten Start-ups beziehungsweise akademisch-industrielle Zusammenarbeiten (vor allem in hochtechnologischen Sektoren wie der pharmazeutischen Biotechnologie). Typisch ist heute auch für traditionelle Sektoren: Industrielle Forschung, Technikentwicklung und -nutzung findet in zunehmendem Maße „in the interstices between firms, universities, research laboratories, suppliers, and customers“ statt (Powell et al. 1996: 118; auch Freeman 1991).

Verhandlungsorientierte Interaktion. Wichtige sektorale Regelungsaspekte wie etwa rechtlich-regulative Rahmensetzungen, geteilte Werte, belastbare Normen oder allgemein anerkannte Standards sind nicht beziehungsweise nicht allein Resultate kompetitiver und kooperativer Interaktion, sondern Ergebnis politisch koordinierter Verhandlungen oder auch außerstaatlich organisierter Abstimmungsprozesse. Dazu zählt zum einen prinzipiell alles, was der kooperative Staat selbst an formellen wie informellen Verhandlungssystemen anzubieten hat: Von informellen Gesprächsrunden mit Verbänden oder wichtigen Einzelakteuren wie zum Beispiel Großunternehmen bis hin zu geregelten Foren des Austauschs wie zum Beispiel Anhörungen, an denen eine größere Zahl außerstaatlicher Akteure beteiligt ist. Dazu gehören aber auch Abstimmungen zwischen Akteuren ohne Beteiligung staatlicher Instanzen, etwa im Rahmen von Interessenverbänden, zwischen Unternehmen oder zwischen Interessenverbänden.

Zivilgesellschaftliche Interaktion. Dies ist das Interaktionsfeld nichtorganisierter kollektiver Akteure, die zwar weder an der Entwicklung, Produktion und Vermarktung neuer (technischer) Angebote noch an technikpolitischen Aushandlungs- und Entscheidungsfindungsprozessen unmittelbar beteiligt sind, die jedoch mit ihren Präferenzen und Aneignungsmustern, Bedenken oder Verweigerungshaltungen dann, wenn diese zu Massenphänomenen werden, aktiv auf das Handeln der organisierten Akteure des Sektors zurückwirken können. Und dies ist das Interaktionsfeld locker koordinierter und zum Teil subversiver *subcommunities* wie beispielsweise der Open-Source-Bewegung oder nichtmarktlicher Internet-Musiktauschbörsen, die als nichtkommerzielle Technikentwicklungs- und -nutzergemeinschaften etablierte Akteure oder sektorale Systemstrukturen unter Druck setzen und zu Anpassungsreaktionen zwingen können.

2.3 Sektorale Systeme III: *Reloaded*

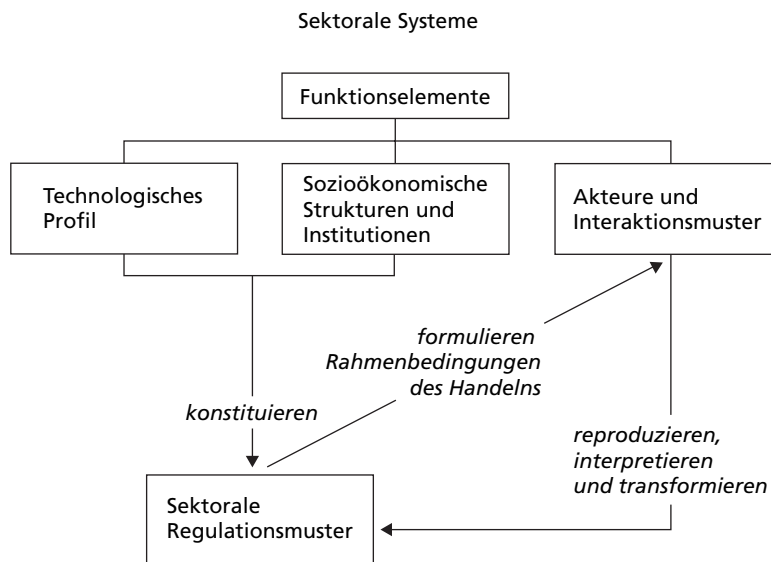
Sektorale Systeme sind, dies sollte deutlich geworden sein, mehr als Industriebranchen. Sie zeichnen sich nicht nur durch industrielle Kernstrukturen aus – Unternehmen und Märkte, Konzentrationsgrad, Konkurrenzverhältnisse und Kooperationsbeziehungen –, sondern sind in vielerlei Hinsicht sozial eingebettete Gebilde, in denen politische Akteure und Rahmensetzungen, akademische Forschungseinrichtungen und das dort produzierte Wissen sowie zivilgesellschaftliche Akteure wie Verbände und *subcommunities*, Bürger und Konsumenten nicht unbedeutende Rollen spielen können. Sie werden geprägt durch jeweils spezifische technologische Profile, sozioökonomische Strukturen und Institutionen, Akteurfigurationen und Interaktionsbeziehungen, die sich mit der Zeit herausgebildet und stabilisiert haben.

Das technologische Profil konstituiert im Zusammenspiel mit den korrespondierenden sozioökonomischen Strukturen und Institutionen distinkte *sektorale Regulationsmuster*,¹⁵ die einen prägenden, aber nicht determinierenden Rahmen für das Handeln der involvierten Akteure und ihre Interaktionsbeziehungen aufspannen. Sektorale Regulationsmuster sind nicht einfach da und statisch, sondern werden beständig reproduziert, reinterpretiert und restrukturiert durch das eigenwillige und nicht selten überraschende Handeln der Beteiligten. Mit der Erzeugung, Nutzung und Integration neuer technischer Möglichkeiten, über strategische Reorientierungen einzelner Akteure, durch damit einhergehende Verschiebungen der sektoralen Macht-, Markt- und Konkurrenzbeziehungen, über das Austesten neuer Kooperationsmodelle, in verhandlungsorientierten Abstimmungsprozessen oder durch Veränderungen gesellschaftlicher Problemwahrnehmungen und Konsummuster werden die technischen, strukturellen und institutionellen Funktionsbedingungen eines Sektors permanent neu justiert – oft eher inkrementell, bisweilen aber auch in Form substanzieller Veränderungen (Abbildung 1).

Sektorale Regulationsmuster bezeichnen in dieser Lesart also nicht einfach bestehende technische, strukturelle und institutionelle Arrangements, denen die involvierten Akteure unterworfen sind. Sie markieren vielmehr Korridore oder Spielräume des Handelns, die die Akteure sich selbst geschaffen haben und die sie permanent neu interpretieren, modifizieren und verändern. In einer dynamischen und prozessorientierten Betrachtung sind die Akteure eines Sektors also sowohl Adressaten als auch gestaltende Agenten der Regulationsmuster, die ihr Handeln ermöglichen und strukturieren. Nur über eine derart inklusive, nicht auf bestehende und persistente Strukturen und Institutionen beschränkte, sondern prozess- und akteurorientierte Betrachtung, in der

15 Mit der Kategorie der sektoralen Regulationsmuster werden hier sämtliche Aspekte der strukturellen und institutionellen Verfasstheit eines Sektors gebündelt und auf den Begriff gebracht. Sie geht damit deutlich über den mittlerweile für alles (und damit zunehmend für nichts) zu habenden Governance-Begriff hinaus, dessen analytische Variante und Verwendung sich speziell auf institutionelle Regelungsstrukturen bezieht.

Abbildung 1 Sektorale Systeme: Analytische Kernkategorien



strukturelle beziehungsweise institutionelle Arrangements und Akteurhandeln eine untrennbare Einheit bilden, wird (sektoraler) Wandel nicht nur als seltener und dann radikaler, vornehmlich durch exogene Schocks ausgelöster Umbruch, sondern auch als permanenter, mal stärker und mal schwächer ausgeprägter Prozess gradueller struktureller und institutioneller Transformationen, die in ihrer Kumulation durchaus substantielle Wirkungen haben können, analytisch abbild- und erklärbar (ähnlich Streeck/Höpner 2003; Lütz 2004; Quack 2005).

3 Technik und sektoraler Wandel

3.1 Ausgangspunkte: Typen von Innovationen, *periods of mismatch* und sozio-technische Restrukturierungen

Die Anstöße für sektoralen Wandel können sehr unterschiedlich sein. Dazu zählen beispielsweise unternehmensstrategische Neuorientierungen und das Auftreten neuer Unternehmen, die die Akteurfigurationen eines Sektors verändern, Fusions- und Akquisitionswellen, die seinen Konzentrationsgrad erhöhen und bestehende Konkurrenzmuster berühren, Neujustierungen von Kooperationsbeziehungen, die die typischen Muster kooperativer Interaktion modifizieren, Anpassungen rechtlich-regulativer Rahmensetzungen, die die Spielregeln, unter denen die sektoralen Akteure agieren, neu festlegen oder Verschiebungen in den Konsumpräferenzen und gesellschaftlichen Problemwahrnehmungen, auf die die Kernakteure eines Sektors zu reagieren haben.

Neben diesen ökonomischen, politischen oder zivilgesellschaftlichen Anstößen gehören auch technologische Innovationsdynamiken und Umbrüche zu den prominenten Einflussfaktoren sektoraler Wandlungsprozesse. In der innovationsökonomischen Forschung werden seit Langem verschiedene *Typen von Innovationen* und unterschiedliche Reichweiten damit einhergehenden sozioökonomischen und institutionellen Wandels voneinander abgegrenzt (Freeman/Perez 1988; Henderson/Clark 1990).

Inkrementelle Innovationen (incremental innovations) entstehen kontinuierlich in jedem Industrie- beziehungsweise Dienstleistungssektor, verbessern deren Produkte beziehungsweise erhöhen deren Produktivität, haben allerdings nur geringe Effekte sowohl auf den Wandel der vorhandenen Produkte und Verfahren als auch auf die etablierten Industriestrukturen und Institutionen. Der Katalysator für Autos ist hierfür eins von zahllosen Beispielen.

Architektonische Innovationen (architectural innovations) konfigurieren die Gesamtarchitektur vorhandener Produkte neu, ohne deren einzelne technische Komponenten gravierend zu verändern, setzen damit etablierte Marktführer unter Anpassungsdruck und schaffen zugleich Spielräume für neue Unternehmen. Der Wandel von Kopiergeräten zu Massenprodukten war ein solcher Fall.

Radikale Innovationen (radical innovations) entstehen eher diskontinuierlich und sind ungleich über verschiedene Sektoren verteilt, lösen durchaus strukturelle Effekte aus, etwa in Form der Entstehung neuer Marktsegmente oder Firmen, bleiben allerdings, solange sie sich nicht zu einem größeren Cluster an Innovationen verdichten, in ihren sozioökonomischen und institutionellen Wirkungen begrenzt. Die Entwicklung von Nylon oder der Anti-Baby-Pille sind Beispiele für derartige Innovationen.

Den Ausgangspunkt eines *Wandels technologischer Systeme (changes of technology system)* bilden weitreichende Umbrüche eines Technikfeldes durch eine größere Zahl radikaler Innovationen, welche die Strukturen mehrerer Wirtschaftssektoren berühren oder die Herausbildung neuer Sektoren begünstigen und die involvierten Akteure zu signifikanten organisationalen, strategischen und institutionellen Anpassungsprozessen zwingen. Petrochemische Innovationen, aber auch die Neue Biotechnologie zählen zu diesem Typ.

Veränderungen techno-ökonomischer Paradigmen (changes in techno-economic paradigm) schließlich sind in ihren sozioökonomischen und institutionellen Wirkungen so weitreichend, dass sie nicht nur zu einer Vielzahl neuer Produkte, Dienstleistungen und Industrien führen, sondern direkt oder indirekt nahezu jeden Wirtschaftszweig und die Gesellschaft insgesamt beeinflussen und zu ihrer Entwicklung und Nutzung eines grundlegend neuen Sets an strukturellen und institutionellen Arrangements benötigen. Neue universell einsetzbare Informations- und Kommunikationstechnologien gelten hierfür als paradigmatischer Fall.

