

Ulrich Dolata

Wandel durch Technik

Eine Theorie
soziotechnischer Transformation

Schriften aus dem Max-Planck-Institut
für Gesellschaftsforschung

campus

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



Ulrich Dolata war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln, und ist heute Professor für Organisations- und Innovationssoziologie an der Universität Stuttgart.

Ulrich Dolata

Wandel durch Technik

Eine Theorie soziotechnischer Transformation

Campus Verlag
Frankfurt/New York

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie.
Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-593-39500-5

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Copyright © 2011 Campus Verlag GmbH, Frankfurt am Main

Umschlagmotiv: Gebäude des Max-Planck-Instituts für Gesellschaftsforschung, Köln

Gedruckt auf Papier aus zertifizierten Rohstoffen (FSC/PEFC).

Printed in Germany

Für Le Fyn

Inhalt

Kapitel 1	
Wandel durch Technik: Eine Einführung	9
Kapitel 2	
Technik und Sektor	17
2.1 Wirtschaftssektoren als soziotechnische Felder	17
2.2 Feldvermessung: Sektorale Funktionselemente	20
2.3 Das Feld als Ganzes: Sektorale Regulationsmuster	33
Kapitel 3	
Typen von Innovationen und soziotechnischer Wandel	35
3.1 Ausgangspunkte: Typen und Wirkungen von Innovationen	36
3.2 Annäherungen: <i>Periods of mismatch</i> und <i>transition pathways</i>	38
3.3 Präzisierungen: Eingriffstiefe, Adaptionfähigkeit, graduelle Transformation	40
Kapitel 4	
Neue Technologien und ihre sektorale Eingriffstiefe	45
4.1 Strukturierungsleistungen von und Transformationsimpulse durch Technik	45
4.2 Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge: Endogene und exogene Technologien	55

4.3 Variante I: Geringe Eingriffstiefe neuer Technologien	58
4.4 Variante II: Große Eingriffstiefe neuer Technologien	61
4.5 Technologische Eingriffstiefe als forschungspragmatisches Konzept	68
Kapitel 5	
Neue Technologien und sektorale Adaptionenfähigkeit	75
5.1 Brückenschlag: Technologische Transformationsimpulse und ihre sektorale Verarbeitung	75
5.2 Variante I: Adaptionenunfähigkeit	79
5.3 Variante II: Proaktive Adaptionenfähigkeit	94
5.4 Variante III: Machtbasierte Adaption	111
5.5 Adaptionenfähigkeit als forschungspragmatisches Konzept	117
Kapitel 6	
Neue Technologien und sektorale Transformation	123
6.1 Brückenschlag: Eingriffstiefe, Adaptionenfähigkeit, Transformation	123
6.2 Sukzessive Veränderungen und substanzieller Wandel: Empirische Hinführungen	125
6.3 Zwischen Kontinuität und Bruch: Institutionalistische Angebote zur Beseitigung eines blinden Flecks	131
6.4 Radikaler Wandel als graduelle Transformation: Eigenheiten und Varianten soziotechnischer Umbrüche	134
6.5 Graduelle Transformation als forschungspragmatisches Konzept	150
Abbildungen	155
Literatur	157

Kapitel 1

Wandel durch Technik: Eine Einführung

I.

Technik ist ein konstitutiver Bestandteil jeder modernen Gesellschaft. Als Artefakte, Großanlagen oder technische Infrastrukturen, als Programme, Methoden oder Verfahren ermöglicht und prägt sie soziale Zusammenhänge der unterschiedlichsten Art. Kein Industriezweig, kein Produktionsprozess oder Dienstleistungsangebot, keine Finanztransaktion, kein Verwaltungsablauf, kein Verkehr, kein Kommunikationsprozess, kein Krieg, kaum ein alltäglicher Vorgang wäre ohne Technik überhaupt oder auch nur annähernd in der gewohnten Form möglich. Technik greift tief in soziale Gegebenheiten der unterschiedlichsten Art ein, strukturiert und regelt sie. Das reicht von privat genutzten GPS-Systemen, deren Anordnungen sich die Autofahrerinnen und Autofahrer fasziniert ausliefern, über industrielle Produktions- oder Logistikprozesse, die maßgeblich um die eingesetzten Technologien herum organisiert werden, bis zu computergesteuertem Aktien- und Devisenhandel, der mittlerweile die Bewegung auf den weltweiten Finanzmärkten entscheidend mitprägt. Technik ist fraglos ein zentrales Struktur- und Regelungselement moderner, insbesondere der hoch entwickelten kapitalistischen Gesellschaften.

Seit der zweiten Hälfte der 1970er-Jahre verändern sich die technologischen (und wissenschaftlichen) Grundlagen dieser Gesellschaften rasant. Das liegt in erster Linie an all jenen digitalen Informations- und Kommunikationstechnologien, die seit der Einführung der ersten, aus heutiger Sicht extrem funktionschwachen und störanfälligen *Personal Computer* in schneller Folge das Licht der Welt erblicken, dabei immer leistungsstärker, multifunktionaler und vernetzter werden und sich mit außerordentlicher Dynamik in alle Bereiche der Gesellschaft verbreiten. Das Internet ist nur das prominenteste Beispiel einer Vielzahl radikaler Innovationen, die in diesem weit gefassten Technologiecluster in den vergangenen drei Jahrzehnten hervorgebracht worden sind und die neben unserem alltäglichen Leben weite Teile der industriellen Produktion und den Dienstleistungssektor, die Banken, Versicherungen und Finanzmärkte, die staatliche Verwaltung und das Wissenschaftssystem nachhaltig verändert haben. Daneben

hat sich im selben Zeitraum mit den neuen Biotechnologien ein zweites größeres Technologiefeld etabliert, mit deren Methoden und Verfahren gezielte Rekombinationen biologischen Materials möglich geworden sind. Die Radikalität dieser neuen Möglichkeit, in die menschliche und außermenschliche Natur einzugreifen, steht der Digitalisierung nicht nach. Ihr Verwendungsbereich ist allerdings erheblich enger: Neue Biotechnologien haben sich seit Mitte der 1970er-Jahre vor allem in der Medizin, als neue Werkzeuge der Pharmaforschung und in Gestalt neuer gentechnisch hergestellter Therapeutika, Impfstoffe und Diagnostika etabliert. Daneben haben sie auch in der Agrochemie, Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion größere Bedeutung erlangt. Beides – die Digitalisierung der Gesellschaft durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien und die gezielte Rekombination der Natur mithilfe neuer Biotechnologien – sind die wesentlichen Signaturen eines einschneidenden wissenschaftlichen und technologischen Umbruchs, der vor gut drei Jahrzehnten begonnen hat und dessen Ende noch immer nicht absehbar ist.

Entwicklungen aus diesen beiden wichtigen Technologiefeldern werden im Laufe dieses Buches daher vor allem dann vorgebracht, wenn anhand von Beispielen konkretisiert werden soll, wie man sich gesellschaftlichen Wandel durch Technik, konkreter: substanzielle organisationale, strukturelle und institutionelle Veränderungen vorzustellen hat, die durch neue Technologien angestoßen, zum Teil auch erforderlich werden. Denn auch dies lässt sich kaum übersehen: Technik ist nicht bloß ein wichtiges Strukturmerkmal moderner Gesellschaften. Grundlegend neue Technologien sind auch ein wesentlicher Einflussfaktor ihres Wandels und können einen beträchtlichen Veränderungsdruck auf ihre Akteure, Strukturen und Institutionen entfalten.

Neue Technologien spielen nicht nur bei der Neustrukturierung bestehender oder der Entstehung neuer Märkte eine entscheidende Rolle, die sie mit ihren Eigenheiten oft maßgeblich prägen – man denke nur an die Wirkungen von Digitalisierung, Datenkomprimierung und Internet auf die Musikindustrie oder auf andere Mediensektoren. Sie sind auch unabdingbare Grundlage und Auslöser größerer Umbrüche in der Struktur und Organisation von Produktionsprozessen, von Dienstleistungen oder von ganzen Wirtschaftssektoren (in den vergangenen Jahrzehnten zum Beispiel des Telekommunikations-, des Pharma- oder des Musiksektors). Häufig müssen bestehende rechtlich-regulative Rahmenbedingungen an den Eigenheiten der neuen Technologien grundsätzlich neu ausgerichtet oder gänzlich neu formuliert werden (wie zum Beispiel das Urheberrecht an die Digitalisierung und das Internet oder die Entwicklung eines eigenständigen Gentechnikrechts für die biotechnologische Forschung und Produktion). Darüber hinaus kommen mit ihrer Entwicklung und Nutzung regelmäßig auch die involvierten Akteure und deren Beziehungen zueinander in

Bewegung. Oft werden neue technologische Möglichkeiten zunächst von Newcomern oder Quereinsteigern (wie Microsoft und Intel oder in jüngerer Zeit Amazon und Apple) aufgegriffen, die damit bestehende Konkurrenzverhältnisse aufmischen und etablierte Akteure unter einen erheblichen Druck setzen können, sich rund um die neuen Technologien strategisch und organisational neu zu positionieren. Gleichzeitig sind neue Technologien häufig derart komplex, dass sich ihre Entwicklung, Produktion und Nutzung nicht mehr von einzelnen Organisationen allein bewältigen lässt, sondern die Etablierung und systematische Nutzung neuer Formen von Kooperation nicht einfach nur ermöglicht, sondern regelrecht erzwingt (wie zum Beispiel die Biotechnologie im Pharmasektor). Schließlich verändern neue Technologien auch das alltägliche Leben: Das waren früher zum Beispiel Haushaltsgeräte (Waschmaschine, Kühlschrank usw.) und sind heute vor allem informations- und kommunikationstechnische Angebote (wie Smartphones, Netbooks, Internet), durch die sich neue Kommunikations-, Lebens- und auch Konsumstile ausprägen.

Man muss also nicht bis zur industriellen Revolution des 18. und 19. Jahrhunderts zurückgehen, die im Kern eine soziotechnische Revolution war, um zu sehen, dass einschneidende technologische Umbrüche ein entscheidender Einflussfaktor und Impulsgeber gesellschaftlicher Transformation sind. Das bedeutet keinesfalls, dass neue Technologien zunächst sozial konstruiert, geformt und gehärtet werden und erst dann, wenn sie fertig sind, in einer dann eindeutigen, alternativlosen Weise verändernd in soziale (ökonomische, politische, zivilgesellschaftliche) Zusammenhänge eingreifen. Wandel durch Technik ist alles andere als deterministisch: Er ist weder ein linearer, in eine Richtung verlaufender Prozess, noch ein Vorgang mit einem vorab bestimmbar Ergebnis.

Am Beginn einer größeren *soziotechnischen* Umbruchperiode stehen in aller Regel kaum mehr als unfertige Skizzen: grundlegende, mit großen Erwartungen und Visionen belegte, aber noch vergleichsweise vage neue technologische Möglichkeiten und große Unklarheiten darüber, welche sozialen Konsequenzen sie haben könnten. Entsprechend tastend und erratisch verläuft die Suche sowohl nach geeigneten Anwendungen und Weiterentwicklungen eines neuen Technologiefeldes selbst als auch nach dazu passenden Organisationsmustern, Strukturen und Institutionen. Im Verlauf einer solchen Umbruchperiode gibt es keine einseitige Anpassung sozialer Verhältnisse an eindeutig bestimmbar technologische Erfordernisse. Auch die Technologien, um die es geht, werden weiterentwickelt, verfeinert, bisweilen auch revidiert oder grundlegend modifiziert. Am Ende eines solchen nicht selten ein, zwei oder drei Jahrzehnte dauernden soziotechnischen Such- und Selektionsprozesses können die organisationalen, sozioökonomischen und institutionellen Transformationen außerordentlich sein – die Technologien, die diese Veränderungen angestoßen beziehungsweise

erforderlich gemacht haben, haben sich in dieser Zeit ähnlich gravierend verändert und ähneln schließlich kaum noch jenen Skizzen, mit denen lange vorher alles begonnen hatte.

II.

Dieser allgemeine Zusammenhang von technischem und sozioökonomischem Wandel ist in den verschiedenen Konzepten, die sich mit der Ko-Evolution oder Ko-Konstruktion von Technik und irgendetwas Sozialem (Gesellschaft, Industrie, Nutzer, Markt usw.) befassen, sowie in neueren soziotechnischen System- und Transformationsansätzen durchaus präsent. Sie werfen in der einen oder anderen Weise die Frage auf, »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 Geels 2004, 2005). Obgleich damit die wechselseitige Beeinflussung von Technik und Gesellschaft in den Blick genommen wird, zielen diese Ansätze und die ihnen verbundenen Arbeiten, wenn sie sich nicht in allgemeinen programmatischen Aussagen zur Ko-Evolution bereits erschöpfen, doch vornehmlich auf die Untersuchung und Erklärung *technologischer Wandels*. Wenn soziale Transformationen ins Spiel kommen, dann im Wesentlichen als ökonomisch oder politisch gewollte Veränderung von Rahmenbedingungen mit dem Ziel, wiederum technologische Innovationsprozesse effizienter zu machen oder neue Technologien nachhaltiger zu gestalten (Werle 2005; Dolata/Werle 2007).

Demgegenüber gibt es nach wie vor wenig empirisch fundierte und analytisch überzeugende Antworten auf den in diesem Buch verhandelten zweiten Teil der aufgeworfenen Frage. Wie kann man sich sozialen Wandel durch Technik vorstellen und wie kann man ihn analysieren, ohne dabei technikdeterministisch zu argumentieren? Wann können neue Technologien etablierte Organisationsformen, Strukturen und Institutionen destabilisieren oder aus den Angeln heben und substantielle soziale Veränderungen anstoßen oder auch erforderlich machen? Wie vollzieht sich ein solcher an neuen Technologien und ihren Eigenheiten ausgerichteter Wandel sozioökonomischer Verhältnisse? Lassen sich typische Muster, Varianten und Verlaufsformen derartiger Transformationsprozesse identifizieren?

Darum wird es im Folgenden gehen: Nicht den technologischen Wandel selbst zu analysieren und zu erklären, sondern die mit ihm einhergehenden organisationalen, strukturellen und institutionellen Veränderungen. Wie sich durch neue Technologien angestoßene und maßgeblich durch sie geprägte Prozesse

sozioökonomischer Transformation vollziehen, das ist das Thema dieses Buches. Das heißt auch: Es wird nicht um geordnete Verhältnisse gehen. Im Fokus der Aufmerksamkeit werden nicht stabile und funktionierende soziotechnische Konstellationen stehen, sondern dysfunktionale, zum Teil erodierende und krisengeschüttelte, auf jeden Fall aber unter dem Druck neuer, nicht mehr zu ihnen passender Technologien stehende und in Bewegung geratene Organisationen, Strukturen und Institutionen, die sich substantiell zu verändern haben, wenn sie ihre Existenzberechtigung erhalten und nicht obsolet werden wollen. Hier interessiert also weniger, wie ein gegebener Zustand funktioniert. Hier interessiert, wie nicht gerade triviale Zustandsveränderungen zustande kommen und vonstattengehen, wie sich also außergewöhnliche, den normalen Gang der Dinge sprengende soziotechnische Dynamiken nachvollziehen und erklären lassen.

Wie kann das gehen? Ich werde in diesem Buch einen *theoretischen Rahmen* vorstellen, der sich sowohl zur Analyse als auch zur Erklärung sozioökonomischen Wandels durch Technik eignet und aus drei ineinander verschränkten Konzepten besteht, die ich in *Kapitel 3* ein- und in den anschließenden Kapiteln ausführe.

Mit dem *ersten Konzept* gebe ich Antworten auf die Frage, welche Rolle und Bedeutung neuen Technologien selbst als eigenständigen Einflussfaktoren sozioökonomischen Wandels zukommen kann. Die Kernüberlegung ist, dass sich grundlegend neue Technologien dort, wo sie entwickelt oder genutzt werden, meist nicht umstandslos in die bestehenden Verhältnisse einpassen lassen und mit mehr oder minder weitreichenden organisationalen, strukturellen und institutionellen Veränderungen einhergehen (müssen), wenn ihr innovatives Potenzial realisiert werden soll. Das nenne ich *technologische Eingriffstiefe*, die sich als spezifischer Veränderungsdruck konkretisiert, den neue Technologien auf bestehende sozioökonomische Konstellationen ausüben (Kapitel 4).

Daraus lassen sich aber keine klaren und eindeutig bestimmbareren sozioökonomischen Veränderungen ableiten. Wie mit technologischem Veränderungsdruck umgegangen wird und in welchem Ausmaß er sich tatsächlich in Neuorientierungen niederschlägt: Das lässt sich nicht einfach aus der Technik herleiten, um die es geht. Das sind genuin soziale Prozesse, die im Zentrum des *zweiten Konzepts* stehen. Dort wird die Frage diskutiert, wie sowohl die zunächst noch unfertigen und anwendungsoffenen Technologien als auch deren mögliche oder notwendig erscheinenden organisationalen, strukturellen und institutionellen Effekte antizipiert, aufgegriffen und in konkrete soziotechnische Veränderungen umgesetzt werden (können). Das bezeichne ich als *soziale Adaptionsfähigkeit*, die maßgeblich darüber entscheidet, wie Wandel durch Technik konkret vonstattengeht (Kapitel 5).

So etwas geschieht nicht in kurzer Frist oder in einem einmaligen Akt. Was nach ein oder zwei Jahrzehnten als radikaler soziotechnischer Umbruch er-

scheint, ist im Regelfall das Ergebnis einer längeren Phase des Suchens, der Auseinandersetzung und der Diskontinuität, die durch eine Vielzahl relativ stark aufeinander bezogener Veränderungen geprägt wird. Im *dritten Konzept* werden der Gesamtprozess solcher Umbruchperioden und ihre typischen Verlaufsformen in den Blick genommen. Den vielschrittigen, oft erratischen und nicht linearen Prozess soziotechnischer Neuausrichtung, der sich erst über die Zeit zu substantziellen Veränderungen verdichtet, bezeichne ich als *graduelle Transformation* (Kapitel 6).

Wenn man also sozialen Wandel durch Technik so in den Blick nimmt, wie ich das tun werde, dann treffen mehr oder minder eingriffstiefe Technologien auf mehr oder minder adaptionsfähige gesellschaftliche Bereiche, die sich in längeren Phasen der Diskontinuität, des Umbruchs, der Restrukturierung über eine Vielzahl gradueller Transformationen neu justieren und zum Teil auch radikal verändern.

Wie sich die drei theoretischen Konzepte begründen, aufeinander beziehen und forschungspragmatisch wenden lassen, welche typischen Varianten beziehungsweise Kombinationen technologischer Eingriffstiefe, sozialer Adaptionsfähigkeit und gradueller Transformation es gibt, werde ich durchweg und nicht ohne Grund entlang des *Wandels von Wirtschaftssektoren* durch neue Technologien diskutieren. Die sozioökonomischen Wirkungen größerer technologischer Umbrüche lassen sich auf der Mesoebene von Wirtschaftssektoren erheblich differenzierter analysieren und begreifen als etwa auf der Metaebene ganzer Gesellschaften oder Wirtschaftssysteme. Wirtschaftssektoren – Auto, Pharma, Musik, Telekommunikation, Energie usw. – werden schon im normalen Gang der Dinge stark durch die Entwicklung, die Herstellung und oder den Einsatz von Technik mitgeprägt. Verändern sich ihre technologischen Grundlagen substantziell, dann bleibt das nicht ohne Konsequenz für ihre organisationale, strukturelle und institutionelle Konstitution. Über die Untersuchung des technikinduzierten Wandels von Wirtschaftssektoren lässt sich sehr konkret herausarbeiten, wie eingriffstief neue Technologien auf der sektoralen Ebene sind und wie deren Potenziale dort wahrgenommen und aufgegriffen werden. Der vergleichende Blick auf verschiedene Wirtschaftssektoren macht überdies schnell deutlich, dass die Eingriffstiefe einer neuen Technologie (wie zum Beispiel des Internets) zwischen verschiedenen Sektoren zum Teil stark variiert und sich ein jeweils spezifischer sektoraler Veränderungsdruck aufbaut, der dort zudem in unterschiedlicher Weise adaptiert, wahrgenommen und verarbeitet werden kann. Kurzum: Mit der Fokussierung auf sektorale Wandlungsprozesse geraten unterschiedliche Möglichkeiten, Varianten und Verlaufsformen soziotechnischer Transformation in den Blick. Daher beginne ich nach dieser Einführung mit einer Konzeptualisierung von Wirtschaftssektoren als soziotechnische Felder (Kapitel 2).

Die empirische Grundlage des Textes bilden sowohl von mir selbst durchgeführte Fallrekonstruktionen – vor allem zum Wandel des Pharmasektors durch die Gentechnik und zur Transformation des Musiksektors durch das Internet – als auch die Sekundärauswertung der Literatur zu soziotechnischen Umbrüchen in anderen Wirtschaftssektoren. Theoretisch schließt die Arbeit vor allem an neuere Ansätze zum organisationalen, institutionellen und soziotechnischen Wandel sowie zur Pfadabhängigkeit und Pfadkreation an, die auf das hier verfolgte Thema bezogen, an konkreten Fällen diskutiert und im Sinne einer empirisch fundierten Theoriebildung zu einem eigenständigen Konzept soziotechnischer Transformation weiterentwickelt werden.

III.

Dieses Buch lässt sich auch als Fortsetzung meiner Veröffentlichung »Unternehmen Technik« (2003) lesen. Während dort die Entwicklung eines Theorie Rahmens für Technikanalysen im Vordergrund stand, der die Akteure, Interaktionsmuster und strukturellen Kontexte, die für die Technikentwicklung von Bedeutung sind, in Bezug zueinander setzte, geht es hier darum, Zustände in Bewegung zu setzen, Prozesse und Wandel abzubilden sowie deren Mechanismen und Varianten zu erklären.

Meine Arbeiten zum (sektoralen) Wandel durch Technik gehen bis Mitte der 2000er-Jahre zurück. Am Anfang stand ein DFG-Projekt, das ich im Herbst 2005 noch am artec – Forschungszentrum Nachhaltigkeit der Universität Bremen begonnen hatte. Das Projekt befasste sich zwar schon mit dem Thema, trug aber noch den wenig konkreten Titel »Internet und Biotechnologie. Technologische Innovationen und ihre Auswirkungen auf Akteurfigurationen, Konkurrenzmuster und Kooperationsbeziehungen in vergleichender Perspektive«. Einige der empirischen Fälle, die in diesem Buch vorgebracht werden, sind in diesem Projekt entwickelt worden. Die ersten Vorträge zum Thema gab es Ende 2005, beginnend mit einem Referat auf der DGS/DVPW-Tagung »Evolution und Steuerung technischer Innovationen« am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung (MPIfG) in Köln, in dem übrigens »Adaptionsfähigkeit« noch »Governance-Flexibilität« hieß und so etwas wie »graduelle Transformation« noch kein Thema war.

In besonderer Weise vorangebracht worden sind meine Arbeiten zum Wandel durch Technik dann durch meine, man möchte sagen: graduelle Annäherung an das Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung. Im März 2006 haben Raymund Werle und ich dort einen Autorenworkshop zum Thema »Bringing

technology back in. Technik als Einflussfaktor sozioökonomischen und institutionellen Wandels« ausgerichtet, dessen Ergebnisse sich in dem 2007 von uns herausgegebenen Sammelband »Gesellschaft und die Macht der Technik« nachlesen lassen. Seit Frühjahr 2006 war ich zunächst als *research affiliate* regelmäßig Gast am MPIfG und seit Anfang 2008 als Wissenschaftler dort tätig. In dieser Zeit habe ich eine Reihe von Aufsätzen rund um das Thema und die gute Hälfte dieses Buches geschrieben, bevor ich im Herbst 2009 an die Universität Stuttgart gewechselt bin. Die vielen Diskussionen am Kölner Institut und vor allem der ständige intensive Austausch mit Raymund Werle waren für mich immer wieder außerordentlich inspirierend – Vergleichbares hatte ich bis dahin nicht erlebt. Letztlich ist es dann aber natürlich doch so, wie es immer ist: Alles hier Geschriebene geht auf meine Kappe.

Ich habe das Buch kurz und bündig gehalten – kurz genug, um es ganz und in einem Rutsch lesen zu können. Das sollte auch jenen gelingen, die sonst nur Zeit für die Einleitungen finden – in der stillen Hoffnung, dass da bereits so gut wie alles gesagt worden ist. Das ist hier definitiv nicht der Fall.

Stuttgart/Bremen, im März 2011

Ulrich Dolata

Kapitel 2

Technik und Sektor

2.1 Wirtschaftssectoren als soziotechnische Felder

Bevor die Frage aufgerufen wird, wie sich Prozesse sektoralen Wandels durch Technik vollziehen können, ist zu klären, was ein Sektor ist, was Technik alles sein kann und was beides miteinander zu tun hat. Das soll in diesem Kapitel geschehen. Ich beginne mit drei ersten Annäherungen an den Gegenstand.

Wirtschaftssectoren, um die es hier geht, also etwa der Automobil-, der Banken-, der Musik- oder der Pharmasektor, zeichnen sich naturgemäß durch einen ökonomischen Kern aus (sonst würde man sie so nicht nennen), der allerdings in mehr oder minder weitreichende soziale Umgebungen eingebettet ist und von ihnen mitgeprägt wird. Zum ökonomischen Kern zählen spezifische wirtschaftliche Aktivitäten (Forschung und Entwicklung, Produktion, Distribution, Dienstleistungen usw.), Austauschbeziehungen (Märkte, Netzwerke, Konkurrenz) und Akteure (Unternehmen). Wirtschaftssectoren sind in soziologischer Betrachtung allerdings mehr als Industriebranchen. Sie werden wesentlich mitgeprägt und mitstrukturiert durch außerökonomische, im weiteren Sinne soziale Akteure und Regelungen. Politische Akteure und staatliche Instanzen, Medien und Verbände unterschiedlichster Couleur, Wissenschaftler und öffentliche Forschungseinrichtungen oder nicht im klassischen Sinn organisiert auftretende Akteure wie soziale Bewegungen und *communities*, Konsumenten und politische Bürger können einen beträchtlichen Einfluss auf die Strukturierung und (künftige) Ausrichtung von Wirtschaftssectoren nehmen. Das reicht von der regulativen und normativen Einfassung von Forschung, Produktion, Märkten und Unternehmensaktivitäten über die Erbringung von für den Sektor relevanten Leistungen durch nicht ökonomische Akteure (zum Beispiel im Rahmen von Kooperationen mit akademischen Forschungseinrichtungen) bis hin zu öffentlichen Diskursen, gesellschaftlichen Protesten oder eigenwilligen Kauf- beziehungsweise Nutzungsentscheidungen von Konsumenten.

In der institutionalistisch orientierten Forschung sind solche Gebilde als organisationale Felder (*organizational fields*; DiMaggio/Powell 1983; DiMaggio 1986; Powell/DiMaggio 1991), als interorganisationale Felder (*interorganizational*

fields; Leblebici et al. 1991) oder auch als gesellschaftliche Sektoren (*societal sectors*; Scott/Meyer 1991) bezeichnet worden. Bei Paul DiMaggio und Walter Powell (1983: 143) findet sich die klassische Definition:

By organizational field, we mean those organizations that, in the aggregate, constitute a recognized area of institutional life: key suppliers, resource and product consumers, regulatory agencies, and other organizations that produce similar services or products. The virtue of this unit of analysis is that it directs our attention not simply to competing firms [...] or to networks of organizations that actually interact [...], but to the totality of relevant actors.

Das strukturierende Element eines Feldes und das Bindeglied zwischen den handelnden Akteuren sind die dort geltenden beziehungsweise geteilten Regelungen: »Fields only exist to the extent that they are institutionally defined« (ebd.).

Das Bild vom Feld aufgreifend lässt sich in einer *ersten Annäherung* formulieren: *Wirtschaftssektoren sind sozioökonomische Felder* mit distinkten Regelungsmustern, Akteurfigurationen und Interaktionsbeziehungen, die sich um einen definierten ökonomischen Leistungsbereich (wie etwa die Herstellung von Autos oder Maschinen oder die Bereitstellung von Finanzdienstleistungen) konstituieren. Sie werden von ökonomischen Kernstrukturen und -akteuren getragen, zugleich aber durch außerökonomische Akteure erkennbar mitgeprägt und durch soziale Institutionen – Gesetze, Regeln, Normen, Konventionen, Routinen, Werte und Leitideen – ebenso maßgeblich mitstrukturiert.¹

Das reicht allerdings nicht. Kein Wirtschaftssektor (und auch kein anderes organisationales Feld oder gesellschaftlicher Sektor) funktioniert heute ohne Technik – ohne den Einsatz technischer Artefakte, ohne hoch automatisierte Produktions- oder Distributionssysteme, ohne den systematischen Rückgriff auf große technische Infrastrukturen (wie Verkehrs- und Elektrizitätssysteme), ohne informations- und kommunikationstechnische Netzwerke, ohne technische Methoden, Programme und Verfahren. Würde man Technik aus dem jeweiligen Programm herausnehmen, bräche ausnahmslos jeder Wirtschaftssektor und die Gesellschaft insgesamt sofort zusammen. Funktionierende Technik ist nicht irgendein mitlaufendes Beiwerk im sektoralen Geschehen, sondern ein zentraler und strukturbildender Bestandteil aller Wirtschaftssektoren. Ohne seine technischen Grundlagen ist kein Wirtschaftssektor überlebensfähig. Und ohne eine Vorstellung von den eigenständigen und jeweils spezifischen Strukturierungen, die die Techniken eines Sektors auf ihn ausüben, lässt sich kein Wirtschaftssektor auf den Begriff bringen. In einer *zweiten Annäherung* sind also *Wirtschaftssektoren als sozjotechnische Felder* zu präzisieren, die sich nicht nur über

¹ In ähnlicher Weise lassen sich auch Märkte als Felder konzipieren (Fligstein 2001: 67–98; Beckert 2010: 609f.).

spezifische soziale Akteurfiguren, Strukturen und Institutionen konstituieren, sondern auch durch die Technostrukturen (Rammert 2007), die sie jeweils auszeichnen.

Ein systematischer Bezug zwischen Sektor und Technik wird in der Literatur explizit nur im Konzept sektoraler Innovationssysteme hergestellt, das seit der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre als eine Spielart des Ansatzes nationaler Innovationssysteme vor allem von Franco Malerba in die Diskussion gebracht und seither breit rezipiert worden ist. Es konzentriert sich auf sektorspezifische Rahmenbedingungen der Entwicklung und Produktion von technologischen Innovationen, die hauptsächlich von der jeweils vorfindlichen Wissens- und Technologiebasis, den dort handelnden Akteuren und Netzwerken sowie den je charakteristischen Institutionen geprägt werden (Breschi/Malerba 1997; Malerba 2002, 2004, 2005). Dieser Fokus ist für den hier interessierenden Zusammenhang in zweierlei Hinsicht zu eng. Zum einen spielen sektoraler Wandel und die Bedeutung, die technologische Veränderungen dabei haben, dort keine Rolle. Und zum anderen wird der Blick exklusiv auf diejenigen Wirtschaftssektoren gerichtet, die sich durch eine eigenständige technologische Innovationstätigkeit auszeichnen.

Wenn nun aber sektoraler Wandel durch Technik das Thema sein soll, dann geraten zwei wesentliche Typen von Wirtschaftssektoren in den Blick. Das sind zunächst solche Sektoren, die sich durch eine eigenständige technologische Innovationstätigkeit auszeichnen. Das ist etwa für den Chemie- und Pharma-, den Luft- und Raumfahrt-, den Automobil-, den Energie- oder den Telekommunikations-, den Computer- und den Halbleitersktor typisch. Dort können technikinduzierte Restrukturierungsprozesse sowohl durch intern entwickelte und produzierte neue Technologien als auch durch die breite Einführung neuer sektorextern entstandener Technologien (wie vor allem neuer Informations- und Kommunikationstechnologien) angestoßen werden. Viele andere Wirtschaftssektoren lassen sich dagegen nicht als Innovationssysteme charakterisieren, in denen typischerweise neue Technologien entwickelt und produziert werden. Sie zeichnen sich vielmehr dadurch aus, dass vor allem extern entstandene neue technologische Angebote auf sektorspezifische Weise aufgegriffen, implementiert und verwendet werden. Dies ist typisch etwa für den Banken-, Versicherungs- und Finanzdienstleistungssektor, den Musik- und andere Mediensektoren oder den Handel. Auch sie funktionieren nicht ohne Technik, die hier allerdings wesentlich von außen kommt. Neue technologische Möglichkeiten mit einigem Potenzial können natürlich auch die Funktionsweise derartiger Sektoren berühren und Prozesse sektoralen Wandels anstoßen.

In einer *dritten Annäherung* an den Gegenstand hat sich die Analyse technikinduzierten sektoralen Wandels also auf zwei *Grundtypen von Wirtschaftssektoren* einzulassen: auf Sektoren, die sich durch die Entwicklung und Produktion von

Technologien und also durch eine eigenständige Innovationstätigkeit auszeichnen und auf solche, die vornehmlich sektorextern entstandene Technologien auf eine sektorspezifische Weise nutzen. Für alle Wirtschaftssektoren (auch die vornehmlich technikverwendenden) aber gilt: Als soziotechnische Felder werden sie durch distinkte technologische Profile geprägt, durch charakteristische sozioökonomische Strukturen und institutionelle Arrangements sowie durch spezifische Akteurfigurationen und Interaktionsmuster.

2.2 Feldvermessung: Sektorale Funktionselemente

Bevor ich mich mit der Frage des sektoralen Wandels durch Technik befasse – dies geschieht in den anschließenden Kapiteln – sollen diese konstitutiven Funktionselemente von Wirtschaftssektoren zunächst präziser bestimmt und in Bezug zueinander gesetzt werden. Das betrifft die Konzeptualisierung von sektoralen Technikprofilen, von strukturellen und institutionellen Kontexten sowie von Akteuren und Interaktionsmustern, vor allem aber deren Zusammenspiel, über das sich Sektoren welcher Art auch immer konstituieren, reproduzieren und verändern.²

Technische Kontexte: Techniktypen und sektorale Technikprofile

Wie Gesellschaften insgesamt sind auch Wirtschaftssektoren keine reinen Sozialsysteme, sondern soziotechnische Veranstaltungen (Ropohl 1996). Sie konstituieren sich nicht einfach über soziale Zusammenhänge, sondern wesentlich auch über die spezifischen Technologien, die dort entwickelt, hergestellt und genutzt werden. Sämtliche Wirtschaftssektoren – der Automobilssektor, der Maschinenbau, die Luft- und Raumfahrt, der chemisch-pharmazeutische Sektor, die Telekommunikation, der Halbleiterssektor oder die verschiedenen Medienssektoren – haben ein spezifisches technologisches Profil.

Um das bestimmen zu können, ist zunächst zu präzisieren, was Technik eigentlich ist (oder alles sein kann). Ich möchte dazu drei Differenzierungen des Begriffs vornehmen.

Erstens kann Technik heute vieles Verschiedenes sein. Dazu zählen neben einzelnen Artefakten zum Teil weitläufig vernetzte technische (Infrastruktur-)

² Wo nicht anders ausgewiesen, greife ich dazu auf den theoretischen Rahmen zur (empirischen) Analyse soziotechnischer Verhältnisse zurück, den ich in Dolata (2003: 21–142) entwickelt und ausführlich begründet habe.

Systeme, großtechnologische Anlagen und neue Querschnittstechnologien, aber auch Methoden, Verfahren und Programme. Viele fortgeschrittene Techniken – Roboter, Software-Techniken 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 (Rammert/Schulz-Schaeffer 2002; Rammert 2003). Moderne Technologien differieren allerdings nicht nur in ihren technischen Eigenheiten substantiell 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 Querschnittstechniken oder individuell nutzbare Alltagstechniken tragen schon aufgrund ihrer je spezifischen technischen Eigenheiten zur Ausprägung jeweils typischer (sektoraler) Organisations- und Regelungsmuster bei. Charles Perrow (1984, 1996) etwa 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. Bezogen auf Wirtschaftssektoren hat auch Herbert Kitschelt (1991: 492) darauf aufmerksam gemacht, dass es eine enge Wechselbeziehung zwischen den charakteristischen Eigenheiten der jeweiligen Technik und dazu passenden Organisations- und Regelungsmustern gibt: »Technological features are one of the major factors shaping the institutions of industrial sectors.« Damit wird nahegelegt, Techniken zu klassifizieren und Techniktypen mit distinkten soziotechnischen Eigenheiten voneinander zu unterscheiden.

Zweitens werden Wirtschaftssektoren längst nicht ausschließlich oder vorrangig durch systemintern entstandene und produzierte, sondern oft durch Kombinationen intern wie extern entwickelter oder auch durch vollständig von außen kommende Technologien geprägt. In vielen Wirtschaftssektoren – etwa im Automobilsektor und im Maschinenbau, im Pharmasektor oder in Mediensektoren – gehören auch systemextern entwickelte und jeweils auf die spezifischen Bedürfnisse des Sektors zugeschnittene Technologien zu den Basistechnologien.³ Das gilt insbesondere für die zahllosen, fast überall einsetzba-

³ Dies wird deutlich, wenn man etwa Innovationen in der Automobilindustrie betrachtet. 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 circa 40 Prozent ansteigen dürfte. Obgleich viele dieser Elektronikbauteile heute noch Steuerungselemente in herkömmlichen Automobilfunktionen sind, wächst der Anteil von Informations- und Kommunikationstechno-

ren neuen Informations- und Kommunikationstechnologien. 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-, Film- oder Buchsektor).