Sowohl diese klassische Typisierung technologischer Innovationen und das Konzept techno-ökonomischer Paradigmen von Chris Freeman und Carlota Perez als auch der stärker soziologisch ausgerichtete Ansatz technologischer Regime beziehungsweise soziotechnischer Landschaften von Renè Kemp, Arie Rip, Johan Schot und Frank W. Geels berücksichtigen den ökonomischen beziehungsweise gesellschaftlichen Kontext technologischer Umbrüche, die immer mit Veränderungen struktureller und institutioneller Rahmenbedingungen einhergehen.¹⁶ Sie betonen, dass sich soziotechnische Systeme welcher Art auch immer grundsätzlich durch eine Kompatibilität (*match*) zwischen den Eigenheiten der vorhandenen Technologien, ihren sozioökonomischen Strukturen und Institutionen auszeichnen müssen, wenn sie funktionieren sollen (auch: Kitschelt 1991). Neue technologische Möglichkeiten lassen sich nun, je einschneidender sie sind, desto weniger im Rahmen der etablierten Organisationsmuster, Strukturen und Institutionen adäquat entwickeln und nutzen. Vor allem größere technologische Umbrüche – der Wandel technologischer Systeme und Veränderungen techno-ökonomischer Paradigmen – führen dazu, dass „the established social and institutional framework no longer corresponds to the potential of a new techno-economic paradigm“ (Dosi et al. 1988: 11). Dies löst „periods of mismatch“ aus, die zum Teil mit einschneidenden Anpassungskrisen („major structural crisis of adjustment“) einhergehen: Dies sind längere Phasen der Suche nach, des Experimentierens mit und der interessegeleiteten Auseinandersetzung um neue Strukturen und institutionelle Arrangements, welche zu den neuen Techniken passen. Im Ergebnis derartiger Anpassungsprozesse kommt es schließlich zu einem neuen Gleichgewicht zwischen Technik, sozioökonomischen Strukturen und Institutionen: „Social and institutional changes are necessary to bring about a better ‚match‘ between the new technology and the system of social management of the economy – or ‚regime of regulation““ (Freeman/Perez 1988: 38; ähnlich auch Rip/Kemp 1998; Kemp/Rip/Schot 2001).

Diese Stilisierung soziotechnischer Transformationsprozesse bildet einen wichtigen Ausgangspunkt der Untersuchung technikbezogenen sektoralen Wandels – und bleibt gleichwohl für den hier interessierenden Zusammenhang unbefriedigend: Sie bezieht sich vornehmlich auf die Metaebene von Wirtschaftssystemen oder Gesellschaften. Differenzierende sektorale Wirkungen neuer Technologien geraten damit aus dem Blick.

16 Als *techno-economic paradigm* definieren Chris Freeman und Carlota Perez (1988: 47f.) „a combination of interrelated product and process, technical, organisational and managerial innovations, embodying a quantum jump in potential productivity for all or most of the economy and opening up an unusually wide range of investment and profit opportunities. Such a paradigm change implies a unique new combination of decisive technical *and* economic advantages.“ Als *technological regime* bezeichnen Arie Rip und Renè Kemp (1998: 340) „the rule-set or grammar embedded in a complex of engineering practices, production process technologies, product characteristics, skills and procedures, ways of handling relevant artefacts and persons, ways of defining problems – all of them embedded in institutions and infrastructures“. Charakteristisch für *socio-technical landscapes* schließlich ist nach Frank W. Geels (2005: 78) „that they form an external structure or context for interactions of actors. While regimes refer to rules that enable and constrain activities within communities, the ‚socio-technical landscape‘ refers to a wider technology-external context, which cannot be changed at will by regime actors“.

Und sie bleibt relativ vage in der Beantwortung der Frage nach den typischen sozio-technischen Verläufen derartiger „periods of mismatch“ und den mit der Entwicklung neuer Technologien beziehungsweise Technologiecluster einhergehenden Mustern sozioökonomischer und institutioneller Restrukturierungen.

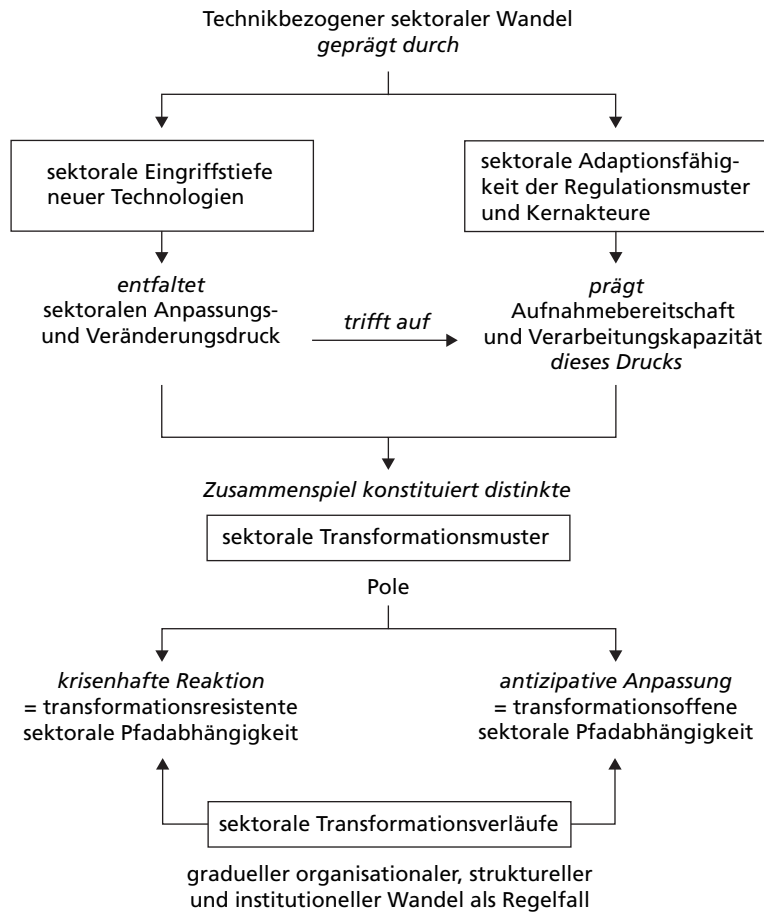
Wenn technikbezogener sektoraler Wandel analysiert werden soll, dann ist demgegenüber zum einen zu berücksichtigen, dass auch universell, wirtschafts- beziehungsweise gesellschaftsweit nutzbare neue Technologien sehr verschiedene Auswirkungen auf die strukturellen und institutionellen Gefüge unterschiedlicher sektoraler Systeme haben können. Der durch das Internet ausgelöste sektorale Veränderungs- und Anpassungsdruck ist beispielsweise im Musik- und Mediensektor weit größer als in der Automobilindustrie (BRIE-IGCC E-conomy Project 2001; Dolata 2005). Ähnliches gilt etwa für die sehr verschiedenen (potenziellen) sektoralen Wirkungen der Nanotechnologie (Heinze 2006). Zum anderen ist zu bedenken, dass dieser technologische Anpassungs- und Veränderungsdruck je nach den etablierten strukturellen und institutionellen Gegebenheiten eines Sektors und den dominierenden Handlungsorientierungen seiner Akteure von Land zu Land sehr verschieden wahrgenommen und verarbeitet werden kann. Die Entwicklung und Nutzung der neuen Biotechnologie im Pharmasektor zum Beispiel traf Ende der siebziger, Anfang der achtziger Jahre in den Vereinigten Staaten auf wesentlich antizipations- und adaptionsfähigere sektorale Strukturen, Institutionen und Akteure als in Westeuropa (und namentlich in Deutschland). Dies hat sich in der Folgezeit in national unterschiedlichen Transformationsbedarfen und -mustern desselben Sektors niedergeschlagen (für die pharmazeutische Biotechnologie: Henderson/Orsenigo/Pisano 1999; Dolata 2003; allgemein auch: Hollingsworth/Streeck 1994; Mowery/Nelson 1999).

Vor diesem Hintergrund soll im Folgenden ein analytischer Ansatz vorgestellt und an empirischen Beispielen konkretisiert werden, mit dem sich das Ausmaß und die typischen Muster technikbezogenen sektoralen Wandels aus dem Zusammenspiel von zwei wesentlichen und aufeinander bezogenen Einflussfaktoren herleiten und erklären lassen (Abbildung 2):

- aus der spezifischen *sektoralen Eingriffstiefe* der neuen Technologien beziehungsweise Technikfelder, um die es geht, also der (substanziellen beziehungsweise ergänzenden) Bedeutung, die sie für das jeweilige sektorale System haben (können);
- und aus der *sektoralen Adaptionsfähigkeit* der etablierten sozioökonomischen Strukturen, Institutionen und Kernakteure, die mit neuen technologischen Möglichkeiten konfrontiert werden.

Mit Hilfe der ersten Kategorie – *sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien* – lässt sich der sektorale Anpassungs- und Veränderungsdruck, den neue Technologien beziehungsweise Technikfelder erzeugen, identifizieren (Abschnitt 3.2). Und mit der zweiten komplementären Kategorie – *sektorale Adaptionsfähigkeit* – lassen sich die sektorale Aufnahme-

Abbildung 2 Technikbezogener sektoraler Wandel: Analytische Kernkategorien



bereitschaft und Verarbeitungskapazität dieses Drucks, die durch die jeweils bestehenden Regulationsmuster und dominierenden Handlungsorientierungen geprägt werden, analysieren (Abschnitt 3.3). Aus dem spezifischen Zusammenspiel beider Einflussfaktoren ergeben sich, so die daran anschließende Überlegung, unterscheidbare *sektorale Transformationsmuster*, die sich im Spektrum antizipativer Anpassung und krisenhafter Reaktion bewegen. Die Verläufe derartiger Transformationsprozesse zeichnen sich in der Regel nicht durch radikale Brüche in kurzen Fristen aus, sondern konkretisieren sich in einer Vielzahl eher gradueller Veränderungen, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken (Abschnitt 3.4).

3.2 Neue Technologien und ihre sektorale Eingriffstiefe

Mit Hilfe der Kategorie der sektoralen Eingriffstiefe kann der sektorale *impact*, also die sektorale Bedeutung neuer Technologien oder Technikfelder und der Veränderungs- beziehungsweise Anpassungsdruck, den sie auf die dort bestehenden Regulationsmuster aus-

üben, identifiziert und analysiert werden – allerdings nicht über eindeutig quantifizierbare Indikatoren und in Form deterministischer Ableitungen, sondern mit Hilfe qualitativer Kriterien, die die typischen Eigenheiten neuer Technologien und ihre (potenziellen) Wirkungen auf bestehende sektorale Systeme in ein Verhältnis zueinander setzen.

Die sektorale Eingriffstiefe paradigmatisch neuer Technologien beziehungsweise Technologiecluster lässt sich über zwei aufeinander bezogene Spektrenbildungen präzisieren, innerhalb derer es jeweils graduelle Abstufungen gibt. Zum einen ist danach zu fragen, inwieweit die sektoralen Entstehungs- und Nutzungszusammenhänge neuer technologischer Möglichkeiten zusammen- beziehungsweise auseinanderfallen: Sind sie vornehmlich im Rahmen des sektoralen Systems selbst entstanden (*endogene Technik*) oder maßgeblich außerhalb des die Technik nutzenden Sektors entwickelt worden (*exogene Technik*)? Zum anderen ist nach Hinweisen für die sektorale Wirkmächtigkeit neuer Technologien zu suchen: Haben sie eher mittelbare, ergänzende und funktional unterstützende sektorale Wirkungen (*geringe Eingriffstiefe*)? Oder üben sie einen unmittelbaren, einschneidenden und seine Funktionsweise insgesamt erfassenden Druck auf das vorhandene sektorale System, seine Strukturen, Institutionen und Akteure aus (*große Eingriffstiefe*)?

Präzisierung I: Endogene versus exogene Technik

Die technologischen Profile vieler Sektoren zeichnen sich heute, darauf ist bereits hingewiesen worden, durch variantenreiche Kombinationen sektorintern wie -extern entstandener und entwickelter Technologien aus. Technologische Innovationen im Automobilsektor beispielsweise basieren längst nicht mehr auf einer autonomen Weiterentwicklung klassischer Automobiltechniken, sondern beruhen in wachsendem Maße auf der Nutzung von avancierter Elektronik und von Softwaresystemen. Forschungs- und Entwicklungsprozesse im Pharmasektor sind ohne Bioinformatik heute nicht mehr denkbar. Neue sektorextern entwickelte Informations- und Kommunikationstechniken prägen das technologische und – weiter gefasst – das soziotechnische Profil ganzer Sektoren wie der Musik- und Medienindustrie, des Banken- und Versicherungssystems oder der Finanzmärkte. Die Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge neuer technologischer Möglichkeiten fallen in sektoraler Betrachtung also oft auseinander. Insbesondere neue Querschnittstechnologien und hier vor allem neue Informations- und Kommunikationstechniken sind oft außerhalb der sie anwendenden Sektoren entstanden und entwickelt worden – und wirken in unterschiedlich weitreichender Weise auf die sozioökonomische und institutionelle Restrukturierung sektoraler Systeme zurück.