Drittens schließlich trägt Technik nicht nur maßgeblich zur Strukturierung von Wirtschaftssektoren bei, sondern kann auch zu einem wesentlichen Impulsgeber ihres Wandels werden. Die neuen Biotechnologien beispielsweise haben seit der zweiten Hälfte der 1970er-Jahre weitreichende Veränderungen vor allem im Pharmasektor angestoßen (Dolata 1996, 2003; Barben 2007). Die Digitalisierung hat seit Anfang der 1980er-Jahre Prozesse der Dezentralisierung und Liberalisierung des Telekommunikationssektors ermöglicht, die ohne die damit verbundenen technologischen Innovationen nicht denkbar gewesen wären (Werle 1990; Dörrenbächer 1999). Und das Internet hat seit Ende der 1990er-Jahre zunächst im Musiksektor, seit Mitte der 2000er-Jahre auch im Film-, Zeitschriften- und Buchsektor radikale Restrukturierungsprozesse ausgelöst (Küng/Picard/Towse 2008; Dolata 2008a; Currah 2006, 2009; OECD 2010). Grundlegende technologische Innovationen können tief in die bestehenden Forschungs-, Produktions- und Distributionsstrukturen eines Sektors eingreifen, dort vorhandene Kompetenzen und Wissensgrundlagen entwerfen oder erweitern, Märkte verändern, zerstören oder schaffen, die Herausbildung neuer Organisationsformen und Handlungsorientierungen anstoßen, neue politische Regelungsbedarfe oder Konsumpräferenzen auslösen (Lynn/Reddy/Aram 1996; Freeman/Perez 1988; Henderson/Clark 1990). Kurz gesagt: Mit größeren Veränderungen im technologischen Profil eines Sektors verändern sich regelmäßig auch seine sozio-ökonomischen und institutionellen Grundlagen.

Vor diesem Hintergrund führt die Suche nach einem allgemeinen und statischen Technikbegriff, der der Beschreibung von Wirtschaftssektoren zugrunde gelegt werden könnte, nicht weiter. Das jeweils spezifische *technologische Profil*

logien 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).

und die sektoralen Strukturierungsleistungen von Technik lassen sich eher über differenzierende Typisierungen herausarbeiten. Ich schlage dazu die folgenden offen kombinierbaren *Klassifikationsmerkmale* vor (in Anlehnung an Dolata 2003: 93–102):

- *Typ der Technik.* Wird der jeweilige Sektor durch die Entwicklung, die Herstellung oder 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 anwendungsnahem 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 Technologien und radikale Innovationen mit weitreichenden sozioökonomischen Wirkungen oder vornehmlich durch etablierte Techniken und inkrementelle Innovationen geprägt?

Die Beantwortung dieser Fragen lässt Rückschlüsse auf das technologische Profil eines Sektors und die sektoralen Strukturierungsleistungen von Technik zu. So lassen sich zum Beispiel kapital- und organisationsintensive Großtechniken (etwa im Luft- und Raumfahrtsektor) nicht derart dezentral und marktförmig entwickeln, organisieren und nutzen wie kleinformige und anwendungs offene neue Querschnittstechnologien (wie zum Beispiel die Biotechnologie oder internetbasierte Technologien). In Sektoren, die durch wissensbasierte Technikfelder geprägt werden (wie der Pharmasektor), sind grundlagenorientierte akademisch-industrielle Interaktionsbeziehungen weitaus relevanter als in Sektoren, die wesentlich auf anwendungsorientiertem Ingenieurwissen basieren (zum Beispiel im Maschinenbau). Sektoren, in denen individuell verwendbare Alltagstechniken entwickelt und hergestellt werden (zum Beispiel in Sektoren der Unterhaltungselektronik oder der Kommunikationstechnik), werden in weit stärkerem Maße von deren eigenwilliger (Um-)Nutzung durch private Konsumenten mitgeprägt

als solche, die Groß- und Investitionsgütertechniken produzieren (wie zum Beispiel im Großanlagenbau). Anders als bereits etablierte Techniken erfordern paradigmatisch neue Technologien in aller Regel nicht nur signifikante industrielle Strukturveränderungen, sondern oft auch neuartige soziale oder ethische Bewertungen und rechtliche Regelungen – und üben einen entsprechend starken Veränderungsdruck auf die davon betroffenen Sektoren aus.

Das spezifische technologische Profil eines Sektors lässt sich anhand der vorgestellten Klassifikationsmerkmale recht genau bestimmen. Es prägt als wichtiges eigenständiges Funktionselement dessen Strukturen, Institutionen und Akteurfiguren maßgeblich mit. Das für einen Sektor charakteristische technologische Profil trägt ähnlich wie gehärtete soziale Strukturen und Institutionen zur Ausprägung distinkter Handlungs-, Organisations- und Regulierungskorridore bei. Es strukturiert und begrenzt Wahlmöglichkeiten. Dies geschieht allerdings nicht in determinierender Weise. Zum einen haben die Akteure immer Spielräume, nach geeigneten Organisations- und Institutionalisierungsmustern zu suchen, die, weit entfernt von Best-Practice- oder Isomorphie-Vorstellungen, von Land zu Land oder auch zwischen verschiedenen Unternehmen desselben Sektors durchaus variieren können – aber nicht in beliebiger Weise. Und zum anderen sind sektorale Technikprofile 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 dann in modifizierter Gestalt, als neues Set technologischer Rahmensetzungen in neuer Form auf die sektoralen Handlungsbedingungen zurück.

Soziale Kontexte: Sozioökonomische Strukturen und institutionelle Arrangements

Das jeweilige technologische Profil ist ein wichtiges und oft unterschätztes, aber nicht das einzige Funktionselement von Wirtschaftssektoren. Hinzu kommen genuin soziale Rahmenbedingungen struktureller und institutioneller Art.

Jeder Sektor zeichnet sich durch gewachsene und mit der Zeit gefestigte *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 mittelständischen Unternehmen und technologieorientierten Start-up-Firmen, die Organisationsstrukturen der Kernunternehmen sowie die typischen Muster interorganisationaler Beziehungen;

- die charakteristischen *Forschungs-, Produktions-, Distributions-, Markt- und Nachfragestrukturen*: die Organisation und Intensität industrieller Forschung und Entwicklung, die Art der Güter oder Dienstleistungen, die dort hergestellt werden, und die typischen Organisationsformen ihrer Produktion und Distribution sowie die Struktur der Nachfrage und der Zielmärkte der hergestellten Produkte (zum Beispiel Investitionsgüter- oder Endverbrauchermarkt);
- die Art der *sozioökonomischen Einbettung* des Sektors: die Verflechtung mit und die Bedeutung der Leistungen von anderen Sektoren sowie von nicht industriellen Akteuren (wie zum Beispiel Forschungseinrichtungen), die politisch-regulativen Strukturierungen des Feldes, die Bedeutung innovativer Randbereiche für die Gestalt und Reproduktion des Sektors sowie die Rolle zivilgesellschaftlicher Akteure im Feld.

Zusammengenommen lässt sich mithilfe dieser Merkmale die sozioökonomische Topografie eines Sektors erstellen. Die auf einem so umrissenen sozio-technischen Feld geltenden Spielregeln werden durch spezifische *institutionelle Arrangements* repräsentiert. Dies sind in der engen, auf Regelungsaspekte konzentrierten Auslegung des Institutionenbegriffs Sets sozialer Regeln, Normen, Konventionen, Routinen, Werte und Leitideen, die das Handeln der involvierten Akteure und ihre Beziehungen prägen und stabilisieren (North 1990, 1991; Scharpf 2000; Scott 2001). Dazu zählen neben rechtlich sanktionierbaren regulativen Rahmensetzungen (zum Beispiel in Form des Arzneimittel- und Gentechnikrechts, des Patent- und Urheberrechts oder in Gestalt von technischen Normen und Standards) auch von den Akteuren geteilte Normen und Routinen (wie zum Beispiel die Bestimmung von Zuständigkeiten, die Anerkennung von Macht-, Autoritäts- und Abhängigkeitsverhältnissen oder die Erwartung der Vertraulichkeit und Verlässlichkeit in Kooperationsbeziehungen oder politischen Aushandlungen) sowie allgemeine, den Kern des jeweiligen Sektors prägende Leitorientierungen (wie zum Beispiel die *Life-Sciences*-Ausrichtung des Pharmasektors).

Genauso wie sein charakteristisches technologisches Profil sind auch die spezifischen sozioökonomischen Strukturen und institutionellen Arrangements, die einen Sektor prägen und einen Handlungsrahmen für seine Akteure aufspannen, 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 Regelbefolgung auch deren eigenwillige Neuinterpretation, kreative Änderung oder bewusste Verletzung kennt (Ortmann 2003). In Konkurrenzausinandersetzungen oder im Zusammenhang kooperativer Interaktion, in Prozessen industrieller beziehungsweise gesellschaftlicher

Selbstregelung, in Aushandlungen zwischen staatlichen und außerstaatlichen Akteuren, in sozialen Auseinandersetzungen und Machtkämpfen oder durch hoheitliches Handeln staatlicher Instanzen werden bestehende strukturelle Rahmungen und institutionelle Arrangements beständig uminterpretiert und neu justiert, umgangen, unterlaufen und bisweilen auch aus den Angeln gehoben. Der gegebene technologische, strukturelle und institutionelle Rahmen eines Sektors (oder irgendeines anderen Feldes) stabilisiert zweifellos die dort vorfindlichen Akteurfigurationen und Interaktionsmuster und prägt die Handlungsorientierungen der Akteure. Er wird allerdings zugleich »continuously created and recreated by a great number of actors with divergent interests, varying normative commitments, different powers, and limited cognition« (Streeck/Thelen 2005: 16; auch: Mayntz/Scharpf 1995; Giddens 1984).

Für den hier interessierenden Zusammenhang heißt das: Soziotechnische Felder wie Wirtschaftssektoren zeichnen sich keineswegs grundsätzlich durch eine homogene Identität aus, also durch von allen Beteiligten frag- und klaglos akzeptierte und geteilte Strukturen, Regeln, Normen und Werte. Der Normalfall ist vielmehr, dass es unablässig kontroverse Interpretationen, Inakzeptanzen und Auseinandersetzungen zwischen den zum Teil sehr heterogenen Akteuren gibt, die oft distinkte Interessen vertreten und ihnen über sehr unterschiedliche Macht- und Einflussmöglichkeiten Nachdruck verleihen können. Dementsprechend werden Wirtschaftssektoren nicht einfach durch vorhandene Strukturen und Institutionen geprägt, denen sich die involvierten Akteure zu unterwerfen haben, sondern durch permanente, mehr oder minder weitreichende und von unterschiedlichen Interessen getragene Prozesse der Strukturierung und beziehungsweise Re-Institutionalisierung.

Dies gilt schon für Phasen vergleichsweise hoher Stabilität, in denen bestehende sektorale Strukturen und Institutionen durch die involvierten Akteure ständig reinterpretiert, neu ausgehandelt und zumeist geringfügig verändert werden (Quack 2005): etwa bei unternehmensinternen Restrukturierungen und Strategiebildungsprozessen oder im Ergebnis sektorweiter Fusions- und Akquisitionsdynamiken, über strukturelle und institutionelle Neujustierungen kooperativer Beziehungsgeflechte, über inkrementelle Verschiebungen der Produkt-, Markt- und Nachfragestrukturen oder durch Einflussnahme auf bestehende rechtliche Rahmensetzungen.

In Perioden größerer technologischer Umbrüche, die in den folgenden Kapiteln besonders interessieren, können sich die bestehenden sozioökonomischen Strukturen und institutionellen Arrangements eines Sektors auch substantiell verändern. Solche Perioden verlangen von den etablierten Akteuren oft gravierende strategische Neupositionierungen und eröffnen bis dahin nicht vorhandene Spielräume für neue Akteure sowie für eine Neuformierung von In-

teressengruppen und Machtstrukturen im Feld. Sie tragen zur Veränderung sektoraler Märkte, Konkurrenz-, Kooperations- und Verhandlungsmuster bei, können das Verhältnis von Industrie und Wissenschaft neu justieren, führen häufig zu neuen Grenzziehungen des Feldes 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 den Chemie- und Pharmasektor als Beispiel, sowohl die bis dahin dominanten Leitorientierungen des Sektors (von der chemischen Synthese zum biotechnologischen Paradigma) oder seiner Unternehmen (vom breit diversifizierten Chemiekonzern zum fokussierten Life-Sciences-Unternehmen) wie auch die 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 zur Kennzeichnungspflicht von Lebensmitteln oder zu Fragen der Ethik und der Grenzen der Biomedizin).

Typisch für derartige Umbruchperioden ist das Aufkommen grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten, deren Potenziale sich oft nicht mehr im Rahmen der bestehenden sozioökonomischen Strukturen und Institutionen entwickeln beziehungsweise ausschöpfen lassen und die deren Funktionalität mehr oder minder deutlich infrage stellen. Das erhöht zunächst die Ungewissheit und Kontingenz des Handelns und stößt Suchprozesse nach organisationalen, strukturellen und institutionellen Veränderungen an. Derartige Suchprozesse werden in aller Regel *erstens* geprägt von großen Unsicherheiten und Interpretationsspielräumen, die sich zu Beginn in unterschiedlichen und teilweise auch widersprüchlichen Problemwahrnehmungen, Strategien und Leitorientierungen niederschlagen (können) (Beckert 1996). Sie gehen *zweitens* mit relativ ausgreifenden Auseinandersetzungen und Machtkämpfen zwischen den Akteuren einher, die ihre Interessen und Strategien neu formulieren, gegen Widerstände verteidigen und gegen Konkurrenten durchsetzen müssen.⁴ Und sie gehen *drittens* oft nicht von den ökonomischen Kernen, sondern von Randbereichen, den *fringes* des jeweiligen Feldes aus.

Radically new practices that may evolve into conventions are most likely to be introduced by parties from the fringes of an interorganizational field who are looking for ways to solve

⁴ Gut dokumentiert sind die Auseinandersetzungen um den Videostandard VHS oder Betamax in den 1980er-Jahren (Cusumano et al. 1992).

the problem of realizing value from transactions. These players are the newer and/or less powerful participants, for whom experimentation is less costly in final outcomes and who are less likely to be sanctioned by more central players. [...] The powerful parties who had vested interests in the institutionalized conventions used their resources to maintain the status quo or introduced practices that confirmed established conventions. (Leblebici et al. 1991: 358; ähnlich Utterback 1996: 160–165)

Dieser Gedanke ist für die Strukturierung von Wirtschaftssektoren und für die Erfassung der Dynamiken sektoralen Wandels ausgesprochen wichtig. Gerade in Umbruchperioden verfügen Wirtschaftssektoren oft nicht (mehr) über eine von allen geteilte und homogene Identität und Struktur. Auseinandersetzungen um sozioökonomische und institutionelle Restrukturierungen bleiben meistens nicht innerhalb des etablierten sektoralen Kerns und seiner Akteure; sie werden oft dort auch gar nicht angestoßen. Entscheidende Veränderungsimpulse kommen stattdessen regelmäßig aus Randbereichen des Sektors, von Akteuren, die bis dahin nicht zu seinem Kern gehörten. An diesen Rändern der Sektoren bauen sich oft eigene Strukturen und Regeln auf, die denen des Kerns zum Teil diametral entgegenstehen – man denke nur an neue und massenhaft genutzte Formen nicht marktlichen und nicht kommerziellen Tauschs von Musik über das Internet, durch den der Kern des Sektors massiv unter Druck geraten ist (Dolata 2008a). Auch die erneuerbaren Energien beispielsweise haben sich in Deutschland lange Zeit im Schatten, am Rand des fossil-atomaren Energiesektors entwickelt und konsolidiert (Mautz/Byzio/Rosenbaum 2008). Und die neuen Biotechnologien sind zunächst an den Rändern des Pharmasektors, in der akademischen Forschung und in durch forschungsintensive Start-up-Firmen geprägten Innovationsmilieus vorangebracht worden, bevor sie vom Kern aufgegriffen wurden (Orsenigo 1989).

Wenn also, um den Punkt abzuschließen, Wirtschaftssektoren als soziotechnische Felder in Bewegung betrachtet werden, wenn ihr sozioökonomischer und institutioneller Wandel abgebildet und erklärt werden soll, dann reicht es nicht, sich auf ihren etablierten Kern und die bereits saturierten Akteure zu konzentrieren. Oft geht der Wandel gar nicht vom Kern aus, sondern kommt von innovativen Randbereichen des Feldes, an denen neue technologische Möglichkeiten zuerst ausprobiert werden, an denen sich neue, nicht selten bis dahin unbekannte Akteure formieren und an denen sich distinkte Innovationsmilieus mit eigenen Strukturen und Regeln herausbilden. In die Vermessung des jeweiligen soziotechnischen Feldes und seiner Bewegung sind also neben den sektoralen Kernstrukturen und -institutionen unbedingt auch seine oft fluiden und dynamischen Randbereiche und deren Beziehung zum Kern einzubeziehen.

Akteure und Interaktionsmuster: Kompetitive und kooperative Figurationen

Das gilt in gleichem Maße für die Akteure und Interaktionsmuster eines Feldes. Betrachtet man die »totality of relevant actors« (DiMaggio/Powell 1983: 143) eines Wirtschaftssektors, dann reicht auch die in der Regel weit über die industriellen Kernakteure hinaus. Zum Feld gehören zahlreiche soziale Akteure, die sich in feldspezifischen Figurationen aufeinander beziehen: als Produzenten, Zulieferer und industrielle Nachfrager, als Handelsunternehmen und Dienstleister, als regulierende, fördernde oder auch fordernde politische Instanzen, als marktorientierte Technologieunternehmen und technologisch versierte *sub-communities*, als Wissenschaftler und Forschungseinrichtungen, als Interessenverbände, Medien und soziale Bewegungen oder auch als Technik eigenwillig wahrnehmende beziehungsweise konsumierende Bürger und Verbraucher. Drei Typen von Akteuren lassen sich dabei unterscheiden (Dolata 2003: 21–33).

Die Reproduktion und der Wandel von Wirtschaftssektoren werden 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 Rückgrat eines jeden Wirtschaftssektors bilden: international operierende Großunternehmen mit ihren Divisionen und Tochtergesellschaften, traditionelle klein- und mittelständische Unternehmen sowie technologieorientierte Start-up-Firmen. Daneben können auch externe Unternehmen sowohl als Nachfrager wie auch als industrielle Anbieter eine wichtige Bedeutung für die Funktionsfähigkeit und den Wandel eines Sektors erlangen. Vor allem Unternehmen der verschiedenen informations- und kommunikationstechnischen Sektoren tragen mit ihren Leistungen und Angeboten heute maßgeblich zur Reproduktion und Strukturveränderung anderer Wirtschaftssektoren bei. Schließlich spielen auch nicht ökonomische korporative Akteure in sektoralen Zusammenhängen oft eine wesentliche Rolle: staatliche Instanzen mit ihren politischen Initiativen, 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 und die Medienorganisationen, die gesellschaftliche Debatten und Kontroversen rund um neue Technologien austragen und öffentlich machen. Wenn sektoraler Wandel als akteurgetragener Prozess begriffen wird, dann sind in erster Linie die strategischen Orientierungen, Ressourcen und Einflussmöglichkeiten der korporativen Akteure des Sektors zu untersuchen.