Wenn man den Entstehungs- und Verwendungskontext neuer Technologien beziehungsweise Technikfelder aufeinander bezieht, dann lässt sich die Bedeutung intern beziehungsweise extern entstandener Innovationen und Technologien für den Wandel sektoraler Systeme herausarbeiten.

Neue Techniken können zum einen ein wesentlich sektorimmanentes Phänomen sein. Sie werden in diesem Fall nicht nur sektoral spezifisch genutzt, sondern sind auch wesentlich im Rahmen des sektoralen Systems, um das es geht, entwickelt worden. Die pharmazeutische Biotechnologie ist ein solches Beispiel wesentlich endogener Technik. Sie ist in den siebziger Jahren zwar an den Rändern des Systems – im Umfeld akademischer Forschungstätigkeit und neugegründeter Start-up-Firmen – entstanden, wird seit den achtziger Jahren allerdings weitgehend im Rahmen des um Biotechnologiefirmen und akademische Forschungseinrichtungen erweiterten sektoralen Systems entwickelt und genutzt. Das Zusammenspiel von technologischen Innovationen, sozioökonomischem und institutionellem Wandel, das in den vergangenen zwanzig Jahren zu einer weitreichenden Restrukturierung des Pharmasektors und seiner Akteure geführt hat, lässt sich hier als wesentlich sektorimmanenter Prozess abbilden (Dolata 2003).

Neue Techniken können zum anderen aber auch wesentlich systemextern entwickelt worden sein und eine vornehmlich funktional-unterstützende Bedeutung erlangen, ohne die strukturellen und institutionellen Grundlagen eines sektoralen Systems oder die Stellung seiner fokalen Akteure in einschneidender Weise zu beeinflussen. Die sukzessive Ersetzung von Electronic-Data-Interchange-Systemen (EDI-Systeme) durch internetbasierte Technologien zur Koordination unternehmensinterner beziehungsweise -übergreifender Austauschbeziehungen in der Automobilindustrie ist ein solcher Fall. Die schrittweise Einführung und zunehmende Nutzung neuer internetbasierter Vernetzungstechnologien geht auch hier zweifellos mit der Modifikation von Produktions-, Logistik- und Distributionsprozessen einher und verändert etwa das Verhältnis von Herstellern und Zulieferern, löst allerdings keinen umfassenden sektoralen Restrukturierungsdruck aus (*e-business watch* 2005).

Schließlich können systemextern entwickelte Technologien auch in den Rang neuer Basistechnologien hineinwachsen, deren Nutzung für die künftige Reproduktion eines Sektors konstitutiv ist und die damit zu zentralen Impulsgebern einer weitreichenden sektoralen Restrukturierung werden können. Die Transformation der Musikindustrie als wesentlich extern entwickelte Techniken nutzender Sektor ist ein solcher Fall. Digitalisierung, Datenkomprimierung und das Internet haben hier eine den gesamten Sektor erfassende Restrukturierungsdynamik angestoßen, die geprägt wird durch die Suche nach neuen Geschäftsmodellen und Distributionsformen der Kernakteure, durch das Eindringen mächtiger branchenexterner Akteure (wie Computer- und Softwareunternehmen, Telekommunikations- und Mobilfunkkonzernen) und eine signifikante Verschiebung der sektoralen Konkurrenz- beziehungsweise Kooperationsverhältnisse sowie durch weitreichende Neujustierungen rechtlich-regulativer Rahmenseetzungen. In diesem Fall wirken neue technologische Möglichkeiten wie ein exogener Schock auf das sektorale System und stoßen eine weitreichende Neustrukturierung und Öffnung des Sektors an (Schaber 2000; Schaaf/Hofmann 2003).

Präzisierung II: Geringe versus große Eingriffstiefe

Wenn man nun, den Gedanken anhand der vorgebrachten Beispiele weiterspinnend, die (potenziellen) sektoralen Verwendungsmöglichkeiten wo immer entstandener neuer Technologien beziehungsweise Technikfelder und die zu ihrer Entwicklung, Einführung und Nutzung erforderlichen sektoralen Restrukturierungen aufeinander bezieht, dann lässt sich deren sektorale Eingriffstiefe präzisieren.

Egal ob sie wesentlich systemintern oder -extern entstanden sind, können neue Technologien einen unmittelbaren, einschneidenden und ihre Funktionsweise insgesamt berührenden Veränderungsdruck auf vorhandene sektorale Systeme, deren Strukturen, Institutionen und Akteure ausüben.

Dies gilt etwa für die Wirkungen der Neuen Biotechnologie auf den Pharmasektor. Dieses paradigmatisch neue Technikfeld hat nicht nur das technologische Profil des Sektors, seine Wissensbasis und die Organisationsformen von Forschung und Entwicklung signifikant verändert – von der chemischen Synthese zur Biotechnologie –, sondern damit einhergehend auch seine Lektorientierungen – von der Chemie zur Life-Sciences-Orientierung. Seine grundlagenorientierten, multidisziplinären und dezentralen Dynamiken haben die Bedeutung der akademischen Wissenschaft für die Reproduktion des Sektors signifikant erhöht, das Aufkommen spezialisierter Biotechnologiefirmen, die es zuvor nicht gab, begünstigt, den Zwang zur innerindustriellen beziehungsweise akademisch-industriellen Kooperation nachhaltig gesteigert und die etablierten Pharmakonzerne gezwungen, sich strategisch neu zu positionieren, sich kulturell zu öffnen und sich auf für sie neue Modi kooperativer Forschung und Entwicklung einzulassen. Und es hat schließlich auch die Etablierung eines neuen rechtlich-regulativen Rahmens notwendig gemacht. Diese substanziellen strukturellen und institutionellen Veränderungen des Pharmasektors sind wesentlich auf neue wissenschaftliche und technologische Möglichkeiten selbst zurückzuführen: Ein Fall großer sektoraler Eingriffstiefe eines neuen Technologiefeldes. Gleiches gilt für die skizzierten, durch technologische Dynamiken ausgelösten strukturellen und institutionellen Veränderungen im Umfeld der Musik- und Medienindustrie.

Neue Technologien können aber auch eher mittelbare, ergänzende und funktional-unterstützende sektorale Wirkungen haben, die ein sektorales System und die dort etablierten Strukturen, Institutionen und Akteurfigurationen nicht grundsätzlich infrage stellen oder in größerem Umfang herausfordern.

Die Wirkungen internetbasierter Technologien auf den Automobilsektor sind ein solcher Fall. Internetbasierte Technologien ersetzen hier sukzessive bestehende EDI-Systeme zur Geschäftsabwicklung und Koordination der Hersteller-Zulieferer-Beziehungen, ermöglichen den Aufbau neuer elektronischer Beschaffungsmarktplätze und werden zunehmend zur Unternehmenspräsentation oder im Autohandel eingesetzt. Sie berühren jedoch weder das technologische Profil noch die Strukturgefüge und die in-

stitutionellen Rahmenbedingungen des Sektors, die Handlungsorientierungen seiner fokalen Akteure oder die sektoralen Lektorientierungen in gravierender Weise. Internetbasierte Technologien werden hier vergleichsweise unpräzise in bestehende Marktprozesse, Geschäftsbeziehungen und Vernetzungsstrukturen eingepasst: Ein Beispiel einer eher geringen sektoralen Eingriffstiefe neuer, in diesem Fall extern entstandener technologischer Möglichkeiten.

Quantitativ eindeutig messen lässt sich die sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien nicht. Es handelt sich um eine heuristische Kategorie, die sich entlang qualitativer Kriterien präzisieren lässt. Darüber hinaus ist die sektorale Eingriffstiefe keine autonome, allein aus der Technik herleitbare Kategorie, sondern eine relationale: Sie bestimmt sich sowohl aus den Merkmalen der Technik, um die es geht, als auch aus der strukturellen und institutionellen Beschaffenheit des Sektors, auf den die Technik einwirkt.

Wenn technikbezogener sektoraler Wandel empirisch untersucht werden soll, dann ist dementsprechend danach zu fragen, in welchem Ausmaß neue technologische Möglichkeiten mit den ihnen zugeschriebenen typischen Eigenheiten

- das technologische Profil des Sektors verändern, vorhandene Wissensgrundlagen und Kompetenzen erweiterungsbefähigend zerstören;
- die bestehenden Forschungs- und Entwicklungs-, Produktions-, Distributions- und Marktbedingungen beeinflussen;
- das Entstehen neuer Akteure begünstigen, die etablierten Akteure unter Anpassungsdruck setzen und die sektoralen Akteurfiguren insgesamt verschieben;
- neue Formen kooperativer Interaktion und Konkurrenz ermöglichen beziehungsweise erzwingen;
- institutionelle Neujustierungen (zum Beispiel in Gestalt rechtlich-regulativer Rahmensetzungen oder in Form veränderter Lektorientierungen) anstoßen; sowie
- die bisherigen Grenzen des sektoralen Systems öffnen beziehungsweise erweitern und eine stärkere Interpenetration verschiedener Systeme auslösen.¹⁷

Mit der Kategorie der Eingriffstiefe kommt die Technik als aktiver Einflussfaktor des sozioökonomischen und institutionellen Wandels auf der Ebene sektoraler Systeme zu ihrem Recht.¹⁸ Neue, für einen Sektor relevante technologische Möglichkeiten verändern,

17 Ich habe dies, noch ohne dazu die hier vorgestellte Kategorie der Eingriffstiefe zu verwenden, für die (pharmazeutische) Biotechnologie durchgespielt (in Dolata 2003: 155–174).

18 Den Begriff der Eingriffstiefe verwendet auch Arnim von Gleich (1997), allerdings in einem anderen Kontext. Er nutzt ihn, um aus dem Charakter von Stoffen und Technologien auf deren erwartbares ökosystemares Wirkungsspektrum zu schließen und definiert: „Eine besonders eingriffstiefe Technologie ist eine, bei der nicht mehr nur an den Phänomenen, sondern direkt an Strukturen technisch angesetzt wird, die die Phänomene sehr weitgehend steuern (gezielte technische Manipulation an atomaren beziehungsweise elementaren Strukturen, an der Molekülstruktur und am Genom)“ (532). Typisch für besonders eingriffstiefe Technologien wie die Atomtechnik, die synthetische Chemie und die Gentechnik ist seines Erachtens: „Die

so der erste Kerngedanke, im Zuge ihres Entstehungs- und Aneignungsprozesses sukzessive den dort bestehenden *match* zwischen Technik, Strukturen und Institutionen. Insbesondere universell verwendbare neue Querschnittstechnologien (wie zum Beispiel das Internet), aber auch neue Technikfelder, die die soziotechnischen Profile mehrerer Sektoren berühren (wie die neue Biotechnologie), eröffnen unterhalb der ihnen allgemein zuschreibbaren typischen Eigenheiten jeweils spezifische sektorale Nutzungshorizonte. Je relevanter diese für die Reproduktion eines sektoralen Systems werden und je weniger sie im Rahmen der dort etablierten Regulationsmuster noch verarbeitet werden können, desto größer ist deren sektorale Eingriffstiefe und desto weitreichender ist der sektorale Anpassungs- und Veränderungsdruck, den sie auf die bestehenden sozioökonomischen Strukturen, Institutionen und Handlungsorientierungen ausüben.

3.3 Neue Technologien und sektorale Adaptionenfähigkeit

Damit ist noch nichts darüber gesagt, wie dieser Anpassungs- und Veränderungsdruck im sektoralen System verarbeitet wird. Klar ist: Er löst dort Irritationen aus und erhöht die Handlungsunsicherheit, stößt Suchprozesse nach strukturellen, institutionellen und (inter-)organisationalen Neujustierungen an, zwingt die involvierten Akteure zu außergewöhnlichem Handeln jenseits bestehender Leitorientierungen, Regeln, Normen und Routinen – und konstituiert mit alledem auch auf sektoraler Ebene jene mehr oder minder ausgreifenden *periods of mismatch*, von denen oben bereits die Rede war. Er führt jedoch nicht – dies wäre ein deterministischer Kurzschluss – folgerichtig und zwangsläufig zur Herausbildung neuer adäquater beziehungsweise effizienter Regulationsmuster und Handlungsorientierungen, sondern trifft dort zunächst auf verfestigte Strukturen, Institutionen und soziotechnische Entwicklungspfade und muss von den beteiligten Akteuren aufgenommen, interpretiert und verarbeitet werden.

Dies kann auf sehr unterschiedliche Weise geschehen. Bestehende sektorale Systeme und ihre Akteure können sich durch eine strukturelle, institutionelle und kognitive Offenheit und Adaptionenfähigkeit auszeichnen, die Spiel- und Suchräume öffnen, welche eine frühe Wahrnehmung und Verarbeitung neuer technologischer Möglichkeiten befördern. Sie können aber auch – dies ist das andere Ende des Möglichen – durch Persistenzen und Strukturkonservatismen auf der System- und der Akteurebene geprägt sein, die einen frühzeitigen und gerichteten sektoralen Wandel behindern und stattdessen krisenhafte Anpassungsprozesse befördern.

Wirkungen derartiger Eingriffe sind meist irreversibel und global. ... Die Macht über die Phänomene steigt in einem ungeheuren Ausmaß. ... Mit der extremen Wirkmächtigkeit sind auch extreme Risikopotentiale verbunden.“ Darüber hinaus „vergrößert sich die Kluft zwischen unserer Handlungsmächtigkeit und unserer Wissensmächtigkeit, zwischen dem, was wir bewirken (machen/anrichten) und dem, was wir über mögliche Folgen unserer Eingriffe wissen können“ (534).

Wie mit dem Anpassungs- und Veränderungsdruck, der sich mit dem Aufkommen neuer technologischer Möglichkeiten aufbaut, in einem sektoralen System umgegangen wird, auf welche Weise er sich in strukturellen und institutionellen Neujustierungen sowie in veränderten Handlungsorientierungen niederschlägt und welche Verlaufsmuster *periods of mismatch* annehmen können – dies hängt, so der zweite Kerngedanke, von der sektoralen Adaptionfähigkeit ab: vom Grad der strukturellen und institutionellen Offenheit des Sektors für die Aufnahme und Verarbeitung neuer technologischer Möglichkeiten jenseits etablierter soziotechnischer Entwicklungspfade und von der strategischen Antizipationsfähigkeit seiner Kernakteure.

Präzisierung I: Geringe Adaptionfähigkeit

Es ist keineswegs untypisch, dass die Potenziale und Struktureffekte neuer technologischer Möglichkeiten, die nicht in das etablierte soziotechnische Profil eines Sektors passen, dort erst spät wahrgenommen und verarbeitet werden – sowohl auf der Systemebene als auch durch deren Kernakteure. Drei prominente Beispiele mögen dies zunächst illustrieren.

Bis Ende der siebziger Jahre wurde die Computerindustrie durch einen mächtigen Anbieter geprägt und dominiert: IBM. Obgleich der Konzern bis dahin der marktbeherrschende und Standard setzende Technologieführer des Sektors war, hat sein Management zu dieser Zeit die Entwicklung und Vermarktungsmöglichkeiten des Personal Computer, der das darauf folgende Jahrzehnt beherrschen sollte, eklatant unterschätzt und entschieden, wesentliche Komponenten – Mikroprozessoren und Betriebssysteme – nicht selbst zu entwickeln oder exklusiv einzukaufen, sondern einzulizensieren. Intel und Microsoft als Anbieter von Mikroprozessoren und Betriebssystemen stand es damit offen, ihre Produkte auch an andere Unternehmen zu verkaufen. Das unerwartete Ergebnis dieser Entscheidung von IBM war nicht nur ein substanzieller Kontrollverlust des Monopolisten über die weitere Entwicklung der PC-Standards. Sie markiert zugleich den Startpunkt der fulminanten Erfolgsgeschichte von Microsoft und Intel als neuen Standard setzenden Akteuren der Software- und Halbleiterindustrie sowie den Beginn einer einschneidenden Restrukturierung des Sektors selbst, der sich seither durch die Etablierung neuer Computerhersteller (wie Compaq, Dell oder Hewlett-Packard) und eine anhaltend intensive kompetitive Dynamik zwischen ihnen auszeichnet (Ichbiah/Knepper 1991; Langlois/Robertson 1992; Kenney/Curry 2001). In diesem Fall hat ein bis dahin überaus erfolgreicher und mächtiger Kernakteur einen technologischen Entwicklungssprung mitsamt seinen sozioökonomischen und gesellschaftlichen Implikationen nicht rechtzeitig antizipiert – und damit einen tiefgreifenden Restrukturierungs- und Ausdifferenzierungsprozess des Sektors angestoßen, der ihn zwar nicht hinweggefegt, seine Macht jedoch deutlich relativiert hat.

Der zögerliche Umgang der deutschen Chemie- und Pharmaindustrie mit der Gentechnik in der zweiten Hälfte der siebziger und der ersten Hälfte der achtziger Jahre ist

demgegenüber ein Fall nicht nur mangelnder Antizipationsfähigkeiten seiner Kernakteure, sondern zugleich der einer geringen Adaptionsfähigkeit des Sektors selbst. Zum einen gab es bis weit in die achtziger Jahre hinein in der Bundesrepublik keine systematische Verklammerung der sehr qualifizierten Grundlagenforschung auf diesem neuen Gebiet mit industriellen Forschungs- und Entwicklungsprozessen. Zum anderen ließen sowohl das unterentwickelte System risikokapitalbasierter Finanzierung als auch das vorherrschende akademische Selbstverständnis des Wissenschaftsbetriebs wenig Raum für die Herausbildung biotechnologischer Start-up-Firmen, die damit als wichtige Innovationsträger und als Seismographen neuer technologischer Möglichkeiten weitgehend ausfielen. Darüber hinaus zeichneten sich die etablierten deutschen Chemie- und Pharmaunternehmen bis in die achtziger Jahre hinein durch ein bemerkenswertes Desinteresse und Unverständnis gegenüber den potenziellen Möglichkeiten der Gentechnik aus. Vor allem ihre international starke Position in der organischen Chemie hat, gekoppelt mit einer tiefen Skepsis der in den Unternehmensleitungen dominierenden Chemiker gegenüber der Denk- und Arbeitsweise der Biologen den Blick für die Dynamiken und sozioökonomischen Restrukturierungspotenziale der neuen Biotechnologie getrübt (Buchholz 1979; Dolata 1996, 2003; Briken/Kurz 2006). Das Fehlen von Start-up-Firmen und Risikokapital, eine nur schwach ausgeprägte akademisch-industrielle Transferorientierung und geringe Erfahrungen der Großunternehmen mit externen wissensbasierten Kooperationsbeziehungen haben zusammen mit autoritär-hierarchischen Konzernstrukturen und der Fixierung der Unternehmensführungen auf die Chemie dazu geführt, dass die neuen Möglichkeiten der Gentechnik und die zu ihrer Nutzung notwendigen organisationalen und institutionellen Restrukturierungen erst spät wahrgenommen wurden und der Wandel sich sowohl auf der sektoralen als auch auf der Unternehmensebene zögerlich und als krisenhafter Anpassungsprozess Bahn gebrochen hat.

Ein ähnliches Muster geringer Antizipations- und Adaptionsfähigkeit findet sich seit Ende der neunziger Jahre in der Musikindustrie. Die jahrzehntelang stabilen Koordinaten des Sektors – eine handvoll Musikkonzerne, die Stars entdecken und promoten sowie Platten beziehungsweise CDs in eigenen Studios produzieren, mit ihnen eng verbundene Handelsunternehmen, die die Produkte vertreiben sowie eine strenge und funktionierende Urheberrechtsgesetzgebung – erodieren seither. Dieser Erosionsprozess wird maßgeblich vorangetrieben durch drei komplementäre technologische Entwicklungen: Musik ist mittlerweile ein digitales Gut, das sich beliebig und ohne Qualitätsverlust kopieren lässt. Das Internet hat sich als ideales Medium des weltweiten Austauschs derartiger Produkte etabliert. Neue Standards der Datenkomprimierung schließlich ermöglichen den problemlosen Austausch und Download auch datenintensiver Produkte. Auch in diesem Fall haben die Kernakteure des Sektors, insbesondere die Musikkonzerne, diese technologischen Herausforderungen für den Sektor zunächst ignoriert und dann vornehmlich als zu bekämpfende Gefahr wahrgenommen, anstatt frühzeitig die neuen Möglichkeiten eines digitalen Marketings und Vertriebs von Musik auszuloten und sich rechtzeitig als führende Mitspieler in einem restrukturierten Sektor zu positionieren. Dies hat dazu geführt, dass die wesentlichen Impulse für den digitalen

Vertrieb von Musik via Internet nicht aus dem Sektor selbst, sondern von sektorexternen Akteuren kamen. Dies waren zunächst nichtkommerzielle Musiktäuschbörsen, die das neue Fenster auf subversive Weise öffneten, in das mittlerweile bekannte Unternehmen aus anderen Sektoren eingestiegen sind: Apple, Microsoft, T-Online und Mobilfunkbetreiber wie Vodafone gehören dazu (Schaber 2000; Schaaf/Hofmann 2003; Dolata 2003a, 2005a). Der durch die neuen technologischen Möglichkeiten angestoßene sektorale Wandel verläuft auch in diesem Fall als krisenhafter Anpassungsprozess, in dem die sektoralen Strukturen und Institutionen (wie zum Beispiel die Konkurrenz- und Kooperationsbeziehungen, die Distributionsmuster oder das Urheberrecht) vor allem durch sektorexterne Entwicklungen und Akteure als dysfunktional infrage gestellt und restrukturiert werden.

Dies sind Beispiele einer hohen sektoralen Eingriffstiefe neuer Technologien bei einer gleichzeitig geringen Antizipations- und Adaptionfähigkeit der sektoralen Strukturen, Institutionen und Kernakteure. Die bestehenden sozioökonomischen Strukturen und Institutionen, die den Sektor charakterisieren und dessen Funktionsfähigkeit über längere Zeiträume garantiert haben – die ihn prägenden Unternehmenstypen und -konstellationen, Interaktionsbeziehungen und Machtgefüge, die Ausrichtung und Organisation der Forschung und Entwicklung, die rechtlich-regulative Einfassung des Sektors, die dort akzeptierten Regeln, Normen, Routinen und Leitorientierungen – sind in der Vergangenheit sehr stabil und erfolgreich gewesen. Sie erweisen sich allerdings unter dem Druck neuer technologischer Möglichkeiten, die nicht ins System passen, nicht nur als zunehmend dysfunktional, sondern zugleich als persistent und veränderungsresistent. Die etablierten Regulationsmuster verfügen über keine oder nur schwach ausgeprägte strukturelle und institutionelle ‚Frühwarnmechanismen‘, Such- und Spielräume, über die sich technologische Umbrüche und der sich mit ihnen aufbauende sozioökonomische Veränderungsdruck zeitig wahrnehmen und verarbeiten ließen. Die fokalen Akteure des Sektors richten sich in ihrem strategischen Verhalten stark an den bereits bestehenden Strukturen, Regeln und Leitvorstellungen des Sektors aus. Sie sind in ihren Handlungsorientierungen durch die erfolgreiche Vergangenheit geprägt, reagieren auf neue Entwicklungen oft zunächst mit Blockadehaltungen oder *cartels of fear* und beginnen sich in der Regel erst vor dem Hintergrund eines massiven und unabwendbaren Veränderungsdrucks in größerem Umfang strategisch zu repositionieren.¹⁹

Man kann dies als *transformationsresistente sektorale Pfadabhängigkeit* charakterisieren, bei der es weder auf der Systemebene noch auf der Ebene der Kernakteure ausgeprägte sektorimmanente Transformationsmechanismen gibt, durch die soziotechnische Pfadabweichungen oder -wechsel befördert würden. Die Stabilitätsneigung solcher Sektoren ist hoch und gleichwohl (oder besser: gerade deshalb) anfällig für einschneidende und krisenhafte Transformationen (Beyer 2006). Technikbezogener sektoraler Wandel ist

19 All dies ist in den Debatten um die Pfadabhängigkeit von Technologien oder Institutionen ausgiebig diskutiert worden (North 1990; Mahoney 2000; sowie die Debatten kritisch zusammenfassend: Beyer 2006; Thelen 2003).

in derartigen Fällen kein gerichteter und von den Kernakteuren kontrollierter Prozess, sondern vollzieht sich in Form krisenhafter Umbrüche, die maßgeblich von sektorexternen oder sich an den Rändern des Sektors aufbauenden Dynamiken und Akteuren angestoßen und geprägt werden: von technologischen Veränderungen, die nicht im Zentrum des sektoralen Systems entstanden sind, seine bisherige Funktionsfähigkeit aber gleichwohl infrage stellen, von Outsidern an der Peripherie des Systems (wie zum Beispiel subversiven *subcommunities* oder Start-up-Firmen), die als erste die neuen Technologien nutzen und kommerzialisieren beziehungsweise von mächtigen externen Akteuren, die in den Sektor eindringen und die dort bestehenden Akteur- und Machtkonstellationen zum Teil signifikant verändern. Auf der Akteurebene derart transformationsresistenter Sektoren ist die Adaptionfähigkeit also unterschiedlich ausgeprägt: Während die saturierten Kernakteure des Systems in diesen Fällen eine geringe Adaptionfähigkeit aufweisen, zeichnen sich andere, nicht etablierte Akteure durch eine hohe Sensibilität und Aufnahmebereitschaft gegenüber den neuen technologischen Möglichkeiten aus und sind die wesentlichen Treiber des sektoralen Wandels.