Das reicht allerdings nicht. Organisationen agieren (nicht nur) in sektoralen Zusammenhängen weder eindeutig noch einheitlich. Ihre strategischen Orientierungen entwickeln sich keineswegs als folgerichtige Reaktion auf oder als Antizipation von sich verändernden Umweltzwängen, sondern über relativ offene Suchprozesse, die wesentlich durch die Problemwahrnehmung, (Macht-)Beziehungen und Strategien ihrer (führenden) Mitglieder geprägt werden. Schlüsselpersonen spielen als *individuelle Akteure* nicht nur eine wesentliche Rolle im Entstehungsprozess neuer Organisationen. Auch Konflikte, Auseinandersetzungen und strategische Neuorientierungen innerhalb bestehender Organisationen werden in aller Regel von mit eigenen Wahrnehmungen, Interessen und Machtpotenzialen ausgestatteten Führungskräften getragen 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; Ortman 1995: 29–42). Forschungspragmatisch gewendet heißt dies, dass individuelle Akteure, personenzentrierte Beziehungen und mikropolitische Zusammenhänge dann für die Untersuchung sektoralen Wandels relevant werden, wenn die mit (technologischen) Umbrüchen einhergehenden Veränderungen in den Leitorientierungen und Schwerpunktsetzungen von Organisationen jenseits des unbefriedigenden Verweises auf notwendige organisationale Anpassungen an veränderte Umweltzwänge begriffen werden möchten, 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 Sektoren, in denen neue Produkte für Endverbrauchermärkte hergestellt werden oder deren Innovationstätigkeit gesellschaftlich umstritten ist, eine wichtige eigenständige Rolle. Das sind weder im klassischen Sinn organisierte korporative Akteure noch Individuen mit eigenständigen Gestaltungspotenzialen, sondern *lose gekoppelte und informell vernetzte Kollektive*, die entweder gar nicht organisiert sind und dann als Schwarm auftreten oder als wenig formalisierte *communities* agieren: eigenwillige Nutzer technischer Angebote (wie zum Beispiel *file sharer*) und technikskeptische Bürger (etwa gegenüber der Grünen Gentechnik), die kollektive Technikpräferenzen oder -inakzeptanzen ausbilden; technisch versierte *subcommunities*, die eigenständig alternative Techniken entwickeln und dies oft ohne kommerziellen Hintergrund tun (wie zum Beispiel Hacker oder die Open-Source-Bewegung); von Experten getragene epistemische Gemeinschaften, die mit ihrer Expertise

in technikaffine Debatten eingreifen (zum Beispiel um die Novellierung von Urheberrechten); soziale Protestbewegungen, die außerparlamentarisch gegen neue Technologien und deren Protagonisten agieren (Oudshoorn/Pinch 2003; Flowers 2008; Bauer 1995; Dacus et al. 2005; Djelic/Quack 2010; Dobusch/Quack 2010). Mit all diesen mehr oder weniger stark koordinierten und strategisch ausgerichteten Aktivitäten können die verschiedenen Akteure dieses Typs beträchtlichen Einfluss auf Technisierungsprozesse, auf die organisierten industriellen und politischen Akteure und die Performanz eines Sektors nehmen, ohne dass sie zu seinem Kernbereich zählen würden.

Auf soziotechnischen Feldern, in ihren Kern- und Randbereichen agieren Akteure unterschiedlicher Gestalt und Bedeutung, die sich immer auch in der einen oder anderen Weise aufeinander beziehen: Sie konkurrieren, sie kooperieren, sie verhandeln miteinander oder sie machen einfach etwas, das Folgen für die anderen hat. Ich unterscheide vier wesentliche *Interaktionsmuster* voneinander, die in unterschiedlicher Weise in allen Wirtschaftssektoren anzutreffen sind.

Kompetitive Interaktion. Jeder Sektor zeichnet sich natürlich durch spezifische Muster industrieller Innovations- und Modernisierungskonkurrenzen aus. Dazu zählen in unterschiedlicher Ausprägung etwa Strategien, um Forschungs- und Produktentwicklungsvorsprünge oder die Technologieführerschaft zu erlangen, Versuche, zumindest temporär neues Know-how zu monopolisieren, Schlüsselpatente zu erwerben und exklusiv zu nutzen oder Bestrebungen, für die Konkurrenz verbindliche technologische Normen und Standards zu setzen. Des Weiteren gehören dazu Initiativen, die Produktions-, Fertigungs- und Logistiksysteme zu optimieren und zu flexibilisieren sowie Strategien, die darauf zielen, die eigene Markt- und Konkurrenzposition auf angestammten Betätigungsfeldern zu verbessern oder in zukunftssträchtige neue Schlüsselmärkte einzudringen. Schließlich zählen dazu vor allem im Internet auch Auseinandersetzungen zwischen kommerziellen Angeboten und Märkten (zum Beispiel für Musiktitel, Filme, Bücher) und neuen Formen nicht marktlichen Tauschs (Currah 2007a).

Kooperative Interaktion. Typisch für jeden Sektor sind aber auch charakteristische Formen kooperativer Interaktion, die ebenfalls sehr verschiedene Ausprägungen annehmen können. Dazu zählen etwa Kooperationsbeziehungen zwischen Herstellern und Zulieferern (zum Beispiel im Automobilssektor) beziehungsweise zwischen Herstellern und Anwenderunternehmen (im Maschinenbau), großindustrielle Konsortien mit zahlreichen Unterauftragnehmern (typisch zum Beispiel für den Luft- und Raumfahrtsektor oder große Verkehrsprojekte) sowie Kooperationen zwischen Großunternehmen und technologieorientierten Start-up-Firmen oder akademisch-industrielle Kooperationen (vor allem in hochtechnologischen Sektoren wie dem Pharmasektor; Dolata 2001). Dazu zählt wiederum auch »large-scale collaboration among strangers or loosely

affiliated users«, wie sie sich vor allem rund um Kommunikationsplattformen und soziale Netzwerke im Internet ausgebildet haben (Benkler 2006: hier 84). Auch für die industrielle Forschung, Technikentwicklung und -nutzung in traditionellen Sektoren ist heute typisch: »Sources of innovation do not reside exclusively inside firms, instead, they are commonly found in the interstices between firms, universities, research laboratories, suppliers, and customers« (Powell et al. 1996: 118; auch Freeman 1991; Powell/Grodal 2005).

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, zwischen Interessenverbänden oder zwischen industriellen und zivilgesellschaftlichen Akteuren (Priddat 2009).

Zivilgesellschaftliche Interaktion. Dies ist das Interaktionsfeld nicht organisierter kollektiver Akteure – Bürger, Wähler, Konsumenten –, 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 technisch versierter *sub-communities* – beispielsweise der Open-Source-Bewegung oder nicht marktlicher Internet-Musiktauschbörsen –, die sich als nicht kommerzielle Technikentwicklungs- und -nutzergemeinschaften in eigenen Milieus oft außerhalb oder am Rande der etablierten Strukturen und Interaktionsbeziehungen bewegen und mit ihren Aktivitäten gleichwohl die etablierten Akteure und Institutionen eines Sektors unter Druck setzen und zu weitreichenden Veränderungen zwingen können.⁵

⁵ So hat der Aufschwung nicht kommerzieller Musiktauschbörsen im Internet und deren massenhafte Nutzung durch nicht organisierte, als Schwarm auftretende *file sharer* nicht nur die etablierten Musikkonzerne in eine ernste Krise gestürzt und dort massive strategische Neuorientierungen ausgelöst, sondern zugleich auch politisch-regulative Aktivitäten (zum Beispiel als Suche nach neuen urheberrechtlichen Bestimmungen für die digitale Welt) angestoßen. Die

2.3 Das Feld als Ganzes: Sektorale Regulationsmuster

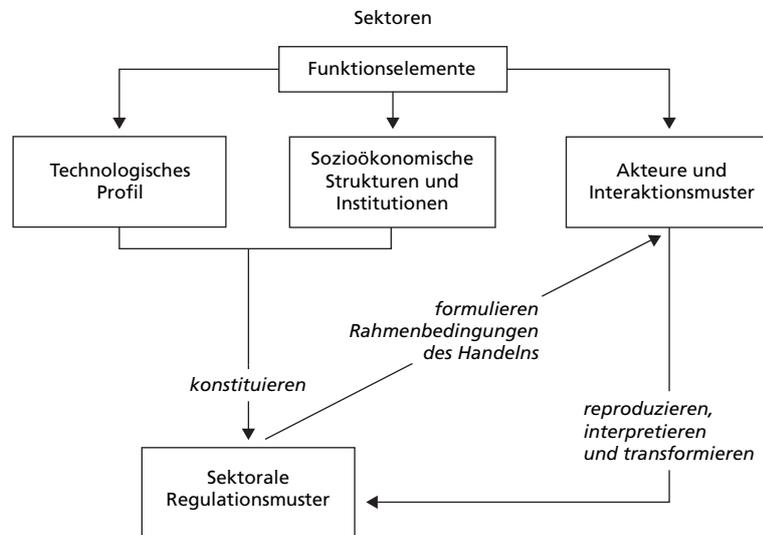
Wirtschaftssektoren zeichnen sich also durch ein ökonomisch definiertes Leistungsspektrum aus, sind allerdings, dies sollte deutlich geworden sein, mehr als Industriebranchen. Sie haben zwar ökonomische Kernstrukturen und -akteure, sind aber zugleich in vielerlei Hinsicht sozial eingebettete Felder, in denen etwa politische Akteure und Rahmensetzungen, akademische Forschungseinrichtungen und das dort produzierte Wissen sowie zivilgesellschaftliche Akteure unterschiedlichster Couleur nicht unbedeutende eigenständige Rollen spielen können. Die etablierten Kernstrukturen, -institutionen und -akteure eines Sektors prägen zwar das Feld, seine Gestalt und die dort geltenden Spielregeln. Sie werden allerdings oft umkränzt von innovativen Randbereichen: von alternativen Milieus mit eigenen Akteurfiguren, Strukturen, Regeln und Technikprojekten, die sich teils als Parallelwelten konstituieren, teils aber auch zu relevanten Herausforderern der sektoralen Kernakteure und -strukturen werden können. In technologischen Umbruchperioden kommt der Anstoß für den Wandel eines Sektors oft eher von den Rändern des Feldes als aus seiner Mitte.

Wirtschaftssektoren sind, auch dies sollte deutlich geworden sein, keine sozialen, sondern soziotechnische Felder. Sie definieren sich nicht nur über institutionelle, sondern auch über ihre technologischen Eigenheiten. Wirtschaftssektoren haben natürlich jeweils charakteristische sozioökonomische Kernstrukturen und -institutionen, die das Feld ordnen und Regeln für die Feldspieler formulieren. Sie zeichnen sich allerdings, egal ob dort eigene technologische Innovationsaktivitäten verfolgt oder vornehmlich externe technologische Angebote verwendet werden, immer auch durch spezifische Technostrukturen aus, ohne die sie nicht existenzfähig wären. Beides – die technische und die soziale Konstitution eines sektoralen Feldes – gibt es nicht unabhängig voneinander: Technik, Strukturen und Institutionen sind aufeinander bezogen; sie müssen irgendwie zueinander passen, wenn die Reproduktion eines Sektors (oder eines beliebigen anderen Feldes) funktionieren soll.

Erst aus dem Zusammenspiel des technologischen Profils und der korrespondierenden sozioökonomischen Strukturen und Institutionen ergibt sich so etwas wie die Signatur eines (sektoralen) Feldes mit typischen soziotechnischen Konstellationen, Regeln und Möglichkeiten, auf die sich die Akteure in der einen oder anderen Weise zu beziehen haben, wenn sie dort mitspielen wol-

große gesellschaftliche Inakzeptanz gegenüber der grünen Gentechnik in Westeuropa hat die Politik veranlasst, auf die anhaltenden Bedenken mit restriktiveren rechtlichen Regulierungen und Diskursangeboten zu reagieren, und die agrochemischen Konzerne dazu gezwungen, zumindest in Europa ihre Entwicklungs- und Vermarktungsstrategien für diesen Bereich grundsätzlich zu überdenken und zurückzufahren.

Abbildung 1 Wirtschaftssektoren als soziotechnische Felder



len. Diese distinkte und relativ stabile soziotechnische Strukturation, die jeden Sektor im normalen Gang der Dinge auszeichnet und – das Eingangszitat von DiMaggio und Powell leicht modifizierend – eine *recognized area of sociotechnical life* bildet, konstituiert das, was ich als *sektorales Regulationsmuster* bezeichne: einen orientierenden, aber nicht determinierenden Rahmen für das Handeln der Akteure und für ihre Interaktionsbeziehungen (Abbildung 1).

Natürlich verhalten sich die verschiedenen Akteure eines Sektors nicht passiv und unterwerfen sich bedingungslos den gegebenen Verhältnissen. Sie verfolgen eigene Interessen, verfügen über spezifische Machtpotenziale und interpretieren die geltenden Regeln und Strukturen permanent neu, modifizieren und verändern sie. Das Regulationsmuster eines Sektors, seine grundlegende technologische, sozioökonomische und institutionelle Basis ist in der Regel zwar über längere Zeiträume vergleichsweise stabil und belastbar, sonst könnte kein Sektor funktionieren. Es ist allerdings nie statisch: Es wird durch das eigenwillige und häufig überraschende Handeln der oft alles andere als homogenen Akteure schon im Normalfall beständig reproduziert oder inkrementell modifiziert und etwa im Zuge größerer technologischer Umbrüche bisweilen auch radikal verändert.

Kapitel 3

Typen von Innovationen und soziotechnischer Wandel

Mit dem, was bislang entwickelt wurde, lässt sich ein Wirtschaftssektor (oder auch ein anderer gesellschaftlicher Bereich) so, wie er sich darstellt, als soziotechnisches Feld eingrenzen und charakterisieren. Jeweils spezifische Ensembles sozialer Akteure beziehen sich über typische Interaktionsmuster aufeinander und agieren vor dem Hintergrund relativ stabiler sozioökonomischer und technologischer Bedingungen, die die wesentlichen Grundlagen ihrer Handlungsfähigkeit und -orientierungen bilden und als sektorale Regulationsmuster bezeichnet worden sind.

Viel Bewegung ist da allerdings noch nicht zu erkennen – jedenfalls keine, die über die (natürlich immer die eine oder andere kleinere Veränderung mit sich bringende) Reproduktion der bestehenden Verhältnisse hinausreichen würde. Mit dem vorgestellten Satz an analytischen Kategorien und Zusammenhängen (zusammengefasst in Abbildung 1) lässt sich zwar durchaus einiges anstellen. Man kann damit den zu untersuchenden Sektor als soziotechnisches Feld erkunden und vermessen. Man kann damit auch Vergleiche zwischen mehreren Sektoren anstellen: charakteristische Eigenheiten, Unterschiede, Gemeinsamkeiten herausarbeiten, Typologien bilden. Man kann damit schließlich auch die einfache Reproduktion eines Sektors darstellen: die typischen Formen und Mechanismen seiner routinierten Bewegung unter gegebenen Bedingungen, also den normalen Gang der Dinge.

Mit dem, was bislang entwickelt wurde, lassen sich dagegen keine außergewöhnlichen Dynamiken und Restrukturierungen, keine wodurch auch immer ausgelösten Prozesse tief greifenden Wandels, Perioden radikaler Umbrüche und gravierender Veränderungen analysieren und erklären, in denen die bestehenden Architekturen und Regulationsmuster eines Sektors nicht mehr unumstritten sind und den Lauf der Dinge vergleichsweise eindeutig bestimmen, sondern zum Teil erosionsartig an Relevanz und Legitimität verlieren, grundlegend erneuert oder gar in großem Stil ausgetauscht und durch neue ersetzt werden. Derartige Transformationsperioden, also Phasen einschneidender Veränderungen und substanziellen Wandels der Akteure, Institutionen und Strukturen eines Sektors sind nun aber genau das, was im Folgenden interessiert und im Zentrum

der Aufmerksamkeit stehen wird. Wann und wodurch können stabile und funktionierende Sektoren aus ihrer vorhandenen Fassung geraten? Was löst Perioden substanziellen sektoralen Wandels aus? Wodurch werden derartige Umbruch- und Transformationsperioden geprägt und wie vollziehen sie sich? Lassen sich typische Muster, Varianten und Verlaufsformen sektoraler Transformation aufspüren? Und natürlich: Wie, mit welchen Kategorien und Mechanismen lassen sich solche den normalen Gang der Dinge sprengenden Prozesse und Dynamiken analysieren und auf den Punkt bringen?

Das alles sind Fragen von sehr allgemeiner und grundsätzlicher Bedeutung, auch wenn sie hier am Gegenstand von Wirtschaftssektoren behandelt werden, die durch technologische Innovationen unter Veränderungsdruck geraten. Es geht um nichts weniger als um die Suche nach Mechanismen, Varianten und Verlaufsformen substanziellen Wandels, der mehr als die Sicherung vorhandener Zustände durch inkrementelle Veränderungen ist und weniger als ein *Big Bang*, der schlagartig alle bisherigen Strukturen und Regelungen außer Kraft setzt und Platz für das völlig Neue macht.

3.1 Ausgangspunkte: Typen und Wirkungen von Innovationen

Die Anstöße für sektoralen Wandel können sehr unterschiedlich sein. Dazu zählen ökonomische Dynamiken wie etwa Fusions- und Akquisitionswellen, die den Konzentrationsgrad eines Sektors erhöhen, seine Akteurfigurationen umsortieren, bestehende Konkurrenzkonstellationen neu ordnen und die Konstitution der Märkte beeinflussen. Dazu gehören am anderen Ende auch nachhaltige Veränderungen von Konsumpräferenzen oder von politischen und gesellschaftlichen Problemwahrnehmungen, auf die die betroffenen Sektoren mit strategischen Neuausrichtungen zu reagieren haben.