Präzisierung II: Hohe Adaptionfähigkeit

Es geht allerdings auch anders. Sektorale Regulationsmuster und Kernakteure können sich auch durch eine hohe und Adaption- und Antizipationsfähigkeit auszeichnen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn in die bestehenden, das System und die Handlungsorientierungen seiner Akteure prägenden Strukturen und Institutionen starke Wettbewerbs- und Innovationsmechanismen eingelagert sind, durch die sowohl Zwänge wie Mentalitäten der Aufgeschlossenheit und Sensibilität auch gegenüber pfadabweichenden technischen Möglichkeiten und dem damit verbundenen sozioökonomischen und institutionellen Restrukturierungsdruck befördert werden. Was dies heißt, soll zunächst wiederum beispielhaft erläutert werden.

Obleich sehr machtasymmetrisch strukturiert, zeichnet sich der Automobilsektor durch einen hohen Wettbewerbs- und Innovationsdruck aus – sowohl auf der Hersteller- wie auf der Zuliefererebene. Der Wettbewerb wird auch über Preispolitiken, vor allem anderen aber über Technologie- und Innovationskonkurrenzen ausgetragen: Auf der Produktebene durch die Einführung neuer Modelle, deren Entwicklung heute stark durch die Verwendung elektronischer Bauelemente geprägt wird und auf der Prozessebene durch die Rationalisierung und Effektivierung von unternehmensinternen, vor allem aber unternehmensübergreifenden Koordinationsprozessen mit Hilfe avancierter informations- und kommunikationstechnischer Vernetzungsinfrastrukturen. Der hohe Wettbewerbs- und Innovationsdruck, der den Sektor prägt, hat zu einer großen Aufgeschlossenheit und Aufnahmebereitschaft seiner Kernakteure gegenüber neuen, auch sektorextern entwickelten Produkt- und Prozesstechnologien geführt. Die frühe und bei allen auch hier vorhandenen erratischen Suchdynamiken vergleichsweise friktionslose Einfassung des Internets in die Geschäftspraktiken und Kooperationsbeziehungen des Automobilsektors passt in dieses Bild. Eine hohe und gewachsene Kompetenz der

großen Hersteller und Systemzulieferer bei der Einführung und beim Einsatz elektronischer Vernetzungstechnologien hat zusammen mit ihren langjährigen Erfahrungen in der Organisation komplexer Kooperationsbeziehungen dazu beigetragen, dass die Einführung und Nutzung internetbasierter Technologien als gerichteter Top-down-Prozess durch die Kernakteure des Sektors erfolgt – und nicht als krisenhafter Anpassungsprozess (Helper/MacDuffie 2001; e-business watch 2005). Ein Fall einer hohen sektoralen Adaptionfähigkeit und einer ebenso hohen Antizipationsfähigkeit seiner Kernakteure.

Auch die unumstrittene internationale Dominanz des US-amerikanischen Pharmasektors in der Nutzung und Kommerzialisierung der Neuen Biotechnologie ist auf eine ausgeprägte Adaption- und Antizipationsfähigkeit der dortigen sektoralen und – immer mitlaufend – nationalen Regulationsmuster zurückzuführen. Dazu zählt eine lange, bis in die vierziger Jahre zurückreichende Tradition staatlicher Forschungsförderung im Gesundheitsbereich, die bis heute vor allem von den fachlich sehr kompetenten National Institutes of Health (NIH) getragen wird und durch deren Programme sich die Universitäten sehr früh zu Zentren der biomedizinischen Grundlagenforschung entwickeln konnten. Hinzu kommt eine traditionell starke kommerzielle Orientierung des US-amerikanischen Universitätssystems, die den akademisch-industriellen Technologietransfer begünstigt hat. Des Weiteren gab es bereits in den siebziger Jahren eine aus der Computer- und Informationstechnik bekannte Tradition von Start-up-Firmen als frühen Impulsgebern von Innovationsprozessen, die zusammen mit funktionierenden Risikokapitalmärkten und einer ausgeprägten unternehmerischen Mentalität führender akademischer Wissenschaftler die frühe Gründung spezialisierter Biotechnologiefirmen begünstigt hat. Die bereits Ende der siebziger Jahre beginnende Herausbildung von Biotechnologieregionen konnte ebenfalls auf den Infrastrukturen und Kommunikationsmustern bereits existierender High-Technology-Cluster aus den Zeiten der Computer- und Mikroelektronikindustrie aufbauen. Dieses strukturelle und institutionelle Umfeld begünstigte schließlich auch die vergleichsweise frühe Öffnung der großen Pharmaunternehmen für die Potenziale der Biotechnologie, eine entsprechende Restrukturierung der Unternehmen und die Etablierung von Kooperationsbeziehungen zwischen der Großindustrie und Start-up-Firmen (Kenney 1986; Orsenigo 1989; Giesecke 2001). Eine große sektorale Eingriffstiefe eines neuen Technikfeldes traf anders als im oben skizzierten deutschen Fall hier auf eine hohe Adaption- und Antizipationsfähigkeit der sektoralen (und nationalen) Regulationsmuster.

Verallgemeinernd formuliert zeichnen sich antizipations- und adaptionsfähige Regulationsmuster dadurch aus, dass die bestehenden soziotechnischen Strukturen und Institutionen nicht nur die Kontinuität und Stabilitätsneigung des sektoralen Systems stützen (das tun sie auch), sondern zugleich mit starken und verallgemeinerbaren, nicht bloß situativ und zufällig wirkenden Transformationsmechanismen ausgestattet sind, die pfadabweichenden sektoralen Wandel erleichtern. Entsprechende strukturelle und institutionelle Transformationsmechanismen, die zu einer hohen Antizipations- und Adaptionfähigkeit sektoraler Regulationsmuster beitragen können, variieren von Sektor zu Sektor (und auch von Land zu Land) und lassen sich kaum sektorübergreifend generalisieren.

Gleichwohl können – noch tentativ und hypothetisch – die folgenden Transformationsmechanismen als fallweise besonders relevant hervorgehoben werden.²⁰

Hohe Innovations- und Wettbewerbsintensität: Sektoren, die sich durch starke und anhaltende technologische Innovations- und ökonomische Wettbewerbsdynamiken auszeichnen, eröffnen immer wieder *first-mover-advantages*, die von nonkonformen und regelabweichenden Akteuren genutzt werden können, und zwingen alle Beteiligten zur permanenten Überprüfung und Neujustierung ihrer Strategien, Organisationsstrukturen, interorganisationalen Beziehungen und institutionellen Arrangements. Struktureller und institutioneller Wandel ist in solchen Umgebungen, wie wir sie heute etwa in der Pharma-, der Halbleiter- oder der Computerindustrie finden, kein außergewöhnliches Phänomen, sondern eine permanente Herausforderung.

Transformationsoffene Industriestrukturen: Sektoren, die durch eine Koexistenz verschiedener Unternehmenstypen – Großunternehmen, mittelständische Firmen und Start-ups – geprägt sind, in denen es institutionell abgesicherte Spielräume für Innovatoren und neue Akteure in Technologienischen gibt – etwa in Form risikokapitalbasierter Unternehmensfinanzierungssysteme oder gezielter staatlicher Förderung – und die sich durch starke informelle beziehungsweise formalisierte Vernetzungsmuster zwischen heterogenen Akteuren auszeichnen – zum Beispiel zwischen Industrie und Akademia, zwischen Großunternehmen und Start-ups, zwischen Herstellern und Zulieferern oder zwischen Produzenten und Verbrauchern – verfügen über strukturelle und institutionelle Frühwarnmechanismen, die die Adaptionsfähigkeit stimulieren und den Umgang mit den strukturellen und institutionellen Herausforderungen neuer technologischer Möglichkeiten erleichtern.

Horizontal strukturierte und kooperativ eingefasste Kernakteure: Sektoren, die geprägt sind durch vertikal integrierte und *inhouse*-orientierte Konzerne (wie bis Mitte der achtziger Jahre in der deutschen Pharmaindustrie oder bis in die jüngste Vergangenheit in der Musikindustrie), zeichnen sich aufgrund der hohen Selbstbezüglichkeit ihrer fokalen Akteure durch eine geringere Antizipationsfähigkeit und Offenheit für technologische Innovationen aus als Sektoren, die geprägt sind durch horizontal strukturierte Großunternehmen mit ausgreifenden und beständig neu zu justierenden Kooperationsbeziehungen (wie dies für die Automobil-, Computer- oder Halbleiterindustrie typisch ist). Letzteres erfordert eine hohe Koordinations- und (Re-)Strukturierungskompetenz der Kernakteure, die positiv auch auf ihre Sensibilität und Offenheit gegenüber neuen technologischen Möglichkeiten und deren kontinuierliche Einpassung in die (inter-)organisationalen Strukturen zurückwirkt.

20 Dies geschieht vor dem Hintergrund der hier skizzierten Beispiele und unter Rückgriff auf die Forschungen zu soziotechnischen Systemen (Geels 2005), zu Innovationssystemen (Mowery/Nelson 1999) und zu den Varianten des Kapitalismus (Hall/Soskice 2001a; Hollingsworth/Müller/Hollingsworth 2002).

Institutionalisierte akademisch-industrielle Transfermechanismen: Die Regulationsmuster wissensbasierter Sektoren, deren Dynamiken in hohem Maße von der industriellen Aufnahme und Verarbeitung grundlagenorientierten Wissens abhängen, sind um so antizipations- und adaptionsfähiger, je ausgeprägter und institutionell abgesicherter die Durchlässigkeiten und Kooperationsbezüge zwischen Akademia und Industrie sind. Dies betrifft sowohl formalisierte Regeln und Normen akademisch-industrieller Zusammenarbeit als auch informelle Mechanismen der Interpenetration von Akademia und Industrie.

Transformationsorientierte Mentalitäten und Leitorientierungen: Sektorale Systeme werden wie andere Systeme auch geprägt durch historisch gewachsene institutionelle Arrangements – durch geteilte Regeln, Normen, Mentalitäten und Leitorientierungen. Je stärker diese institutionellen Arrangements auch ihre eigenwillige Neuinterpretation und kreative Regelabweichungen positiv sanktionieren – etwa durch die Anerkennung von Entrepreneurship oder nichtkonformen Verhaltens innovativer Akteure –, desto größer wird die soziotechnische Antizipations- und Adaptionsfähigkeit des Systems und seiner Akteure.

Industrie-, Innovations- und Regulierungspolitik: Auch originär politische Rahmensetzungen schließlich können die Antizipations- und Adaptionsfähigkeit sektoraler Systeme erhöhen. Dazu beitragen kann zum Beispiel eine Industrie- und Innovationspolitik, die nicht auf die Förderung nationaler Champions fokussiert ist, sondern gezielt strategische Technologienischen und avantgardistische (Wirtschafts-)Akteure fördert, eine Kartellrechtspolitik, die Monopolbildungen effektiv verhindert, oder eine Mediations- und Diskurspolitik, die systematisch auch die Ressourcen und Kompetenzen nichtorganisierter kollektiver Akteure und innovativer *subcommunities* unterstützt und in politische Entscheidungsfindungsprozesse einbezieht.

Das Vorhandensein entsprechender struktureller und institutioneller Transformationsmechanismen erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass der sich mit der Entwicklung neuer technologischer Möglichkeiten aufbauende sektorale Anpassungs- und Veränderungsdruck das System und seine Akteure nicht überrascht, sondern dort früh wahrgenommen und proaktiv verarbeitet wird. Sektoraler Wandel erfolgt nicht als späte und krisenbehaftete Reaktion auf einen exogenen Schock, sondern als aufgeschlossene Nutzung und Weiterentwicklung neuer technologischer Möglichkeiten, die begleitet wird von einer ebenso aufgeschlossenen Suche nach dazu passenden strukturellen und institutionellen Arrangements. Dies kann als *transformationsoffene sektorale Pfadabhängigkeit* bezeichnet werden.

Konfliktfrei und harmonisch verläuft der sektorale Wandel auch in solchen Fällen freilich nicht. Im Gegenteil: Er wird geprägt durch eine hohe Innovations- und Wettbewerbsintensität, er ist durchsetzt von scharfen Machtauseinandersetzungen und Domanenkämpfen, er wirkt hochselektiv und er trägt in zum Teil gravierender Weise zur Veränderung der Konkurrenzkonstellationen und Akteurfigurationen bei, die den Sektor bis dahin geprägt haben.

3.4 Neue Technologien und sektorale Transformationsverläufe

Mit Hilfe der hier vorgestellten Kategorien – sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien und sektorale Adaptionfähigkeit – wird technikbezogener sektoraler Wandel als iteratives Zusammenspiel technologischer Dynamiken und damit einhergehender sozialer Strukturations- beziehungsweise Institutionalisierungsprozesse empirisch abbildbar. Mit der ergänzenden Kategorie *gradueller Transformationsverläufe* wird technikbezogener sektoraler Wandel darüber hinaus als vielschrittiger Prozess organisationaler, struktureller und institutioneller Nejustierungen im weiten Bereich zwischen pfadgeprägten Kontinuitäten und radikalen Brüchen analytisch handhabbar.

Dies ist relevant, weil technikbezogener sektoraler Wandel seit der zweiten Hälfte der siebziger Jahre nicht mehr die Ausnahme bildet, die lange Phasen soziotechnischer Kontinuitäten vergleichsweise selten unterbricht, sondern zu einer die Reproduktion vieler sektoraler Systeme prägenden Normalität geworden ist. Auch gravierender sektoraler Wandel zeichnet sich nicht durch einmalige und eruptive soziotechnische Umbrüche in kurzen Fristen aus, die schnell in eine neue Phase der Stabilität mit dann eher marginalen weiteren Anpassungen münden. Und er wird in aller Regel auch nicht geprägt durch die Sprengung, den Zusammenbruch oder einen radikalen Austausch der bestehenden Strukturen, Institutionen und Akteure. Typisch für technikbezogenen sektoralen Wandel sind heute vielmehr längere Phasen der Diskontinuität, die sich durch eine Vielzahl gradueller Transformationen auszeichnen, in denen sich die organisationalen, strukturellen und institutionellen Grundlagen eines Sektors allerdings nicht bloß schrittweise in die Richtung neuer dominanter Designs erneuern, sondern auch neue Designs durch die anhaltende technologische Innovationsdynamik immer wieder erneut auf dem Prüfstand stehen.

Präzisierung I: Graduelle Transformationen

Mit Hilfe dichotomer Typisierungen, die lediglich zwischen langen Perioden struktureller und institutioneller Stabilität und seltenen, durch exogene Schocks ausgelöst und ebenso radikalen wie abrupten Umbrüchen unterscheiden, lassen sich die realen Verläufe technikbezogenen sektoralen Wandels ganz offenkundig nicht (mehr) angemessen analysieren.²¹ Sie blenden das eigentlich interessante Feld zwischen struktureller und institutioneller Stabilität einerseits und radikalen Systembrüchen andererseits aus.

21 Diese Vorstellung von Phasen lang anhaltender Kontinuität, die periodisch unterbrochen werden von radikalen Umbrüchen, ist weit verbreitet in institutionalistischen Konzepten und Pfadabhängigkeitskonzepten. Deren Kernaussage lautet: „Path-dependent equilibrium is periodically ruptured by radical change, making for sudden bends in the path of history“ (Pempel 1998: 3; auch: Krasner 1988). Damit werden die Hürden für institutionellen und strukturellen Wandel sehr hoch gehängt: Unterhalb radikaler Umbrüche gibt es im Grunde nur Kontinuität; Prozesse kumulativen graduellen Wandels sind so nicht analysier- und erklärbar. Darauf verweist auch J. Rogers Hollingsworth (2002: 104f.): „A fundamental problem which remains unresolved in

Hier setzt das von Kathleen Thelen und Wolfgang Streeck entwickelte Konzept gradueller institutioneller Transformationen an (Thelen 2003; Streeck/Thelen 2005). Ihr Untersuchungsgegenstand sind die seit den achtziger Jahren beobachtbaren institutionellen Veränderungen hochentwickelter kapitalistischer Gesellschaften in Richtung Liberalisierung, die sich dadurch auszeichnen, dass „the current transformation of modern capitalism ... unfolds by and large incrementally, without dramatic disruptions like the wars and revolutions that were characteristic of the first half of the twentieth century“ (Streeck/Thelen 2005: 4). Diese vielschrittigen und graduellen Transformationen sind in ihrer Kumulation freilich alles andere als unbedeutend. Sie führen über die Zeit zu signifikanten Veränderungen in den institutionellen Grundlagen kapitalistischer Systeme (auch: Djelic/Quack 2003):

Ongoing change and its accumulating results increasingly suggest that the current process of liberalization involves a major recasting of the system of democratic capitalism as we know it, issuing in a social order dissociated from fundamental assumptions of social integration and political-economic conflict resolution that underlay the construction of the postwar settlement after 1945. (Streeck/Thelen 2005: 5)

Ähnlich wie im hier verhandelten Zusammenhang des soziotechnischen Wandels sektoraler Systeme werden nicht radikale Brüche, sondern Muster eines „incremental change with transformative results“ (ebd.: 9) als im Großen und Ganzen typisch für die Transformationsverläufe moderner kapitalistischer Gesellschaften herausgestellt. Um sie zu erfassen und abzubilden, ist es dementsprechend notwendig

to distinguish more clearly at both an empirical and an analytical level between the *mechanisms of reproduction* and the *logic of change* at work in particular instances, and to suggest modes of change going beyond the familiar but perhaps ultimately quite rare cases of institutional, 'break-down' or wholesale replacement as implied in a punctuated equilibrium model. (Thelen 2003: 221)

Streeck und Thelen (2005: 18–33) arbeiten auf der Basis empirischer Fallstudien typische Varianten derartiger gradueller institutioneller Transformationen heraus. Die institutionellen Arrangements, die ein System prägen, können sich erstens ändern, indem zuvor unter- oder nachgeordnete Institutionen allmählich dominant werden und die alten sukzessive verdrängen (*displacement*). Institutioneller Wandel kann sich zweitens vollziehen, indem neue institutionelle Elemente an bereits bestehende Sets von Insti-

institutional analysis involves the nature of institutional change. ... There are a variety of reasons why there is confusion in studying institutional change. One problem results from the fact that the scholarly community does not know how to measure the rate of change. But there are even more fundamental problems. A key issue is the degree to which actors have the freedom to build new institutional arrangements, and if they do, to what extent may the new arrangements and organizational patterns depart from past practices? ... Social institutions are historically rooted, and there is a great deal of path dependency in the way that various institutional components evolve. The shape of institutional configurations at any moment in time limits the type of options for change. In short, there is a great deal of institutional inertia. As a result, radical change in the institutional components of a society is uncommon.“

tutionen angefügt werden und diese dadurch verändern (*layering*). Drittens können die Ziele, Funktionen und Zwecksetzungen bestehender Institutionen vor dem Hintergrund neuer Herausforderungen und veränderter Interessenlagen auch umdefiniert werden (*conversion*). Bestehende Institutionen können viertens dadurch erodieren oder verkümmern, dass Anpassungsprozesse an veränderte Bedingungen unterbleiben (*drift*). Während in diesem Fall die Institution, obwohl sie an Bedeutung verliert, formal bestehen bleibt, zeichnet sich die fünfte Variante institutionellen Wandels schließlich durch den sukzessiven Kollaps und Zusammenbruch bestehender Institutionen, deren Zwecke sich erschöpft haben, aus (*exhaustion*).²²

Präzisierung II: Sektorale Transformationsverläufe

Auf diese Typisierung gradueller Transformationen lässt sich auch in Untersuchungen zum technikbezogenen sektoralen Wandel zurückgreifen. Auch sektoraler Wandel vollzieht sich, wie im Laufe des Textes gezeigt wurde, im Regelfall über eine Vielzahl akteurgetragener und gradueller Transformationsschritte, durch die sich die Organisationen, Strukturen und Institutionen eines Sektors sukzessive verändern. Dies geschieht entweder über endogene Prozesse, die wesentlich von den Akteuren des Systems selbst getragen und vorangebracht werden, oder (beziehungsweise ergänzt) durch neue beziehungsweise systemexterne Akteure, die mit eigenen Handlungsorientierungen in das System drängen.

Größere *technologische Umbrüche* zeichnen sich zwar immer durch historisch identifizierbare Entwicklungssprünge aus – etwa durch den Wechsel von Groß- zu Mikrocomputern Ende der siebziger Jahre, durch die Digitalisierung von Telekommunikationsinfrastrukturen in der ersten Hälfte der achtziger Jahre, durch den Durchbruch gentechnischer Methoden und Verfahren in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre oder durch den Aufschwung des World Wide Web und des Internets als neuem Informations- und Kommunikationsmedium seit der zweiten Hälfte der neunziger Jahre. Derartige Umbruchsituationen münden allerdings nicht kurzfristig in neue und stabile technologische Entwicklungspfade. Typisch für neue Querschnittstechnologien – I&K-Techniken, die Biotechnologie oder die Nanotechnologie – ist vielmehr ihr anhaltend

22 Die über diesen Text verstreuten Beispiele zeigen auch, dass sich die von Streeck und Thelen herausgearbeiteten Modi gradueller Transformationen in der Regel überlagern und im Zeitablauf verändern. Typisch für sektorale Systeme, die sich durch eine geringe Adaptionfähigkeit auszeichnen, ist zunächst das, was dort als *drift* bezeichnet wird: Eine unterentwickelte Wahrnehmungsfähigkeit sich verändernder (technologischer) Rahmenbedingungen durch die etablierten Akteure und Institutionen des Systems, gekoppelt mit einer beträchtlichen Veränderungsresistenz. Technikbezogener sektoraler Wandel selbst erfolgt ganz wesentlich über die ersten drei Varianten: Durch die sukzessive Neudefinition organisationaler Handlungsorientierungen, kollektiver Regeln und sektoraler Leitorientierungen (*conversion*), durch Verschiebungen in den Akteurfigurationen, Konkurrenz- und Kooperationsmustern, Macht- und Einflussverhältnissen, die den Sektor bis dahin geprägt haben (*displacement*) sowie durch die Kopplung bestehender Strukturen und Institutionen mit neuen Elementen (*layering*).

dynamisches und fluides Profil: Sie sind nicht einmal fertig und einsatzbereit, sondern werden auch über längere Zeiträume geprägt durch nicht selten überraschende und zum Teil gravierende neue Entwicklungsrichtungen und Anwendungsprofile. Unterhalb sehr allgemeiner paradigmatischer Charakterisierungen – der Digitalisierung im Fall von I&K-Technologien oder der gezielten Rekombination von Naturprozessen in der Biotechnologie – zeichnen sich diese Technikfelder nicht durch frühe und einmalige Schließungsvorgänge aus, die einen neuen und stabilen technologischen Standard und Entwicklungspfad konstituieren, sondern durch anhaltende technologische Dynamiken, Revisionen, neue Öffnungen und auch überraschende Sackgassen.