Neben ökonomischen, politischen oder zivilgesellschaftlichen Anstößen sind auch technologische Innovationsdynamiken und Umbrüche prominente Einflussfaktoren sektoraler Wandlungsprozesse. In ihrer mittlerweile klassischen Typologie haben Christopher Freeman und Carlota Perez (1988: 45–47) vier konstitutive *Typen von Innovationen* herausgearbeitet und ihnen unterschiedlich weitreichende sozioökonomische Wirkungen zugeordnet:

- *Inkrementelle Innovationen (incremental innovations)* entstehen kontinuierlich in jedem Industrie- beziehungsweise Dienstleistungssektor, verbessern deren Produkte oder erhöhen deren Produktivität, haben allerdings nur geringe Ef-

- fekte sowohl auf den Wandel der vorhandenen Produkte und Verfahren als auch auf die etablierten Industriestrukturen, Organisationsmuster und Institutionen. Der Katalysator für Autos ist hierfür eins von zahllosen Beispielen.
- *Radikale Innovationen (radical innovations)* entstehen demgegenüber 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 Wirkungen begrenzt. Die Entwicklung von Nylon oder die Anti-Baby-Pille werden als Beispiele für derartige Innovationen angeführt.
 - Den Ausgangspunkt eines *Wandels technologischer Systeme (changes of technology system)* bilden weitreichende Umbrüche eines Technikfeldes durch eine größere Zahl zusammenhängender radikaler Innovationen, die die Strukturen und Institutionen mehrerer Wirtschaftssektoren berühren und verändern oder die Herausbildung neuer Sektoren begünstigen sowie die involvierten Akteure zu signifikanten organisatorischen und strategischen Anpassungsprozessen zwingen. Die neuen Biotechnologien mit einschneidenden Wirkungen vor allem auf die pharmazeutische und agrochemische Industrie lassen sich diesem Typ zuordnen.
 - *Veränderungen technoökonomischer Paradigmen (changes in techno-economic paradigm)* schließlich sind in ihren sozioökonomischen Wirkungen so weitreichend, dass sie nicht nur zu einer Vielzahl neuer Produkte, Verfahren und Dienstleistungen führen, sondern direkt oder indirekt nahezu jeden Wirtschaftssektor und die Gesellschaft insgesamt substanziell herausfordern und zu ihrer Entwicklung, Nutzung und Verbreitung ein neues Set an strukturellen und institutionellen Rahmenbedingungen benötigen. Neue universell einsetzbare Informations- und Kommunikationstechnologien gelten hierfür als paradigmatischer Fall.

Eine solche Periode grundlegenden soziotechnischen Wandels ist seit Ende der 1970er-Jahre im Gange: eine jener seltenen historischen Phasen, in denen die wissenschaftliche und technologische Basis der entwickelten kapitalistischen Gesellschaften in weiten Bereichen grundlegend neu definiert wird. In ihrem Zentrum stehen die gesellschaftsweite Verbreitung und anhaltend radikale Weiterentwicklung neuer Informations-, Kommunikations- und Vernetzungstechnologien. Hinzu kommt mit der Gentechnik ein zweites Technologiecluster, das die gezielte Rekombination von Naturprozessen unterschiedlichster Art ermöglicht.

Derart einschneidende wissenschaftliche und technologische Umbrüche gehen immer auch mit weitreichenden sozioökonomischen Restrukturierungen einher. In ihrem Umfeld entstehen neue Märkte mit neuen Regeln. Industrie-

und Dienstleistungsstrukturen verändern sich, neuartige Konkurrenz- und Kooperationsmuster bilden sich heraus. Etablierte Akteure sind gefordert, ihre Organisationsstrukturen und Handlungsorientierungen neuen Gegebenheiten anzupassen. Regelmäßig betreten darüber hinaus neue akzentsetzende Akteure (wie zum Beispiel Microsoft und Intel in der Computer- und Halbleiterindustrie, Apple in der Unterhaltungselektronik und Musikindustrie, Amgen in der pharmazeutischen Industrie oder Amazon im Handel) die Bühne und verschieben bestehende Akteurfigurationen und Machtverhältnisse zum Teil signifikant. Lebensstile, Konsummuster und Kommunikationsstrukturen geraten in Bewegung. Und oft werden neuartige rechtlich-regulative Rahmensetzungen erforderlich, die auf die Eigenheiten der neuen Technologien zugeschnitten sind (Dolata/Werle 2007).

Typisch für den soziotechnischen Umbruch seit Ende der 1970er-Jahre ist nun zweierlei. Er lässt sich *zum einen* als markanter Einschnitt oder als Zäsur charakterisieren: als tief greifender Wandel der über längere Zeit vergleichsweise stabilen soziotechnischen Strukturen und Regeln, die weite Teile der Wirtschaft und Gesellschaft bis dahin geprägt haben. Er lässt sich *zum anderen* aber auch als zeitlich gestreckter und schrittweiser Restrukturierungsprozess beschreiben: als längere Periode, die geprägt wird durch eine anhaltend hohe Innovationsdynamik mit radikalen Neu- beziehungsweise Weiterentwicklungen von Wissen und Technologien sowie durch die damit einhergehende Suche nach dazu passenden Organisationsformen, Interaktionsmustern, Strukturen und Regeln (Dolata 1992: vor allem 215–241). Das ist keine abrupte und radikale Veränderung bestehender Verhältnisse in kurzer Frist. Das ist aber auch kein unmerkliches Hineingleiten in einen irgendwann dann substanziell neuen Zustand.

3.2 Annäherungen: *Periods of mismatch* und *transition pathways*

In der innovationsökonomischen Literatur wurde dieser einschneidende soziotechnische Umbruch bereits Ende der 1980er-Jahre als *period of mismatch* bezeichnet. Freeman und Perez (1988) haben damals, ähnlich wie kurze Zeit später Herbert Kitschelt (1991) betont, 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. Neue technologische Möglichkeiten lassen sich nun, je einschneidender sie sind, desto weniger im Rahmen der etablierten Organisationsmuster, Strukturen und Institutionen angemessen entwickeln und nutzen. Derart gravierende technologische

Umbrüche führen vielmehr 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 mit einschneidenden Anpassungskrisen (*major crisis of adjustment*) einhergehen: längeren Phasen der Suche nach, des Experimentierens mit und der interessegeleiteten Auseinandersetzung um neue Strukturen und institutionelle Arrangements, die zu den neuen Technologien passen. Im Ergebnis derartiger Anpassungsprozesse und -krisen kommt es schließlich zu einem neuen funktionsfähigen Verhältnis 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; Bender 2006).

Diese Stilisierung soziotechnischer Transformationsprozesse bildet einen wichtigen Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen zum technikinduzierten sektoralen Wandel – weil Technik dort nicht losgelöst von den sozioökonomischen Kontexten betrachtet wird, in denen sie entwickelt und genutzt wird, weil größere technologische Umbrüche und substantielle Veränderungen organisationaler, struktureller und institutioneller Rahmenbedingungen in Bezug zueinander gesetzt werden und weil betont wird, dass derartige Neustrukturierungen als »period of considerable confusion« (Henderson/Clark 1990: 12) längere Zeit in Anspruch nehmen, bevor sich ein neuer und vergleichsweise stabiler *match* zwischen Technik und sozioökonomischem Kontext herausgebildet hat. Die Stilisierung bleibt gleichwohl in verschiedener Hinsicht unbefriedigend. Sie hat *erstens* einen starken ökonomischen Bias. Soziale Kontexte und Veränderungen im Rahmen technologischer Umbrüche bleiben unterbelichtet. Sie bezieht sich *zweitens* vornehmlich auf die Metaebene von Wirtschaftssystemen oder Gesellschaften. Differenzierende, etwa unterschiedliche sektorale Wirkungen neuer Technologien geraten damit aus dem Blick. Und sie bleibt *drittens* vage in der Beantwortung der Fragen nach konkreten Verlaufsformen derartiger *periods of mismatch* und nach typischen Mustern beziehungsweise Varianten soziotechnischer Transformation.

Einige dieser offenen Fragen sind von der neueren soziotechnischen Transformationsforschung aufgegriffen worden. Dort wird versucht, unterschiedliche *transition contexts* zu identifizieren und – darauf aufbauend – alternative *sociotechnical transition pathways* herauszuarbeiten und voneinander abzugrenzen (Smith/Stirling/Berkhout 2005; Geels/Schot 2007; Geels/Kemp 2007; Geels 2007). Adrian Smith, Andy Stirling und Frans Berkhout (2005) etwa haben ein Modell vorgestellt, das die konkrete Form des Wandels eines soziotechnischen Regimes aus dem Zusammenspiel von zwei Prozessen erklären möchte: dem Selektionsdruck,

dem ein Regime wodurch auch immer ausgesetzt ist und seinen adaptiven Fähigkeiten, also seinen Kapazitäten und Ressourcen, mit denen es auf den Selektionsdruck reagieren kann. »We understand regime change to be a function of two processes: 1. Shifting selection pressures bearing on the regime. 2. The coordination of resources available inside and outside the regime to adapt to these pressures« (Smith/Stirling/Berkhout 2005: 1494). Der Selektionsdruck, dem ein Regime ausgesetzt ist, kann so unterschiedlich ausgeprägt sein wie die Wahrnehmung und Verarbeitung dieses Drucks. »More adaptive regimes will be those whose membership can most effectively reproduce regime functions in the face of prevailing selection pressures.« Und umgekehrt: »When the adaptive capacity of the regime is weak, it can be outside groups who build-up the functions that generate the alternatives needed for change« (ebd.: 1496). Je nachdem, wie der Selektionsdruck auf ein Regime und seine Adaptionsfähigkeit zusammenspielen, ergeben sich unterschiedbare Transformationsvarianten (ähnlich Geels/Schot 2007).

Systematisch ausgearbeitet worden sind diese Überlegungen bislang allerdings nicht. Jenseits beispielhafter Plausibilisierungen bleibt unklar, wodurch Selektionsdruck entsteht, was ihn ausmacht und wie er auf ein soziotechnisches Regime wirkt. Dasselbe gilt für die adaptiven Fähigkeiten eines Regimes. Sie werden einmal als stark und einmal als schwach ausgeprägt beschrieben, ohne dass klar würde, warum und wann das eine oder das andere der Fall ist. Schließlich bleiben auch die vorgenommenen Typisierungsversuche eines Regimewandels unbefriedigend. Die vorgestellten Varianten werden nicht systematisch aus dem Zusammenspiel von Selektionsdruck und adaptiven Fähigkeiten hergeleitet und idealtypisch voneinander abgegrenzt. Gleichwohl lässt sich auch an diese Überlegungen anknüpfen. Insbesondere die Grundidee, dass sich soziotechnische Transformationsprozesse über das Zusammenspiel eines wie immer genau bestimmten Veränderungsdrucks (*selection pressure*) und der wie immer genau bestimmbaren Möglichkeiten des untersuchten Feldes (Regimes, Sektors), diesen Druck wahrzunehmen, aufzugreifen und zu verarbeiten (*adaptive capacity*), konkretisieren, kommt dem, was ich im Folgenden entwickeln werde, bereits recht nahe.

3.3 Präzisierungen: Eingriffstiefe, Adaptionsfähigkeit, graduelle Transformation

Wenn der analytische Fokus auf technikinduzierte *sektorale* Wandlungsprozesse ausgerichtet wird, dann geraten unterhalb der allgemeinen und unspezifischen Rede von *periods of mismatch* unterschiedliche Möglichkeiten, Varianten und Ver-

laufsformen soziotechnischer Transformation ins Blickfeld. *Zum einen* zeigt sich sofort, dass auch universell, wirtschafts- beziehungsweise gesellschaftsweit nutzbare neue Technologien sehr verschiedene Auswirkungen auf die strukturellen und institutionellen Gefüge unterschiedlicher Sektoren haben können. Der durch das Internet ausgelöste sektorale Veränderungsdruck beispielsweise ist im Musiksektor und in anderen Mediensektoren weit größer als etwa in der Automobilindustrie (BRIE-IGCC E-economy Project 2001). Ähnliches gilt auch für die sehr verschiedenen (potenziellen) sektoralen Wirkungen der Nanotechnologie (Heinze 2006; Wullweber 2010). *Zum anderen* wird schnell deutlich, dass dieser technologische Veränderungsdruck je nach den etablierten strukturellen und institutionellen Gegebenheiten eines Sektors und den dominierenden Handlungsorientierungen seiner Akteure sehr verschieden wahrgenommen und verarbeitet werden kann. Die Entwicklung und Nutzung der neuen Biotechnologie im Pharmasektor zum Beispiel traf Ende der 1970er-, Anfang der 1980er-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 unterschiedlichen Transformationsmustern und -verläufen desselben Sektors niedergeschlagen (für die pharmazeutische Biotechnologie: Henderson/Orsenigo/Pisano 1999; Dolata 2003; allgemein auch: Hollingsworth/Streeck 1994; Mowery/Nelson 1999). *Drittens* schließlich zeigt sich auch dort, wo der technologische Veränderungsdruck auf einen Sektor groß ist, dass auch radikaler Wandel schrittweise erfolgt und sich über einen längeren Zeitraum hinzieht, bis sich eine neue tragfähige soziotechnische Konstellation herausgebildet und stabilisiert hat. Die wesentlich durch das Internet angestoßene Transformation der Musikindustrie und anderer Mediensektoren, aber auch die sukzessiven Veränderungen des Pharmasektors durch die Biotechnologie sind dafür typische Beispiele (Dolata 2003, 2008a).

Vor diesem Hintergrund wird auf den folgenden Seiten ein *theoretischer Ansatz soziotechnischen Wandels* entwickelt und an empirischen Beispielen konkretisiert, mit dem sich Ausmaß, typische Varianten und Verlaufsformen technikinduzierten sektoralen Wandels analysieren und erklären lassen.¹ Er basiert auf drei zusammenhängenden Konzepten (Abbildung 2).

- Mit dem ersten Konzept der *sektoralen Eingriffstiefe* neuer Technologien, also der (substanziellen beziehungsweise ergänzenden) Bedeutung, die sie für den jeweiligen Sektor haben, lässt sich der sektorale Veränderungsdruck, den neue technologische Möglichkeiten erzeugen, identifizieren (Kapitel 4).

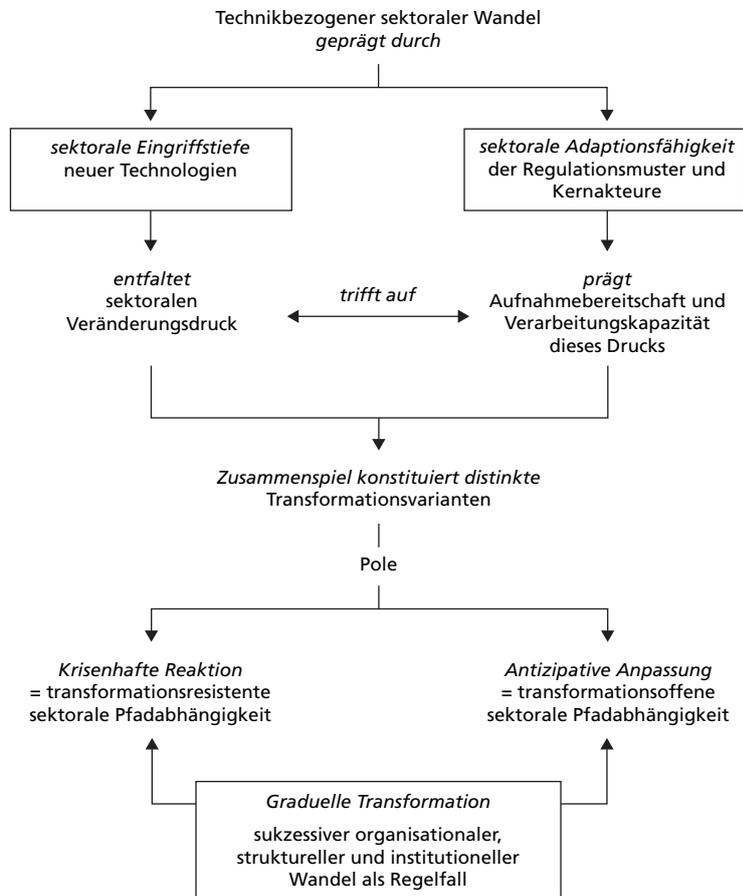
¹ Erste Überlegungen dazu finden sich in Dolata (2008, 2009).

- Mit dem zweiten und komplementären Konzept der *sektoralen Adaptionsfähigkeit* lassen sich die sektorale Aufnahmebereitschaft und Verarbeitungskapazität dieses Drucks, die durch die jeweils bestehenden Regulationsmuster und dominierenden Handlungsorientierungen geprägt werden, analysieren (Kapitel 5).
- Mit dem dritten Konzept werden Prozesse sektoralen Wandels in Weiterentwicklung der Arbeiten von Kathleen Thelen und Wolfgang Streeck (Thelen 2003; Streeck/Thelen 2005) als *graduelle Transformation*, also als schrittweise Annäherung an einen neuen soziotechnischen *match* abbildbar (Kapitel 6).

Die (potenzielle) Reichweite technikinduzierter sektoraler Restrukturierungen hängt, so das *erste Konzept*, zunächst davon ab, in welchem Ausmaß neue technologische Möglichkeiten die Funktions- und Reproduktionsbedingungen des jeweiligen Sektors berühren. Auch grundlegend neue Technologien (wie zum Beispiel das Internet) können in einigen Sektoren lediglich inkrementelle Veränderungen anstoßen, ohne deren strukturelle und institutionelle Grundlagen oder die Handlungsorientierungen ihrer etablierten Akteure insgesamt in einschneidender Weise zu beeinflussen und infrage zu stellen. Dies gilt etwa für die Integration internetbasierter Technologien in die Produktionsstrukturen und Kooperationsbeziehungen der Automobilindustrie. Dieselben Technologien können in anderen Sektoren aber auch in den Rang neuer Basistechnologien hineinwachsen, deren umfassende Nutzung für die künftige Reproduktion des Sektors und seiner Akteure konstitutiv wird und damit zu zentralen Impulsgebern einer weitreichenden sektoralen Restrukturierung werden. Der durch die Digitalisierung, Datenkomprimierung und das Internet angestoßene Wandel des Musiksektors und anderer Medienbereiche ist ein solcher Fall. Kurz gesagt: Je relevanter eine neue Technologie oder ein Bündel neuer und komplementärer Technologien für die künftige Reproduktion eines Sektors werden und je weniger sie in den Rahmen des dort etablierten Regulationsmusters eingepasst werden können, desto größer wird der Veränderungsdruck, den sie auf die bestehenden sozio-ökonomischen Strukturen, Institutionen und Akteure ausüben. Ich bezeichne diesen Zusammenhang als *sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien*.

Daraus lassen sich allerdings keine eindeutigen sektoralen Restrukturierungslogiken und -muster ableiten. Wie mit einem gravierenden Veränderungsdruck umgegangen wird, der sich durch substanziell neue technologische Möglichkeiten aufgebaut hat und welche konkreten Muster der sektorale Wandel annimmt, das hängt, so das *zweite Konzept*, davon ab, wie neue Technologien und ihre Potenziale dort wahrgenommen und aufgegriffen werden. Das nenne ich *sektorale Adaptionsfähigkeit*. Auch die kann unterschiedlich ausgeprägt sein. Grundsätzlich können sich Sektoren und ihre etablierten Akteure durch eine

Abbildung 2 Technikinduzierter Wandel: Analytische Kernkategorien



strukturelle, institutionelle und organisationale Offenheit auszeichnen, die eine frühe Wahrnehmung und proaktive Aneignung auch grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten begünstigt. Die sektorale Restrukturierung erfolgt dann in der Regel nicht als späte Reaktion auf einen exogenen Schock und als krisenhafter Umbruch, sondern als gerichteter und von den etablierten Akteuren weitgehend kontrollierter Wandel. Sektoren können sich aber auch – dies ist das andere Ende des Möglichen – durch eine starke Strukturpersistenz auszeichnen, die eine vom Kern des Sektors ausgehende und durch ihn kontrollierte Restrukturierung behindert. Dies ist dann der Fall, wenn der Sektor durch fest gefügte

und alternativlose Strukturen, Regeln und Leitvorstellungen geprägt wird, die der Garant des bisherigen Erfolgs der etablierten Akteure gewesen sind und an denen diese ihr strategisches Handeln exklusiv ausgerichtet haben. Dadurch werden frühe Wahrnehmungen und die proaktive Annahme neuer technologischer und damit einhergehender sozioökonomischer Herausforderungen blockiert und zugleich krisenhafte und unkontrollierte Restrukturierungen wahrscheinlich, die dann im Regelfall von neuen oder von sektorexternen Akteuren vorangebracht werden.

Durch neue technologische Möglichkeiten angestoßene Prozesse sektoralen Wandels verlaufen allerdings auch dort, wo der Veränderungsdruck gravierend ist, nicht als drastische Umbrüche in kurzen Fristen, die schnell durch eine neue Periode struktureller und institutioneller Kontinuität abgelöst werden. Zum einen hat auch gravierender sektoraler Wandel eine zeitliche Dimension: Die bestehenden strukturellen und institutionellen Grundlagen von Sektoren lassen sich nicht einfach austauschen, sondern erneuern sich sukzessive in Such- und Selektionsprozessen, in Konkurrenzauseinandersetzungen und Machtkämpfen. Und zum anderen führen anhaltende technologische Entwicklungsdynamiken auf hohem Niveau immer wieder zu neuen Möglichkeiten, Problemkonstellationen und Unsicherheiten, eröffnen Spielräume für neue Akteure, setzen die etablierten unter Veränderungsdruck und verschieben bestehende Konkurrenz- und Kooperationsmuster, konstituieren in schneller Folge neue Arenen, in denen Macht- und Einflusskämpfe ausgetragen werden, verlangen die regelmäßige Anpassung rechtlich-regulativer Rahmenseetzungen und evozieren Veränderungen in den gesellschaftlichen Problemwahrnehmungen und Konsummustern. Technikinduzierter sektoraler Wandel nimmt unter diesen Bedingungen typischerweise die Gestalt langfristiger, ein oder zwei Jahrzehnte andauernder soziotechnischer Such- und Selektionsvorgänge an, die das Regulationsmuster und die Akteurfigurationen eines Sektors gravierend verändern können – allerdings nicht in Form einmaliger und radikaler Brüche, sondern als Resultat einer Vielzahl schrittweiser organisationaler, struktureller und institutioneller Veränderungen. Das bezeichne ich als *graduelle Transformation*.

Kapitel 4

Neue Technologien und ihre sektorale Eingriffstiefe

4.1 Strukturierungsleistungen von und Transformationsimpulse durch Technik

Dass Techniken in vielfältiger Weise in gesellschaftliche Verhältnisse eingreifen, ist offenkundig. Sie sind mit all ihren Facetten – als Artefakte und Systeme, als Infrastrukturen und Netzwerke, als Programme, Methoden oder Verfahren – ein allgegenwärtiger und konstitutiver Teil moderner Gesellschaften, durch den ihre sozialen Beziehungen ganz wesentlich mitstrukturiert werden. Das Auto beispielsweise prägt nicht nur Verkehrsinfrastrukturen, Mobilitätsmuster und Lebensstile, sondern auch die städtische und ländliche Raumordnung. Moderne Informationstechniken tragen nicht nur zur Strukturierung sozialer Kommunikation der unterschiedlichsten Art bei, sondern sind auch eine zentrale Grundlage industrieller Produktions- und Vernetzungsstrukturen, der Organisation der staatlichen Verwaltung, der Überwachung und Kontrolle des öffentlichen Lebens oder der Kriegsführung. Ohne moderne Informations- und Kommunikationstechniken würden globale Finanzmärkte nicht funktionieren. Und ohne funktionierende Energieversorgungssysteme wäre das ökonomische und das soziale Leben undenkbar – man stelle sich nur die Auswirkungen eines schlichten Stromausfalls vor.

Moderne Gesellschaften werden aber nicht nur durch bestehende und funktionierende Techniken mitgeprägt. Technologische Innovationen sind darüber hinaus ein wesentlicher Einflussfaktor ihres Wandels. Neue Informations- und Kommunikationstechnologien, das Internet oder die Biotechnologie, aber auch Umbrüche im Bereich bestehender Energie-, Versorgungs-, Verkehrs- und Vernetzungstechnologien haben zum Teil beträchtliche sozioökonomische und institutionelle Auswirkungen. Grundlegend neue oder auch substanziell erneuerte Technologiefelder können beispielsweise zum Wandel von Industrie- und Infrastrukturen beitragen, Kooperationsbeziehungen und Konkurrenzverhältnisse neu strukturieren, neue Marktpotenziale und Märkte eröffnen, das Verhältnis von Wirtschaft und Wissenschaft verschieben, als intelligente oder interaktive Technologien neuartige Beziehungsmuster zwischen Mensch und Technik kon-

stituieren, Lebensweisen und Konsummuster beeinflussen oder auch grundlegend neue politische und rechtliche Regulierungsrahmen erfordern.

Technik strukturiert also soziale Verhältnisse nicht nur mit. Neue Technologien tragen auch ganz wesentlich zu deren Veränderung bei. Ich werde mich zunächst mit diesen beiden Wirkungsebenen – den Strukturierungsleistungen bestehender Techniken und den von neuen Technologien ausgehenden Transformationsimpulsen – befassen und daran anschließend erste Überlegungen zum sozialen Veränderungsdruck formulieren, den neue technologische Möglichkeiten entfalten können.¹

Strukturierungsleistungen von Technik

Die Bedeutung von Technik in entwickelten Gesellschaften ist in der Literatur immer wieder und auf recht unterschiedliche Weise thematisiert worden. Drei grundlegende konzeptionelle Ansätze lassen sich voneinander unterscheiden: Technik wird wahlweise als eigenständiger Handlungsträger (Akteur), als wesentliche Struktur (System) oder als Institution (Regel) beschrieben, wobei die Abgrenzungen zwischen den beiden hier vor allem interessierenden Einordnungen – Technik als Struktur beziehungsweise als Institution – nicht besonders trennscharf sind.

Vorstellungen von *Technik als Akteur* finden sich vor allem in sozialkonstruktivistisch orientierten Arbeiten und in solchen Studien, die dem Actor-Network-Ansatz verbunden sind. Für sie ist typisch, dass neben sozialen Akteuren auch technischen Artefakten Akteurqualitäten zugerechnet werden, selbst wenn konzediert wird, dass sie »means to achieve human ends«, also in gewisser Weise Instrumente und Werkzeuge sind (Schulz-Schaeffer et al. 2006: 3).

Das Spektrum entsprechender Konzeptualisierungen ist breit. Es reicht von einer radikalen Symmetrisierung menschlicher und nicht menschlicher Akteure, die als gleichrangig behandelt werden (Latour 1995), über die Vorstellung des Mithandelns von Technik oder des Zusammenhandelns beider Akteurgruppen (Rammert/Schulz-Schaeffer 2002) bis zur Betrachtung von Technik als einem fiktiven Akteur (Werle 2002). Entsprechend uneinheitlich werden derartige Konzepte verwendet und die Einflussmöglichkeiten des (fiktiven) Akteurs Technik auf soziale Beziehungen und Verhältnisse beschrieben. Bruno Latour etwa betont in seiner sehr weiten Fassung, dass »any thing that does modify a state of affairs by making a difference is an actor. [...] Thus, the questions to ask about any agent are simply the following: Does it make a difference in the course of

¹ Die folgenden Ausführungen basieren zum Teil auf einem von Raymund Werle und mir gemeinsam verfassten Aufsatz (Dolata/Werle 2007a).

some other agent's action or not?» (Latour 2005: 71). Damit wird auch der Hammer zum Akteur, weil es einen Unterschied macht, ob man einen Nagel mit oder ohne Hammer in die Wand zu schlagen versucht. Neuere empirische Untersuchungen zu modernen Informationstechniken fokussieren den Blick dagegen auf intelligente Techniken wie Software-Agenten oder Roboter. Diese lassen sich, so wird argumentiert, nicht mehr auf eine passive Objektrolle reduzieren, sondern sind aktiv, interaktiv oder intelligent geworden. Sie sind in ihren Handlungsabläufen nicht mehr gänzlich (etwa durch Vorprogrammierung) festgelegt (Rammert 2003; Burkhard 2003; Christaller/Wehner 2003) oder erscheinen als Interaktionspartner in *Face-to-Screen*-Situationen (Knorr-Cetina/Bruegger 2002).

In der einen oder anderen Weise treten Techniken in all diesen Konzeptualisierungen als eigenständige Handlungsträger neben menschliches Handeln, mit dem sie auf neuartige Weise zusammenspielen. Entsprechende Untersuchungen konzentrieren sich in aller Regel auf die Mikroebene nunmehr zwischen menschlichen und nicht menschlichen Akteuren verteilten Handelns. Sie beschäftigen sich dagegen kaum mit möglichen Auswirkungen auf größere gesellschaftliche, teilsystemische oder sektorale Strukturen und Institutionen und sind daher für den hier verhandelten Gegenstand nur am Rande interessant.

Vorstellungen von *Technik als Struktur oder System* stellen demgegenüber deren Effekte auf der Meso- beziehungsweise Makroebene heraus. Der Kerngedanke ist hier, dass einmal geschaffene technische Strukturen oft nur noch schwer änderbar sind und ähnlich wie fest gefügte soziale Strukturen einen über lange Zeit wirksamen und prägenden Einfluss auf soziale Verhältnisse und soziales Handeln ausüben.

Dieser Gedanke findet sich etwa in älteren Organisationstheorien, aber auch in der aus der materialistischen Theorietradition kommenden industriesoziologischen Forschung (Kern/Schumann 1970; Bravermann 1977; Perrow 1984; Winner 1985). Dort wird argumentiert, dass über technische Arrangements soziale Effekte auf Dauer gestellt werden. Langdon Winner (1985) spricht in diesem Zusammenhang von strukturellen technischen Arrangements als Ordnungsform: Die vorhandenen technischen Strukturen üben Einfluss auf die unterschiedlichsten Lebensbereiche aus – egal, ob dies zunächst intendiert war oder nicht. Die prägende Wirkung von Technik auf die Strukturen von Unternehmen und von ganzen Sektoren ist auch ein Thema klassischer wie jüngerer Studien zu netzgebundenen technischen Infrastruktursystemen wie der Eisenbahn, der Elektrizitätsversorgung oder des Telefons (Chandler 1977; Hughes 1983; Smith 1985; Mayntz/Hughes 1988; Mayntz 1993). Dort wird nicht nur darauf hingewiesen, dass diese Systeme »both socially constructed and society shaping« sind (Hughes 1987: 51). Es wird auch gezeigt, dass neben unternehmensstrategischen Aspekten vor allem spezifische, mit einer großflächigen Aus-

dehnung der Systeme verbundene technische Erfordernisse, wie zum Beispiel die Kompatibilität der zahlreichen Komponenten oder der hohe Kapital- und Organisationsaufwand, die Entstehung distinkter Strukturen, wie zum Beispiel hierarchische Großorganisationen und sektorale Monopole, begünstigt haben (Schmidt/Werle 1998).

Auch Konzepte wie *momentum* (Hughes 1983) oder *lock-in* (Arthur 1989; David 1992) verweisen darauf, dass einmal etablierte technische Strukturen zusammen mit gesellschaftlichen Wohlfahrts-, Nützlichkeits- und Wünschbarkeitsvorstellungen soziotechnische Konstellationen mitgeformt und stabilisiert haben, die sich ohne neue und durchgreifende technologische Innovationen kaum mehr substantiell ändern lassen. Dabei lösen auch grundlegend neue Technologien als solche zwar nicht zwangsläufig entsprechend radikale Veränderungen der bestehenden soziotechnischen Konstellationen aus, schaffen aber Möglichkeiten für einen Wandel, die es ohne sie nicht gegeben hätte (Schneider 2001; Rohracher 2007; Mayntz 2009). So haben beispielsweise auf der Mikro- und Optoelektronik aufsetzende technologische Umbrüche Prozesse der Dezentralisierung und Liberalisierung des Telekommunikationssektors ermöglicht, die ohne diese technologischen Innovationen nicht denkbar gewesen wären (Werle 1990). Konzeptionen von Technik als Struktur oder System verweisen damit auf technisch geprägte Möglichkeitsräume. Während etablierte Techniken zur Verfestigung handlungsregelnder soziotechnischer Strukturen beitragen, die nicht ignoriert werden können, entstehen mit neuen Technologien neue Handlungsmöglichkeiten und optionale Entwicklungskorridore.

Vorstellungen von *Technik als Institution* schließlich betonen ihre regelsetzende, das individuelle, organisationale und kollektive Verhalten steuernde oder, etwas zurückhaltender formuliert, (mit-)prägende Wirkung.

Hans Linde ist bereits Anfang der 1970er-Jahre der »Frage nach der Sozialität von Sachen und den durch sie bestimmten Verhältnissen« nachgegangen und hat »Sachen (1) eine verhaltensregelnde und (2) darüber hinaus verhältnisbestimmende soziale Qualität« zugeschrieben (Linde 1972: 59). So binden etwa technisch strukturierte Prozesse der Arbeitsteilung die Arbeitskräfte in einen bestimmten Produktionsrhythmus ein (zum Beispiel das Fließband) und regeln deren Verhalten ebenso wie die Abläufe der Produktionsprozesse insgesamt, die »so durch Sachen vermittelt und in Sachen begründet sind, dass sie ohne diesen Sachbezug inexistent wären« (ebd.). Der Technik (den Sachen) wird damit eine gleichermaßen strukturierende (verhältnisbestimmende) wie auch institutionelle (verhaltensbestimmende) Bedeutung zugewiesen. Volker Schneider und Renate Mayntz (1995, hier: 111) haben in diesem Zusammenhang auf die funktionale Ähnlichkeit von sozialen Institutionen und Technik verwiesen und argumentiert, dass beide »voraussehbares Verhalten möglich machen«. Dabei haben sie

der Technik eine effektivere Programmierung des Verhaltens zugerechnet als sozialen Regeln (ebd.: 112), die leichter hintergangen werden können, ohne dass man dabei in jedem Fall erwischt und sanktioniert wird.

Die handlungsprägende Rolle, die Technik als regelsetzende Kraft einnehmen kann, wird besonders deutlich, wenn der Blick auf technische Normen und Standards gerichtet wird. Ein E-Mail-Programm etwa ist nicht zu nutzen, wenn sich der normale Nutzer nicht konsequent auf alle technischen Regeln des Systems einlässt. Man kann mit Bernward Jörges (1989: 252) solche Normen und Standards zwar als »Verhaltensanweisungen an Geräte« betrachten, da es sich natürlich um technische Regeln handelt. Ähnlich wie Handbücher und Gebrauchsanweisungen regeln sie aber nicht nur die Funktionsweise von Technik, sondern auch den Umgang mit ihr (Schmidt/Werle 1998: 108–120). Wer technische Normen und Standards nicht einhält, muss mit Funktionsproblemen der Technik rechnen. In solchen Fällen kann die »Bestrafung« technischer Regelverletzungen wirksamer sein als die soziale Sanktionierung von abweichendem Verhalten. Hierauf verweist auch Lawrence Lessig (1999), der mit Blick auf intelligente Informationstechnik und das Internet die berühmt gewordene Metapher *code is law* formuliert hat. Mit ihr wird die Software, die das Internet und dessen Nutzung möglich macht, in ihrer verhaltensregelnden Bedeutung mit dem Recht und anderen sozialen Regelsystemen gleichgesetzt.

Auch technische Regeln sind, ähnlich wie Gesetze, Vorschriften, Verhaltensnormen oder Werte, veränderbar und werden durch technologische Veränderungen, aber auch etwa im Zuge gesellschaftlicher Auseinandersetzungen um Technik immer wieder angepasst, modifiziert oder wieder außer Kraft gesetzt – ähnlich, wie das bei sozialen Institutionen der Fall ist. Sie wirken auch nicht derart rigide und verhaltenssteuernd, wie dies bisweilen angenommen worden ist, und lassen sich, denkt man etwa an subversive *Hacker-Communities* im Internet, durchaus rückgängig machen. Das ändert aber im Grundsatz nichts an den regelformulierenden und verhaltensprägenden Eigenheiten von Technik, die sie in den Rang einer Institution heben.

In beiden Sichtweisen, als Struktur beziehungsweise als Institution, konstituieren etablierte Techniken Handlungsbedingungen, die von den Akteuren nicht einfach ignoriert oder hintergangen werden können. Darüber hinaus legen sie distinkte, nicht beliebig variierbare industrielle, politische und gesellschaftliche Möglichkeiten ihrer Organisation, Regulierung und Nutzung nahe. Christopher Freeman und Carlota Perez (1988) haben diesen Zusammenhang wie bereits erwähnt als *match* bezeichnet: Die Gesellschaft oder die Wirtschaft als Ganzes oder, wie ich ergänzen würde, spezifische Funktionsbereiche wie Wirtschaftssektoren müssen sich durch Kompatibilitäten zwischen den Eigenheiten der vorhandenen Techniken, den sozioökonomischen Strukturen und den sozialen

Institutionen auszeichnen, wenn sie funktionieren sollen. Der ebenfalls bereits zitierte Herbert Kitschelt (1991: 468) hat diesen *match* als Effizienzerfordernis bezeichnet: »Industrial sectors, identified by core technologies, efficiently operate only if governance structures match technological constraints.« Und auch Renate Mayntz hat in ihren Arbeiten zu großen technischen Systemen auf die starke Abhängigkeit der sich dort herausbildenden sozioökonomischen Strukturen und Institutionen von den jeweils vorhandenen technischen (System-)Eigenschaften hingewiesen. Mit Blick auf die Etablierung und Funktionsweise ausgedehnter, sachtechnisch weiträumig verknüpfter Energieversorgungs-, Verkehrs- und Kommunikationssysteme betont sie, dass dort »die Technik in einem sehr konkreten Sinn *systembildend* gewirkt hat. Diese spezifisch technische Fundierung prägt unmittelbar die sozialstrukturelle Beschaffenheit, die Binnenstruktur der modernen Infrastruktursysteme, die eng mit der Verwendung ganz bestimmter technischer Verfahren und Artefakte zusammenhängt« (Mayntz 1993: 101).