Technologische *lock-ins* und Pfadabhängigkeiten sind unter diesen Bedingungen, wie zahlreiche Beispiele aus der Computer- und Halbleitertechnologie, der Kommunikationstechnik, der Biotechnologie oder der Nanotechnologie zeigen, heute alles andere als dauerhaft und irreversibel. ‚Qwerty‘, also die Entwicklung eines zwar suboptimalen, gleichwohl jedoch über alle technischen Weiterentwicklungen erhabenen und über einen langen Zeitraum stabilen Standards für Schreibmaschinentastaturen (David 1985), hat als viel zitiertes Paradigma und Modellvorstellung einer lang anhaltenden technologischen Pfadabhängigkeit zwar nicht ausgedient – Microsofts Windows kann hier als prominentes Beispiel angeführt werden –, aber doch an Erklärungswert verloren. Wesentlich typischer sind heute temporäre *lock-ins*, die in schneller Folge durch die technologische Entwicklung wieder aufgebrochen und durch neue ersetzt werden.

Dies wirkt auf die damit einhergehenden *sozioökonomischen und institutionellen Transformationsverläufe* zurück. Vor allem die permanente Weiterentwicklung neuer Querschnittstechnologien setzt die davon berührten sektoralen Systeme und ihre Akteure nicht bloß einmalig und disruptiv, sondern kontinuierlich unter Druck, ihre Strukturen, Institutionen und Handlungsorientierungen an neue technologische Möglichkeiten und Erfordernisse anzupassen. Zwar lassen sich auch hier historische Entwicklungsbrüche identifizieren, in denen die über längere Zeiträume stabilen strukturellen und institutionellen Koordinaten sektoraler Systeme infrage gestellt werden. Die IBM-dominierte Computerindustrie, die staatsmonopolistisch organisierte Telekommunikationsbranche, der chemisch ausgerichtete Pharmasektor oder die oligopolistisch strukturierte Musikindustrie zeichneten sich über Jahrzehnte durch stabile soziotechnische Arrangements aus, die mit dem Aufkommen grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten erodiert sind.

Der dadurch angestoßene sektorale Wandel verläuft allerdings auch dort, wo der Veränderungsdruck gravierend ist, nicht als drastischer Umbruch in kurzen Fristen, der dann wiederum durch eine Phase struktureller und institutioneller Kontinuität abgelöst wird. Zum einen hat auch gravierender sektoraler Wandel eine zeitliche Dimension: Die bestehenden strukturellen und institutionellen Grundlagen sektoraler Systeme werden nicht ausgetauscht, sondern erneuern sich sukzessive im Rahmen von Such- und Selektionsprozessen, von Konkurrenzauseinandersetzungen und Machtkämpfen. Und zum anderen führt die technologische Entwicklungsdynamik immer wieder zu neuen

Möglichkeiten, Problemkonstellationen und Unsicherheiten, eröffnet Spielräume für neue Akteure, setzt die etablierten unter Anpassungsdruck und verschiebt bestehende Konkurrenz- und Kooperationsmuster. In schneller Folge konstituiert sie neue Arenen, in denen Macht- und Einflusskämpfe ausgetragen werden, verlangt die regelmäßige Anpassung rechtlich-regulativer Rahmenseetzungen und evoziert Veränderungen in den gesellschaftlichen Problemwahrnehmungen und Konsummustern.

Technikbezogener sektoraler Wandel nimmt unter diesen Bedingungen typischerweise die Gestalt lang gestreckter, ein oder zwei Jahrzehnte andauernder soziotechnischer Such- und Selektionsvorgänge an, die die Regulationsmuster eines Sektors durchaus gravierend verändern können – allerdings nicht in Form einmaliger und radikaler Brüche, sondern als Resultat einer Vielzahl gradueller organisationaler, struktureller und institutioneller Transformationsvorgänge, die sich darstellen

- als sukzessive und oft erratische Veränderungen in den strategischen Orientierungen, Organisationsmustern und Leitvorstellungen der Akteure und der interorganisationalen Arrangements, die den Sektor prägen;
- als schrittweiser Wandel der den Sektor charakterisierenden sozioökonomischen Strukturen – seiner Unternehmens- und Industriestrukturen, Konkurrenz- und Kooperationsmuster, Produktions-, Distributions- und Marktstrukturen; sowie
- als permanente Neujustierung der regulativen, normativen und kognitiven Institutionen, die verobjektivierte Spielregeln sektoralen Handelns konstituieren.

4 Eingriffstiefe, Adaptionfähigkeit, graduelle Transformationen: Ein analytischer Ansatz technikbezogenen sektoralen Wandels

Die drei hier vorgestellten Konzepte – sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien, sektorale Adaptionfähigkeit und graduelle Transformationsverläufe – bilden in ihrem Zusammenspiel einen analytischen Ansatz zur empirischen Analyse technikbezogenen sektoralen Wandels.

Mit dem *Konzept der sektoralen Eingriffstiefe* kommt die Technik als wichtiger eigenständiger Einflussfaktor des sektoralen Wandels zu ihrem Recht: Technologische Innovationen üben einen spezifischen und identifizierbaren Anpassungs- und Veränderungsdruck auf bestehende sektorale Systeme aus, deren Akteure sich in der einen oder anderen Weise dazu zu verhalten haben.

Daraus lassen sich freilich keine eindeutigen strukturellen und institutionellen Transformationslogiken und -muster ableiten. Wie mit dem Anpassungs- und Veränderungsdruck umgegangen wird und auf welche Weise er sich in strukturellen und institutionellen Neujustierungen niederschlägt – dies sind genuin akteurgetragene Such-, Selekt-

tions- und Readjustierungsvorgänge, die durch die jeweils bestehenden sektoralen Regulationsmuster gerahmt und geprägt werden: Eingriffstiefe trifft auf Adaptionsfähigkeit. Mit dem komplementären *Konzept sektoraler Adaptionsfähigkeit* lassen sich Varianten der sektoralen Wahrnehmung und Verarbeitung technologischer Veränderungen und Umbrüche identifizieren und verschiedene Muster sektoralen Wandels voneinander unterscheiden.

Mit dem *Konzept gradueller Transformationsverläufe* schließlich wird technikbezogener sektoraler Wandel jenseits der Dichotomie von Kontinuität und Bruch als vielschrittiger Prozess organisationaler, struktureller und institutioneller Neujustierungen analysierbar. In den Blick geraten damit all die tastenden, erratischen und umkämpften sektoralen Restrukturierungsvorgänge, die sich über längere Zeiträume hinziehen und in der Regel auch für Sektoren typisch sind, die einem gravierenden Anpassungsdruck unterliegen.

Literatur

- Beckert, Jens, 1996: Was ist soziologisch an der Wirtschaftssoziologie? Ungewißheit und die Einbettung wirtschaftlichen Handelns. In: *Zeitschrift für Soziologie* 2, 125–146.
- Beyer, Jürgen, 2006: Pfadabhängigkeit ist nicht gleich Pfadabhängigkeit! Wider den impliziten Konservatismus eines gängigen Konzepts. In: *Zeitschrift für Soziologie* 1, 5–21.
- 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.
- Briken, Kendra/Constanze Kurz, 2006: Innovationen in der deutschen Pharma- und Biotechindustrie. In: Hartwig Heine/Michael Schumann/Volker Wittke (Hrsg.), *Wer den Ast absägt, auf dem er sitzt, kann deshalb noch längst nicht fliegen: Innovationen zwischen institutionellem Wandel und Pfadkontinuitäten*. Berlin: edition sigma, 39–63.
- BRIE-IGCC E-economy Project (Hrsg.), 2001: *Tracking a Transformation. E-commerce and the Terms of Competition in Industries*. Washington, D.C.: Brookings Institution Press.
- Buchholz, Klaus, 1979: Die gezielte Förderung und Entwicklung der Biotechnologie. In: Wolfgang van den Daele/Wolfgang Krohn/Peter Weingart (Hrsg.), *Geplante Forschung: Vergleichende Studien über den Einfluß politischer Programme auf die Wissenschaftsentwicklung*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 64–116.
- Burns, Tom, 1961/62: Micropolitics: Mechanisms of Institutional Change. In: *Administrative Science Quarterly* 6, 257–281.
- Casper, Steven/David Soskice, 2004: Sectoral Systems of Innovation and Varieties of Capitalism: Explaining the Development of High-Technology Entrepreneurship in Europe. In: Franco Malerba (Hrsg.), *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 348–387.
- Coleman, James S., 1974: *Power and the Structure of Society*. New York: Norton.
- Crozier, Michel/Erhard Friedberg, 1979: *Die Zwänge kollektiven Handelns: Über Macht und Organisation*. Königstein/Ts.: Athenäum.
- Cusumano, Michael A./Yiorgos Mylonadis/Richard S. Rosenbloom, 1992: Strategic Maneuvering and Mass-market Dynamics: The Triumph of VHS over Beta. In: *Business History Review* 66, 51–94.
- Cyert, Richard M./James G. March, 1963: *A Behavioral Theory of the Firm*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

- David, Paul A., 1985: Clio and the Economics of QWERTY. In: *American Economic Review* 75, 332–337.
- , 2000: *Path Dependence, its Critics and the Quest for „Historical Economics“*. Working Paper 00011. Stanford: Stanford University, Department of Economics.
- Dierkes, Meinolf (Hrsg.), 1997: *Technikgenese: Befunde aus einem Forschungsprogramm*. Berlin: edition sigma.
- Djelic, Marie-Laure/Sigrid Quack (Hrsg.), *Globalization and Institutions*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Dolata, Ulrich, 1996: *Politische Ökonomie der Gentechnik: Konzernstrategien, Forschungsprogramme, Technologiewettläufe*. Berlin: edition sigma.
- , 2003: *Unternehmen Technik. Akteure, Interaktionsmuster und strukturelle Kontexte der Technikentwicklung: Ein Theorierahmen*. Berlin: edition sigma.
- , 2003a: Subversion als Innovationsmotor: Musikkonzerne unter dem Druck von Internet-Tauschbörsen. In: *Neue Musikzeitung* 12/03–1/04, 5.
- , 2005: Eine Internetökonomie? In: *WSI-Mitteilungen* 1, 11–17.
- , 2005a: Geschäfte mit Musik-Downloads. In: *Blätter für deutsche und internationale Politik* 11, 1390–1392.
- Dolata, Ulrich/Raymund Werle (Hrsg.), 2007: *Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Frankfurt a.M.: Campus, im Erscheinen.
- Dörrenbächer, Christoph, 1999: *Vom Hoflieferanten zum Global Player: Unternehmensreorganisation und nationale Politik in der Welttelekommunikationsindustrie*. Berlin: edition sigma.
- Dosi, Giovanni, et al. (Hrsg.), 1988: *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.
- e-business watch (Hrsg.), 2005: *ICT and Electronic Business in the Automotive Industry: ICT Adoption and E-Business Activity in 2005*. Berlin/Brussels: European Commission.
- Edquist, Charles (Hrsg.), 1997: *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter.
- Freeman, Christopher, 1991: Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues. In: *Research Policy* 20, 499–514.
- , 1994: The Economics of Technical Change. In: *Cambridge Journal of Economics* 18, 463–514.
- 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.
- Geels, Frank W., 2004: From Sectoral Systems of Innovation to Socio-technical Systems: Insights about Dynamics and Change from Sociology and Institutional Theory. In: *Research Policy* 33, 897–920.
- Geels, Frank W., 2005: *Technological Transitions and System Innovations: A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Giddens, Anthony, 1984: *The Constitution of Society*. Cambridge: Polity Press.
- Giesecke, Susanne, 2001: *Von der Forschung zum Markt: Innovationsstrategien und Forschungspolitik in der Biotechnologie*. Berlin: edition sigma.
- Gleich, Arnim von, 1997: Ökologische Kriterien der Technik- und Stoffbewertung. In: Raban Graf von Westphalen (Hrsg.), *Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe*. München: Oldenbourg, 499–570.
- Hage, Jerald/J. Rogers Hollingsworth, 2002: Institutional Pathways, Networks, and the Differentiation of National Economies. In: J. Rogers Hollingsworth/Karl H. Müller/Ellen Jane Hollingsworth (Hrsg.), *Advancing Socio-Economics: An Institutional Perspective*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 381–398.
- Hall, Peter A./David Soskice, 2001: *Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage*. Oxford: Oxford University Press.
- , 2001a: An Introduction to Varieties of Capitalism. In: Peter A. Hall/David Soskice, *Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage*. Oxford: Oxford University Press, 1–68.