Derartige Vorstellungen von einer Systembildung und -prägung durch Technik, von ihrer Bedeutung als Institution oder von der Kompatibilität von technischen und sozialen Strukturierungen sollten nicht als technologischer Determinismus fehlinterpretiert werden. Ein funktionierender soziotechnischer *match* ergibt sich nicht aus einer einseitigen Anpassung sozialer Strukturen und Institutionen an eindeutige technologische Erfordernisse, sondern schält sich immer erst über wechselseitige Anpassungen zwischen der technologischen Basis und den sozioökonomischen Strukturen und Institutionen heraus. So stellt Carlota Perez (2002: 22) klar: »Societies are profoundly shaken and shaped by each technological revolution and, in turn, the technological potential is shaped and steered as a result of intense social, political and ideological confrontations and compromises.«

Transformationsimpulse durch neue Technologien

Technik ist allerdings nicht nur ein konstitutiver strukturierender Bestandteil moderner Gesellschaften. Größere wissenschaftliche und technologische Umbrüche tragen darüber hinaus maßgeblich zu ihrer Veränderung bei. Grundlegend neue Technologien beziehungsweise Technologiefelder können einen bestehenden soziotechnischen *match* in zweierlei Hinsicht sprengen: Sie lassen sich in aller Regel innerhalb der etablierten soziotechnischen Strukturen und Institutionen weder entwickeln noch durchsetzen und ihr Potenzial lässt sich in diesem Rahmen nicht ausschöpfend nutzen. Bereits die Genese neuer technologischer Möglichkeiten geht regelmäßig mit sozialen Neuausrichtungen einher, die sich zum Beispiel als Veränderung von Leitorientierungen, als Neuausrichtung der

Organisation von Forschungs- und Entwicklungsprozessen oder als Herausbildung neuartiger Formen interorganisationaler Kooperation konkretisieren können. Mit dem Durchbruch grundlegend neuer Technologien, ihrer großflächigen Einführung und Nutzung gewinnen die damit einhergehenden sozioökonomischen und institutionellen Veränderungsprozesse an Dynamik und Breite – und schlagen sich als zum Teil weitreichende Neujustierungen in der Wirtschaft (zum Beispiel als Veränderung der Unternehmensorganisation, der Märkte und Marktbeziehungen, des Verhältnisses von Kooperation und Konkurrenz), in der Politik (beispielsweise in der Forschungsförderung oder der Technikregulierung) und in der Zivilgesellschaft (etwa als Herausbildung neuer Konsum- und Techniknutzungsmuster oder als Veränderung von Lebensstilen) nieder.

Heinrich Popitz (1992: 39f.) hat den Einfluss grundlegender technologischer Innovation auf Prozesse sozialen Wandels in der ihm eigenen Klarheit so formuliert:

Technische Innovationen von einiger Bedeutung werden begleitet von sozialen Veränderungen, »gesellschaftlichen Korrelaten« verschiedenen Charakters. Hier interessieren zwei Arten gesellschaftlicher Korrelate. Einmal soziale Innovationen, die als *notwendige Bedingungen* technischer Innovationen verstanden werden können: Nur wenn dieser bestimmte soziale Wandel gelingt (z. B. der Wandel zu einer arbeitsteiligen Gesellschaft), ist diese neue Technik (z. B. die Technik der Metallurgie) durchsetzbar. Zweitens *Konsequenzen*, die sich *zwingend* aus den Erfordernissen der modernen Produktionstechnik ergeben – etwa die räumliche Konzentration der Arbeitskräfte aus der maschinellen Produktion –, oder auch Konsequenzen, die der Verwendungszusammenhang der neuen Produkte unvermeidlich aufdrängt, wie die neuen Gewohnheiten der Informationsaufnahme in Fernseh-Gesellschaften.

Der Einfluss technologischer Innovationen auf bestehende sozioökonomische Strukturen und Institutionen lässt sich in einer ersten Annäherung identifizieren, wenn man deren Folgen untersucht. Während inkrementelle, aber auch vereinzelt radikale Innovationen in den meisten Fällen ohne größere Anpassungsleistungen in bereits bestehende sozioökonomische und institutionelle Kontexte integrierbar sind und den vorhandenen soziotechnischen *match* nicht grundsätzlich zur Disposition stellen, geraten die spezifischen, oft über Jahrzehnte eingespielten Zusammenhänge zwischen den etablierten Technologien und den darauf bezogenen Strukturen, Institutionen, Akteurfigurationen und Handlungsorientierungen in Zeiten größerer technologischer Umbrüche ins Wanken. Grundlegend neue, aber auch substanzielle Weiterentwicklungen vorhandener Technologien lösen dann zum Teil weitreichende Anpassungsprozesse aus und werden dadurch zu eigenständigen Impulsgebern gesellschaftlichen beziehungsweise systemspezifischen Wandels. Raymund Werle und ich haben drei korrespondierende Ebenen eines solchen Wandels durch Technik hervor gehoben (Dolata/Werle 2007a).

Er wird *erstens* auf der *Ebene der kollektiven Wahrnehmung und kognitiven Verarbeitung* neuer technologischer Möglichkeiten sichtbar. Die Genese grundlegend neuer, aber auch substanzielle Weiterentwicklungen bestehender Technologien oder Technikfelder stimulieren sowohl den Aufbau von zum Teil weitreichenden Erwartungen, Versprechen und Visionen über deren künftige Verwendbarkeit wie auch erste, nicht selten kontroverse Vorstellungen über die zu ihrer Entwicklung und Durchsetzung möglichen beziehungsweise notwendig erscheinenden organisationalen, strukturellen und institutionellen Veränderungen. Sie werden im Prozess der weiteren technologischen Entwicklung und den damit einhergehenden sozialen Auseinandersetzungen verfeinert, oft auch revidiert oder erneuert und verstetigen sich mit der Zeit zu neuen handlungsprägenden Antizipationen, verdichten sich zu Leitbildern und schlagen sich in entsprechenden strategischen Neuausrichtungen der involvierten Akteure nieder (van Lente/Rip 1998; Bender 2006, 2007). Der durch die Gentechnik angestoßene Wandel von der chemischen zur biotechnologischen Ausrichtung in der Pharmaindustrie ist ein instruktives Beispiel für die einem neuen Technologiefeld geschuldete sukzessive Veränderung von kollektiven Wahrnehmungen und Leitorientierungen, die mit gravierenden organisationalen, strukturellen und institutionellen Veränderungen verbunden sind und mit der Zeit ein neues sektorales Regulationsmuster konstituieren (Dolata 2003: 155–174).

Zweitens schlägt sich der Einfluss neuer Technologien auf der *Ebene der Akteure und Interaktionsmuster* nieder. Substanzielle technologische Veränderungen setzen saturierte Akteure unter Druck, ihre Handlungsorientierungen, strategischen Ausrichtungen und Organisationsstrukturen zu überdenken und neu zu justieren. Darüber hinaus eröffnen sie oft auch Spielräume für die Etablierung neuer Akteure und tragen damit zur Veränderung bestehender Akteurfigurationen, Kooperationsbeziehungen und Konkurrenzmuster, Machtstrukturen und Interessengruppen bei. So hat in den 1980er-Jahren die durch die Digitalisierung mögliche Liberalisierung und Öffnung der Telekommunikationsnetze Spielräume für neue Akteure in diesem Sektor eröffnet und dazu beigetragen, dass zuvor fest gefügte monopolistische Strukturen aufgebrochen werden konnten (Werle 2001). Auch der durch Digitalisierung, Datenkomprimierung und das Internet ausgelöste Wandel der Akteurfigurationen und -beziehungen im Musiksektor und in anderen Mediensektoren (Dolata 2008a; Küng/Picard/Towse 2008; Benkler 2006: 383–459; Leyshon et al. 2005) oder die der anhaltend hohen Innovationsdynamik geschuldete permanente Neujustierung der Akteure, Organisations-, Kooperations- und Konkurrenzbeziehungen in der Halbleiterindustrie (Buss/Wittke 2000; Lüthje 2007) lassen sich dazu beispielhaft anführen.

Mit dem Aufkommen grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten oder substanzieller Weiterentwicklungen bestehender Technologielinien gehen

schließlich *drittens* zum Teil weitreichende Neujustierungen auf der *Ebene sozio-ökonomischer Strukturen und Institutionen* einher. Sie machen oft substantielle Veränderungen regulatoriver Rahmenbedingungen erforderlich, die sich beispielsweise als Etablierung eines eigenständigen Gentechnikrechts, als Neuausrichtung urheberrechtlicher Bestimmungen an die Bedingungen der Digitalisierung und des Internets oder als Durchsetzung neuer technischer Normen und Standards konkretisieren. Sie tragen auch dazu bei, dass sich Märkte, Marktbeziehungen und Nachfragemuster verändern, oder sie stimulieren die Herausbildung neuartiger Formen und Regeln kooperativen Austauschs in der Wirtschaft oder zwischen Industrie und Wissenschaft (Heinze 2006 und Wullweber 2010 für die Nanotechnologie). Zudem können sie die Funktionsfähigkeit bestehender Sektoren insgesamt und grundlegend infrage stellen und einschneidende strukturelle beziehungsweise institutionelle Veränderungen erfordern (wie zum Beispiel das Internet im Musik- und Mediensektor). Und schließlich können neue technologische Möglichkeiten die Grundlage für politische Deregulierungs- und Liberalisierungsprozesse bilden (etwa im Telekommunikationssektor) oder Globalisierungsdynamiken anstoßen, die ohne sie so nicht realisierbar wären (wie zum Beispiel I&K-Technologien im Finanzmarktsektor).

Eingriffstiefe neuer Technologien

Derartige Prozesse des Wandels durch neue Technologien, konkreter: die durch größere technologische Umbrüche angestoßenen Veränderungen von Organisationsmustern, Strukturen, Institutionen und Handlungsorientierungen in Wirtschaftssektoren stehen im Vordergrund der folgenden Überlegungen, wie sich sektorale Transformationsimpulse durch neue Technologien konzeptionell fassen, operationalisieren und empirisch untersuchen lassen.

Ich führe dazu ein *erstes basales analytisches Konzept* ein, dem im Laufe des Buches zwei weitere folgen werden: Die (potenzielle) Wirkmächtigkeit neuer technologischer Möglichkeiten in einem Wirtschaftssektor (oder einem anderen gesellschaftlichen Funktionsbereich), also ihr sektorspezifisches innovatives Potenzial und die zu seiner Realisierung erforderlichen sozioökonomischen und institutionellen Restrukturierungen konstituieren zusammen das, was ich als *technologische Eingriffstiefe* bezeichne. Sie konkretisiert sich als spezifischer Veränderungsdruck, den neue Technologien auf die dort bestehenden soziotechnischen Konstellationen ausüben. Von einer großen sektoralen Eingriffstiefe neuer Technologien lässt sich in meinem Verständnis also dann sprechen, wenn sie einem Sektor *erstens* grundlegend neue Entwicklungsperspektiven eröffnen, die sich allerdings *zweitens* im Rahmen des bestehenden Regulationsmusters,

also der vorhandenen soziotechnischen Strukturierung nicht annähernd einlösen lassen.²

Den Ausgangspunkt meiner Überlegungen bildet das *Match/Mismatch*-Konzept von Christopher Freeman und Carlota Perez (1988), das ich in Kapitel 3 bereits eingeführt habe. Es lässt sich für den hier interessierenden Zusammenhang auf vier Kerngedanken zusammenziehen. *Erstens* zeichnen sich bestehende gesellschaftliche Bereiche oder Sektoren im normalen Gang der Dinge durch ein funktionierendes Zusammenspiel aus sozialen und technischen Elementen aus. *Zweitens* sprengt das Aufkommen neuer technologischer Möglichkeiten, je radikaler sie sind, desto wahrscheinlicher und gründlicher den dadurch aufgespannten Rahmen, in dem sich die involvierten Akteure bis dahin problemlos bewegt haben. Das löst *drittens* Anpassungsbewegungen oder -krisen aus – und führt in jene *periods of mismatch*, die von der (umkämpften) Suche nach zu den neuen Technologien passenden Organisationsmustern, strukturellen und institutionellen Rahmenbedingungen geprägt sind. Mit der Zeit schält sich aus dieser Umbruchperiode *viertens* ein neuer *match* heraus, also eine veränderte Balance zwischen Technik, Strukturen und Institutionen, die dann eine erneuerte und wiederum relativ stabile Grundlage des (sektoralen) Handelns schafft. Ein solcher neuer *match* entsteht, wie bereits erwähnt, nicht durch eine einseitige Anpassung der sozialen Korrelate (Popitz) eines soziotechnischen Systems an die neuen technologischen Möglichkeiten. Auch die noch unfertige und gestaltbare Technik, wo immer sie herkommt, wird in diesem wechselseitigen Anpassungsprozess ins Soziale eingepasst (Perez 2002: 22; auch Bender 2006). Die wesentlichen Transformationsimpulse kommen in diesem Prozess aber von neuen technologischen Möglichkeiten und machen sich als Veränderungsdruck auf bestehende Strukturen, Institutionen und Handlungsorientierungen bemerkbar.

Dieser Veränderungsdruck, den neue Technologien erzeugen, kann sehr unterschiedlich sein. Nicht jede neue Technologie oder technologische Variation hat die gleiche Eingriffstiefe. Diese ist bei inkrementellen Innovationen, die bestehende soziotechnische Konstellationen in ihrer Grundsubstanz kaum verändern, ganz offenkundig gering, während sie bei grundlegend neuen Tech-

2 Anknüpfend an die Überlegungen zu den Strukturierungsleistungen von Technik ist auch eine zweite Lesart von technologischer Eingriffstiefe möglich, die die Bedeutung bereits etablierter Techniken in einem Sektor in den Blick nimmt und identifiziert. Der Fokus der Betrachtung läge dann darauf, wie relevant und konstitutiv das vorhandene technologische Profil für die gegebene sozioökonomische Struktur und Reproduktion eines Sektors ist, welche Bedeutung ihr also für die sektorale Funktionsweise und -fähigkeit im normalen Gang der Dinge zukommt. Eine solche eher statische, auf gegebene soziotechnische Konstellationen fokussierende Variante wird nicht weiterverfolgt, da hier die Veränderungsimpulse und die dadurch ausgelösten sektoralen Anpassungsbewegungen interessieren, die durch das Aufkommen neuer Technologien erzeugt werden.

nologien oder Technologiefeldern, die oft substanzielle Neuausrichtungen der bestehenden Organisationsmuster, Strukturen und Institutionen anstoßen, weit-aus größer ist. Letztere stehen im Zentrum der weiteren Überlegungen.

Wenn man den Blick von der Gesellschaft oder der Wirtschaft als Ganzes auf die Mesoebene einzelner Anwendungsbereiche oder Wirtschaftssektoren richtet, dann wird darüber hinaus schnell deutlich, dass auch grundlegend neue Technologien beziehungsweise Technologiefelder je nach dem Anwendungsbereich, der betrachtet wird, eine sehr unterschiedliche Eingriffstiefe aufweisen können. Dieselbe neue Querschnittstechnologie kann im einen Sektor einen unmittelbar wirkenden, einschneidenden und dessen bisherige Funktionsweise insgesamt berührenden Veränderungsdruck ausüben, während sie in einem anderen Sektor eher mittelbare und funktional-unterstützende Potenziale hat, die die dort etablierten Strukturen, Institutionen und Akteure nicht grundsätzlich infrage stellen oder in größerem Umfang herausfordern. Der durch die Digitalisierung und das Internet ausgelöste Wandel ist beispielsweise im Musik- und Mediensektor weit größer als etwa in der Automobil- oder der Lebensmittelindustrie. Der durch ein neues Technologiefeld aufgebaute Veränderungsdruck kann also auch von Sektor zu Sektor stark variieren. Warum das so ist und welche Varianten technologischer Eingriffstiefe es gibt, ist das zentrale Thema, das in den folgenden Abschnitten diskutiert wird.

4.2 Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge: Endogene und exogene Technologien

Zuvor wird allerdings eine Ortsbestimmung vorgenommen. Wo kommen die neuen Technologien her, die einen sektoralen Veränderungsdruck erzeugen? Wenn der Entstehungs- und Verwendungskontext neuer Technologien oder Technikfelder aufeinander bezogen werden, dann lässt sich die Bedeutung intern beziehungsweise extern entstandener Innovationen und Technologien für den sektoralen Wandel genauer herausarbeiten, und es lassen sich die Orte und Akteure identifizieren, von denen der soziotechnische Veränderungsdruck auf einen Sektor ausgeht.

Ich habe bereits in *Kapitel 2* darauf hingewiesen, dass die technologischen Profile und Dynamiken in vielen Sektoren längst nicht mehr ausschließlich oder vorrangig von dort auch entstandenen Technologien geprägt werden. Technologische Innovationen im Automobilsektor beispielsweise basieren keineswegs mehr nur auf einer autonomen Weiterentwicklung klassischer Automobiltech-

niken, sondern beruhen zunehmend auch auf der Nutzung von moderner Elektronik und von Software-Systemen oder von internetbasierten Technologien, die von außen kommen. Forschungs- und Entwicklungsprozesse im Pharmasektor sind ohne Bioinformatik heute nicht mehr denkbar. Neue sektorextern entwickelte und an jeweils spezifische Bedarfe angepasste Informations- und Kommunikationstechnologien prägen das technologische und – weiter gefasst – das soziotechnische Profil ganzer Sektoren wie der Musik- und Medienindustrie, des Banken- und Versicherungssektors oder der Finanzmärkte, die selbst so gut wie keine eigenen technologischen Innovationsaktivitäten betreiben. Das heißt: Die Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge neuer technologischer Möglichkeiten fallen in sektoraler Betrachtung oft auseinander. Insbesondere Querschnittstechnologien wie neue Informations- und Kommunikationstechnologien sind oft außerhalb der sie anwendenden Sektoren entstanden und entwickelt worden – und wirken in unterschiedlich weitreichender Weise auf deren sozioökonomische und institutionelle (Re-)Strukturierung zurück.

Untersuchungen technikinduzierten Wandels haben dies zu berücksichtigen und danach zu fragen, welche spezifische Rolle endogene und exogene Technologien in sektoralen Transformationsprozessen spielen. Drei Möglichkeiten lassen sich voneinander unterscheiden.

Die Entstehung und Verwendung neuer Technologien kann *erstens* ein vornehmlich sektorimmanentes Phänomen sein. Sie sind im Rahmen des Sektors entwickelt worden, in dem sie dann auch, oft begleitet von sektoralen Neuausrichtungen, eingeführt und verwendet werden. Technologische Umbrüche in der Chipentwicklung und -produktion beispielsweise und die damit einhergehenden strukturellen und organisationalen Veränderungen der Halbleiterindustrie sind Prozesse, die sich im Wesentlichen innerhalb dieses Sektors abspielen. Insbesondere die wachsende Komplexität der Mikroprozessoren (Chips) im Designprozess und in der Produktion stellt dort immer höhere Anforderungen an die Unternehmen und bildet den Ausgangspunkt einer permanenten Neujustierung des Sektors, seiner Akteure und Netzwerkstrukturen (Langlois/Steinmueller 1999; Buss/Wittke 2000; Lüthje 2007). Obgleich strikte Grenzziehungen oft schwierig sind, lässt sich das Zusammenspiel von technologischen Innovationen, sozioökonomischem und institutionellem Wandel in solchen Fällen als wesentlich sektorimmanenter Prozess untersuchen und abbilden.