- Hellige, Hans Dieter, 1993: Von der programmatischen zur empirischen Technikgeneseforschung: Ein technikhistorisches Analyseinstrument für die prospektive Technikbewertung. In: *Technikgeschichte* 60, 186–223.
- Heinze, Thomas, 2006: *Die Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft: Das Beispiel der Nanotechnologie*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Helper, Susan/John Paul Mac Duffie, 2001: E-volving the Auto Industry: E-Business Effects on Consumer and Supplier Relationships. In: *BRIE-IGCC* 2001, 178–213.
- 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.
- Hollingsworth, J. Rogers, 2000: Doing Institutional Analysis: Implications for the Study of Innovations. In: *Review of International Political Economy* 7, 595–644.
- , 2002: On Institutional Embeddedness. In: J. Rogers Hollingsworth/Karl H. Müller/Ellen Jane Hollingsworth (Hrsg.), *Advancing Socio-Economics: An Institutionalist Perspective*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 87–107.
- Hollingsworth, J. Rogers/Karl H. Müller/Ellen Jane Hollingsworth (Hrsg.), 2002: *Advancing Socio-Economics: An Institutionalist Perspective*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield.
- Hollingsworth, J. Rogers/Wolfgang Streeck, 1994: Countries and Sectors: Concluding Remarks on Performance, Convergence and Competitiveness. In: J. Rogers Hollingsworth et al. (Hrsg.), *Governing Capitalist Economies: Performance and Control of Economic Sectors*. New York: Oxford University Press, 270–300.
- Ichbiah, Daniel/Susan L. Knepper, 1991: *The Making of Microsoft*. Rocklin, CA: Prima Publishing.
- Kemp, Renè/Arie Rip/Johan Schot, 2001: Constructing Transition Paths through the Management of Niches. In: Raghu Garud/Peter Karnoe (Hrsg.), *Path Dependence and Creation*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 269–299.
- Kenney, Martin, 1986: *Biotechnology: The University-Industrial Complex*. New Haven: Yale University Press.
- Kenney, Martin/James Curry, 2001: The Internet and the Personal Computer Value Chain. In: BRIE-IGCC E-conomy Project (Hrsg.), *Tracking a Transformation: E-commerce and the Terms of Competition in Industries*. Washington, D.C.: Brookings Institution Press, 151–177.
- Kitschelt, Herbert, 1991: Industrial Governance Structures, Innovation Strategies, and the Case of Japan: Sectoral or Cross-National Comparative Analysis? In: *International Organization* 4, 453–493.
- Kowol, Uli, 1998: *Innovationsnetzwerke: Technikentwicklung zwischen Nutzungsvisionen und Verwendungspraxis*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Krasner, Stephen D., 1988: Sovereignty: An Institutional Perspective. In: *Comparative Political Studies* 21, 66–94.
- Langlois, Richard/Paul Robertson, 1992: Networks and Innovation in a Modular System: Lessons from the Microcomputer and Stereo Component Industries. In: *Research Policy* 21, 297–313.
- Lütz, Susanne, 2004: Governance in der politischen Ökonomie. In: Arthur Benz (Hrsg.), *Governance – Regieren in komplexen Regelsystemen: Eine Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 147–172.
- Lynn, Leonard H./N. Mohan Reddy/John D. Aram, 1996: Linking Technology and Institutions: The Innovation Community Framework. In: *Research Policy* 25, 91–106.
- Mahoney, James, 2000: Path Dependence in Historical Sociology. In: *Theory and Society* 29, 507–548.
- Malerba, Franco, 2002: Sectoral Systems of Innovation and Production. In: *Research Policy* 31, 247–264.
- (Hrsg.), 2004: *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Malerba, Franco, 2004a: Sectoral Systems of Innovation: Basic Concepts. In: Franco Malerba (Hrsg.), *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 9–41.
- , 2005: Sectoral Systems of Innovation: A Framework for linking Innovation to the Knowledge Base, Structure and Dynamics of Sectors. In: *Economics of Innovation and New Technology* 1–2, 63–82.
- , 2005a: Innovation and the Evolution of Industries. In: *Journal of Evolutionary Economics* 16, 2–23.
- Mayntz, Renate/Fritz W. Scharpf, 1995: Der Ansatz des akteurzentrierten Institutionalismus, In: Renate Mayntz/Fritz W. Scharpf (Hrsg.), *Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung*. Frankfurt a.M.: Campus, 39–72.
- Mokyr, Joel, 2002: Innovation in an Historical Perspective: Tales of Technology and Evolution. In: Benn Steil/David G. Victor/Richard R. Nelson (Hrsg.), *Technological Innovation and Economic Performance*. Princeton: Princeton University Press, 23–46.
- Mowery, David C./Richard R. Nelson (Hrsg.), *Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nelson, Richard R., 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.
- North, Douglass C., 1990: *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press
- , 1991: Institutions. In: *Journal of Economic Perspectives* 5, 97–112.
- Orsenigo, Luigi, 1989: *The Emergence of Biotechnology: Institutions and Markets in Industrial Innovation*. London: Palgrave Macmillan.
- Ortmann, Günther, 1995: *Formen der Produktion: Organisation und Rekursivität*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- , 2003: *Regel und Ausnahme: Paradoxien sozialer Ordnung*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Pempel, T.J., 1998: *Regime Shift: Comparative Dynamics of the Japanese Political Economy*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Perrow, Charles, 1984: *Normal Catastrophes: Living with High-risk Technologies*. New York: Basic Books.
- , 1986: *Complex Organizations: A Critical Essay*. 3. Auflage. New York: McGraw-Hill.
- , 1989: Eine Gesellschaft von Organisationen. In: *Journal für Sozialforschung* 1, 3–19.
- Powell, Walter W./Kenneth W. Koput/Laurel Smith-Doerr, 1996: Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology. In: *Administrative Science Quarterly*, 116–145.
- Quack, Sigrid, 2005: Zum Werden und Vergehen von Institutionen – Vorschläge für eine dynamische Governanceanalyse. In: Gunnar Folke Schuppert (Hrsg.), *Governance-Forschung: Vergewisserung über Stand und Entwicklungslinien*. Baden-Baden: Nomos, 346–370.
- Rammert, Werner, 2003: *Technik in Aktion: Verteiltes Handeln in soziotechnischen Konstellationen*. Technical University Technology Studies Working Papers, TUTS-WP2–2003. Berlin: Technische Universität Berlin.
- Rammert, Werner/Ingo Schulz-Schaeffer, 2002: Technik und Handeln.: Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt. In: Werner Rammert/Ingo Schulz-Schaeffer (Hrsg.), *Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik*. Frankfurt a.M.: Campus, 11–64.
- Rip, Arie/René Kemp, 1998: Technological Change. In: Steve Rayner/Elizabeth L. Malone (Hrsg.), *Human Choice and Climate Change*, Vol. 2: *Resources and Technology*. Columbus: Batelle, 328–399.
- Rohracher, Harald, 2007: Die Wechselwirkung technischen und institutionellen Wandels in der Transformation von Energiesystemen. In: Ulrich Dolata/Raymund Werle (Hrsg.), *Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Frankfurt a.M.: Campus, im Erscheinen
- Ropohl, Günter, 1996: *Ethik und Technikbewertung*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.

- Schaaf, Jürgen/Jan Hofmann, 2003: Copyright reloaded: Vom Versuch, Technologie vor sich selbst zu schützen. In: Deutsche Bank Research (Hrsg.), *E-economics* 41, 1–15.
- Schaber, Roland, 2000: *Digitale Distribution von Musik im Internet*. Ausgewählte Studien des EEC Handel, Bd. 2. Köln: Institut für Handelsforschung an der Universität zu Köln.
- Scharpf, Fritz W., 2000: *Interaktionsformen: Akteurzentrierter Institutionalismus in der Politikforschung*. Opladen: Leske + Budrich.
- Scott, W. Richard, 2001: *Institutions and Organizations*. London: Sage.
- Stobbe, Antje/Tobias Just, 2006: IT, Telekom & Neue Medien: Am Beginn der technologischen Konvergenz. In: Deutsche Bank Research (Hrsg.), *E-economics* 56, 1–19.
- Streeck, Wolfgang/Martin Höpner, 2003: Einleitung: Alle Macht dem Markt? In: Wolfgang Streeck/Martin Höpner (Hrsg.), *Alle Macht dem Markt? Fallstudien zur Abwicklung der Deutschland AG*. Frankfurt a.M.: Campus, 11–59.
- Streeck, Wolfgang/Kathleen Thelen, 2005: Introduction: Institutional Change in Advanced Political Economies. In: Wolfgang Streeck/Kathleen Thelen (Hrsg.), *Beyond Continuity: Institutional Change in Advanced Political Economies*. Oxford: Oxford University Press, 1–39.
- Thelen, Kathleen, 2003: How Institutions Evolve: Insights From Comparative Historical Analysis. In: James Mahoney/Dietrich Rueschemeyer (Hrsg.), *Comparative Historical Analysis in the Social Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 208–240.
- Werle, Raymund, 1990: *Telekommunikation in der Bundesrepublik: Expansion, Differenzierung, Transformation*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Werle, Raymund, 2005: Institutionelle Analyse technischer Innovation. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 2, 308–332.
- Wieland, Thomas, 2003: *Paths of New Technology: Nuclear Power Reactors, Biotechnology, and West German S&T Policy*. Manuskript. München: Münchner Zentrum für Wissenschafts- und Technikgeschichte.

Recent Titles in the Publication Series of the MPIfG

MPIfG Discussion Papers

- DP 07/2
S. Ganghof, P. Genschel
Taxation and Democracy in the EU
- DP 07/1
J. Beckert
**The Great Transformation of Embeddedness
Karl Polanyi and the New Economic Sociology**
- DP 06/9
P. Aspers
Designing for the Other: Using Knowledge to Upgrade Manufacturing in the Garment Industry
- DP 06/8
P. Manow, H. Döring
Electoral and Mechanical Causes of European Parliament and Council Divisions: Divided Government European Style?
- DP 06/7
R. Mayntz
Einladung zum Schattenboxen: Die Soziologie und die moderne Biologie
- DP 06/6
J. Berger
Warum sind einige Länder so viel reicher als andere? Zur institutionellen Erklärung von Entwicklungsunterschieden

MPIfG Working Papers

- WP 06/7
C. Woll
Trade Policy Lobbying in the European Union: Who Captures Whom?
- WP 06/6
S. Burkhart, P. Manow
Was bringt die Föderalismusreform? Wahrscheinliche Effekte der geänderten Zustimmungspflicht
- WP 06/5
G. Möllering
Das Aufheben von Ungewissheit als Kern des Vertrauens: Just do it?
- WP 06/4
J. Beckert
Sind Unternehmen sozial verantwortlich?
- WP 06/3
A. Broscheid, D. Coen
Lobbying Systems in the European Union: A Quantitative Study
- WP 06/2
F. W. Scharpf
Nicht genutzte Chancen der Föderalismusreform
- WP 06/1
S. Ganghof
The Politics of Tax Structure

MPIfG Books

- J. Beckert, B. Ebbinghaus, A. Hassel, P. Manow (Hg.)
Transformationen des Kapitalismus. Festschrift für Wolfgang Streeck zum sechzigsten Geburtstag
Campus, 2006
- S. Hiß
Warum übernehmen Unternehmen gesellschaftliche Verantwortung? Ein soziologischer Erklärungsversuch
Campus, 2006
- J. Beyer
Pfadabhängigkeit: Über institutionelle Kontinuität, anfällige Stabilität und fundamentalen Wandel
Campus, 2006
- B. Ebbinghaus
Reforming Early Retirement in Europe, Japan and the USA
Oxford University Press, 2006
- C. Crouch, W. Streeck (eds.)
The Diversity of Democracy: Corporatism, Social Order and Political Conflict
Edward Elgar, 2006
- G. Möllering
Trust: Reason, Routine, Reflexivity
Elsevier, 2006

Ordering Information

MPIfG Discussion Papers

Order printed copies from the MPIfG (you will be billed) or download PDF file from the MPIfG website (free).

MPIfG Working Papers

Online at the MPIfG website.

MPIfG Books

At bookstores; abstracts on the MPIfG website.

www.mpifg.de

Go to *Publications*.

New Titles

Consult our website for the most complete and up-to-date information about MPIfG publications and publications by MPIfG researchers. To sign up for newsletters and mailings, please go to *Service* on the MPIfG website. Upon request to info@mpifg.de, we will be happy to send you our Recent Publications brochure.

ERPA

MPIfG Discussion Papers and MPIfG Working Papers in the field of European integration research are included in the *European Research Papers Archive (ERPA)* which offers full-text search options: <http://eiop.or.at/erpa>.