Grundlegend neue Technologien, die für einen Sektor relevant werden, können *zweitens* aber auch von außerhalb kommen – und dabei eine unterschiedliche Bedeutung für dessen weitere Entwicklung erlangen. Sie können dort funktional-unterstützende Potenziale haben, ohne dass sie dessen strukturelle und institutionelle Grundlagen oder die Stellung der etablierten Kernakteure substantziell infrage stellen. Die sukzessive Ersetzung von *Electronic-Data-Interchange-Systeme-*

men (EDI-Systeme) durch internetbasierte Technologien zur Koordination unternehmensinterner beziehungsweise -übergreifender Austauschbeziehungen in der Automobilherstellung ist ein solches Beispiel (e-business watch 2005; Pries 2005). Sie können aber auch in den Rang neuer Basistechnologien hineinwachsen, deren Nutzung für die künftige Reproduktion des technikverwendenden Sektors konstitutiv wird und eine weitreichende sektorale Restrukturierung erzwingen, ohne die sich deren Potenziale nicht ausschöpfen lassen. Die durch Digitalisierung, Datenkomprimierung und das Internet angetriebene Transformation der Musikindustrie kann dazu beispielhaft angeführt werden (Dolata 2008a; Peitz/Waelbrock 2006). Untersuchungen sektoralen Wandels durch Technik haben in solchen Fällen an prominenter Stelle die technologischen Impulse zu berücksichtigen, die von außen kommen und in der Regel durch externe Akteure in den Sektor hineingetragen werden.

Drittens schließlich bilden nicht selten Kombinationen neuer endogener und exogener Technologien Anstoß und Grundlage sektoraler Veränderungsprozesse. Das ist etwa im Energiesektor der Fall, dessen Wandel aus technologischer Sicht von zwei Seiten stimuliert wird. Zum einen durch neue Erzeugungstechnologien wie Gas-Dampf-Turbinen oder durch erneuerbare Energien, die im Sektor selbst beziehungsweise an seinen Rändern entstanden sind und die sowohl eine Dezentralisierung der Energieproduktion als auch eine Ausdifferenzierung der Energieträger ermöglichen. Zum anderen prägen aber auch neue Informations- und Kommunikationstechniken, die von außerhalb kommen, ganz wesentlich den Wandel des Sektors, indem sie nicht nur die Informationsverarbeitungskapazitäten dieses großen technischen Systems signifikant steigern, sondern damit auch eine netzwerkförmigere und dezentralere Organisation und Steuerung der Energieerzeugung und -distribution möglich machen (Rohracher 2007; Mautz 2007; Praetorius et al. 2008). Auch der Pharmasektor ist ein solches Beispiel. Dort spielen biotechnologische Innovationen, die zunächst an den Rändern des Sektors entstanden sind, in ihrer Kombination mit Weiterentwicklungen der chemischen Synthese als wesentliche technologische Impulsgeber sektoralen Wandels zusammen. Sie werden seit den 1980er-er-Jahren im Rahmen des um Biotechnologiefirmen und akademische Forschungseinrichtungen erweiterten Sektors entwickelt und genutzt und haben eine weitreichende Restrukturierung der Pharmaforschung und -produktion angestoßen (Dolata 2003; Roijackers/Hagedoorn 2006). In solchen Fällen wird technikinduzierter sektoraler Wandel durch Kombinationen verschiedener Technologien unterschiedlicher Herkunft geprägt, wodurch das Zusammenspiel von sektorinternen und -externen Anstößen, Einflussfaktoren und Akteuren ins Zentrum der Betrachtung rückt.

Das alles ist wichtig für die weitere Betrachtung des Veränderungsdrucks, den grundlegend neue Technologien auf einen Sektor ausüben. Wenn sekto-

raler Wandel durch Technik untersucht wird, dann lässt sich das oft nicht als ausschließlich sektorimmanenter Prozess analysieren. Zwar gibt es auch Fälle, in denen technologische Veränderungen und damit verbundene sozioökonomische Restrukturierungen vom Kern eines Sektors ausgehen und dort auch vorangetrieben werden. Entsprechende Untersuchungen können sich dann auf Transformationsdynamiken innerhalb des Sektors konzentrieren. Oft entstehen neue technologische Möglichkeiten allerdings an der Peripherie, in Randbereichen eines Sektors oder kommen komplett von außen. Sie entwickeln sich dann in Milieus und werden vorgebracht von Akteuren, die bis dahin nicht zum inneren Kreis des Sektors gehört haben. Diejenigen Sektoren, die die neuen Technologien nutzen wollen (oder müssen), unterliegen dann einem mehr oder minder kontrollierbaren externen Druck zur Veränderung, den sie in einer bestimmten Weise zu verarbeiten haben. In solchen Fällen lassen sich technikinduzierte sektorale Transformationen nur dann angemessen analysieren, wenn der Untersuchungsgegenstand auf all die externen Einflussfaktoren ausgeweitet wird, die diesen Prozess mitbeeinflussen. Kurzum: Mit der Unterscheidung beziehungsweise Gewichtung von endogener und exogener Technik lässt sich das sozioökonomische und organisationale Feld vermessen und strukturieren, das für die empirische Untersuchung eines konkreten sektoralen Transformationsprozesses jeweils relevant ist.

Wenn man nun, diese Gedanken anhand der vorgebrachten Beispiele weiterspinnend, die sektoralen Potenziale neuer Technologien beziehungsweise Technologiefelder und die zu ihrer Entwicklung, Einführung und Nutzung erforderlichen strukturellen, institutionellen und organisationalen Veränderungen aufeinander bezieht, dann lässt sich deren sektorale Eingriffstiefe genauer bestimmen. Ich werde im Folgenden, jeweils eingeführt durch plausibilisierende Fallbeispiele, die beiden Pole technologischer Eingriffstiefe und deren Eigenheiten vorstellen.

4.3 Variante I: Geringe Eingriffstiefe neuer Technologien

Wenn ich von einer geringen sektoralen Eingriffstiefe neuer Technologien spreche, dann heißt das, dass die Ausschöpfung ihrer Potenziale im technikverwendenden Sektor über eher moderate organisationale, strukturelle und institutionelle Anpassungen möglich ist, die sein bestehendes Gesamtgefüge nicht substantiell infrage stellen. Das ist weithin typisch für inkrementelle Produkt- und Verfahrensinnovationen – kleinere Verbesserungen und Modernisierungen, die an den großen Strukturen nicht rütteln. Das kann aber auch für paradigmatisch neue

Querschnittstechnologien zutreffen, die radikal neu und universell einsetzbar sind und, wenn man sie im Großen und Ganzen betrachtet, mit einem enormen Veränderungspotenzial in Gesellschaft und Wirtschaft ausgestattet sind. Auch solche Technologien können, wenn man ihren spezifischen *impact* auf einen Sektor betrachtet, durchaus vornehmlich funktional-unterstützende Potenziale haben, die sich weitgehend im Rahmen des bestehenden Regulationsmusters realisieren lassen und die Stellung der etablierten Kernakteure nicht infrage stellen.

Fall 1: Internet und Automobilproduktion

Ein solches Beispiel ist der Einzug internetbasierter Technologien in die Automobilproduktion. Internetbasierte Technologien haben dort sukzessive bestehende Electronic-Data-Interchange-Systeme (EDI-Systeme) zur Geschäftsabwicklung, zur unternehmensinternen Vernetzung und zur Koordination der Hersteller-Zulieferer-Beziehungen ersetzt. Sie ermöglichen darüber hinaus den Aufbau neuer elektronischer Beschaffungsmarktplätze und werden zur Unternehmenspräsentation oder im Autohandel eingesetzt.

Das sind zweifellos wichtige und zum Teil auch aufwendige Erneuerungen, die allerdings das Gesamtgefüge und die bestehenden Akteurfigurationen des Sektors in ihrer Substanz nicht berühren. Sie haben eher zur Verfestigung als zu einer grundlegenden Veränderung der bestehenden Strukturen, Institutionen und Machtkonstellationen beigetragen. Das Internet unterstützt die zuvor schon stark ausgeprägte, auf EDI-Systemen basierende elektronische Vernetzung zwischen Herstellern und Zulieferern. Vor dem Hintergrund einer radikalen Reduzierung der vertikalen Integration in der Produktion und zunehmend auch in der Produktentwicklung (Jürgens 2003) bietet der Aufbau einer einheitlichen internetbasierten Informationsinfrastruktur den führenden Herstellern und Zulieferern die Möglichkeit, die operative Dezentralisierung und Flexibilisierung der Entwicklungs- und Produktionsprozesse mit einer Rezentralisierung ihrer Kommunikations- und Kontrollstrukturen zu verkoppeln. Darüber hinaus ermöglicht der Aufbau elektronischer Marktplätze sowohl den Automobilherstellern als auch den großen Zulieferern eine Flexibilisierung ihrer Beschaffung bei gleichzeitiger Erhöhung ihrer Einkaufs- und Kontrollmacht. Elektronische Marktplätze erhöhen die Kostentransparenz und Vergleichbarkeit alternativer Lieferanten, verschärfen dort den Preis- und Konkurrenzdruck und lassen sich durch die zentralen Akteure leicht als Disziplinierungs- und Drohinstrument einsetzen (e-business watch 2005; Pries 2005; Mühge/Hertwig/Tackenberg 2004; Riehm et al. 2003: 113–141).

Die schrittweise Einführung und zunehmende Nutzung neuer internetbasierter Vernetzungstechnologien geht also zwar mit der Modifikation von Pro-

duktions-, Logistik- und Distributionsprozessen einher und verändert etwa das Verhältnis von Herstellern und Zulieferern, hat allerdings keinen umfassenden sektoralen Restrukturierungsdruck ausgelöst. Die Veränderungen berühren weder das technologische Profil noch die Strukturgefüge und institutionellen Rahmenbedingungen des Sektors, die Handlungsorientierungen seiner fokalen Akteure oder die sektoralen Leitorientierungen in gravierender Weise. Internetbasierte Technologien tragen vielmehr zur Modernisierung bestehender Strukturen und Abläufe bei und lassen sich vergleichsweise friktionslos in bestehende Marktprozesse, Geschäftsbeziehungen und Vernetzungsstrukturen einpassen. Insgesamt ist das ein Beispiel geringer sektoraler Eingriffstiefe neuer, in diesem Fall extern entstandener technologischer Möglichkeiten.

Funktionale Unterstützung und inkrementelle Anpassungserfordernisse

In solchen Fällen handelt es sich zwar um gesellschaftlich enorm einflussreiche und wirkmächtige neue Technologien, die in sektoraler Betrachtung allerdings eher funktional-unterstützende Potenziale entfalten und die dort bestehenden organisationalen, strukturellen und institutionellen Grundlagen nicht substanziell infrage stellen.

Geringe technologische Eingriffstiefe meint also, dass grundlegend neue technologische Möglichkeiten zwar zur selektiven Modernisierung eines Sektors beitragen und zum Teil mit aufwendigen und kostenträchtigen Adjustierungsprozessen einhergehen, insgesamt jedoch im Rahmen der bestehenden soziotechnischen Konstellationen genutzt und weitgehend in diese integriert werden können. Sie entfalten dort eher mittelbare, ergänzende und funktional-unterstützende Wirkungen: Sie verändern weder das technologische Profil noch die bestehenden Marktstrukturen und Organisationsmuster, Kooperations- und Konkurrenzverhältnisse oder die institutionellen Rahmenbedingungen des Sektors in gravierender Weise.

Hier zeigt sich, dass sich die sektorale Eingriffstiefe einer neuen Technologie nicht einfach aus ihren grundlegenden *technologischen* Eigenheiten ableiten lässt, also nicht umstandslos von den allgemeinen Charakteristika einer Technologie auf sozioökonomische Veränderungsimpulse geschlossen werden kann. Eingriffstiefe ist vielmehr als relationales, als *soziotechnisches* Konzept zu begreifen: Sie lässt sich nur über den Abgleich der spezifischen Einsatz- und Verwendungsmöglichkeiten einer neuen Technologie in einem Sektor und den zur Ausschöpfung ihrer konkreten Potenziale erforderlichen Strukturveränderungen bestimmen. Es muss also immer danach gefragt werden, was mit einer neuen Technologie jeweils konkret angefangen werden kann und welche soziotechnischen Veränderungen zu ihrer weiteren Entwicklung und Nutzung tatsächlich notwendig sind.

4.4 Variante II: Große Eingriffstiefe neuer Technologien

Neue technologische Möglichkeiten können auch, egal, woher sie kommen, in den Rang neuer sektoraler Basistechnologien hineinwachsen und einen unmittelbaren, einschneidenden und die Funktionsweise des Sektors insgesamt berührenden Veränderungsdruck auf die dort etablierten Regulationsmuster entfalten. Das technologische Potenzial, das das Neue für den Sektor hat, ist einerseits enorm und lässt sich andererseits im Rahmen des bestehenden soziotechnischen Gefüges nicht annähernd abrufen und nutzen. Je ausgeprägter diese Diskrepanz ist, desto größer ist die sektorale Eingriffstiefe einer neuen Technologie. Sie kann dann zum entscheidenden Impulsgeber einer weitreichenden sektoralen Neustrukturierung werden.

Fall 2: Internet und Musiksektor

Der krisenhafte Umbruch im Musiksektor ist ein solcher Fall. Der Sektor ist seit Ende der 1990er-Jahre mit einem Bündel neuer Technologien konfrontiert, die vollständig von außen kommen und sich nicht mehr in sein über lange Zeit sehr stabiles soziotechnisches Gefüge einpassen lassen.

Die Musikindustrie ist traditionell ein technikverwendender Sektor, der fast ausschließlich durch exogene Technologien geprägt wird. Bis weit in die 1990er-Jahre war das Musikgeschäft um die Compact Disc aufgebaut, die der Branche seit ihrer Einführung 1983 eine lange Konjunktur mit signifikanten Umsatzzuwächsen beschert hatte. Der Sektor wurde weltweit von fünf Musikkonzernen beherrscht, auf die 1997 ein Marktanteil von über 80 Prozent entfiel. Diese als Majors bezeichneten Unternehmen konnten die Wertschöpfungskette der Branche nahezu lückenlos kontrollieren. Als vertikal integrierte Konzerne beherrschten sie nicht nur die Auswahl und das Management der Künstler und des Repertoires sowie die Aufnahme und die Verwertungsrechte von Musik, sondern stellten ihre Produkte auch in eigenen Presswerken her und steuerten über eigene Vertriebssysteme deren weltweite Distribution (Burkart 2005; Tschmuck 2006).

Die CD, die in den 1980er-Jahren schnell zur alles dominierenden Tonträgertechnologie wurde, hatte die bestehenden Strukturen, Institutionen und Machtverhältnisse im Sektor noch stärken können – solange sie lediglich als hochwertige Weiterentwicklung der Schallplatte, noch nicht jedoch als ohne Qualitätsverlust kopierbarer digitaler Datenträger genutzt werden konnte. Die neue Tonträgertechnologie war zunächst das, was mit Clayton M. Christensen (1997: xviii) als *sustaining technology* bezeichnet werden kann: Die Compact Disc brachte als radikale Innovation neue Wachstumsdynamik in den Sektor und ließ

sich zugleich weitgehend in die etablierten Märkte, Produktions-, Marketing- und Distributionsmodelle, Rechteverwertungs- und Vertragsrahmen einfügen. Der ökonomische Nutzen der Compact Disc war für die etablierten Akteure hoch, weil sie einerseits als radikale Innovation einen qualitativen Sprung gegenüber der Schallplatte darstellte und andererseits ihre Eingriffstiefe in das bestehende sektorale Regulationsmuster gering war.

Die Digitalisierung des zentralen Produkts allein hatte also bis etwa Mitte der 1990er-Jahre die etablierten Produktions-, Distributions- und Verwertungsbedingungen des Sektors festigen und die Markt- und Kontrollmacht der Majors stärken können. Erst die Verknüpfung der technisch nicht geschützten Digitalisierung (CDs ohne Kopierschutz) mit frei verfügbaren Standards der Datenkomprimierung (wie MP3) und dem Aufschwung des Internets konnte ab Ende der 1990er-Jahre jene disruptive Kraft entfalten, die die sozioökonomischen Koordinaten des Sektors seither sukzessive verschiebt. Das Internet hat sich seit Anfang der 2000er-Jahre in rasanter Geschwindigkeit als ideales Medium des globalen Austauschs digitaler Güter entwickelt, und nicht proprietäre Standards der Datenkomprimierung haben den problemlosen Austausch auch datenintensiverer digitaler Produkte ermöglicht. Diese komplementär nutzbaren Technologien haben nicht nur die technologische Basis des Sektors gravierend verändert: Musik ist nicht mehr an physische Tonträger gebunden (und darüber kontrolliert herstell- und distribuierbar), sondern als digitaler Datensatz verfügbar, der sich beliebig und ohne Qualitätsverlust vervielfältigen, über das Internet verbreiten und am Computer verwalten lässt. Sie haben darüber hinaus signifikante sozioökonomische Effekte erzeugt und institutionelle Veränderungen angestoßen.

Digitalisierung, Datenkomprimierung und Internet: Das Zusammenspiel dieser drei technologischen Entwicklungen, die alle von außen in den Sektor kamen, hat die Nutzungspräferenzen vor allem jugendlicher Musikkonsumenten verändert und zu einem enormen Aufschwung des nicht marktlichen Tauschs von Musik über das Internet geführt. Musik muss nicht mehr gekauft werden, um sie kopieren zu können, sondern steht in all ihren Facetten irgendwo im Netz als ebenso schnell herunterlad- wie auch wieder löschrbarer Datensatz zur Verfügung. Ihr Tausch verlagerte sich von lokalen *Face-to-Face*-Konstellationen in die globale Welt der »digital community networks« (Hughes/Lang 2003). Und ihre Verwaltung und Nutzung verschob sich von der Plattensammlung und Musikanlage auf den Computer, den Server und das mobile digitale Abspielgerät (Peitz/Waelbroek 2006).

Die neuen Technologien haben darüber hinaus einen spürbaren sozioökonomischen Restrukturierungsdruck auf den Sektor, sein institutionelles Gefüge und seine führenden Unternehmen entfaltet (Dolata 2008a). Dies betrifft *erstens*

die rechtlichen Grundlagen des Musikgeschäfts. Digitalisierung, Datenkomprimierung und das Internet ließen sich in dem auf das physische Tonträgergeschäft zugeschnittenen Rechte- und Verwertungsrahmen nicht mehr funktional abbilden, sondern erforderten eine grundsätzliche Neugestaltung der institutionalisierten Beziehungen zwischen Musikfirmen und Künstlern, zwischen Lizenzgebern und -nehmern sowie zwischen Rechteinhabern und Konsumenten und somit eine substantielle Novellierung der Urheber-, Schutz- und Verwertungsrechte.

Zweitens haben die neuen Technologien gravierende Verschiebungen in den Produktions-, Distributions- und Marktstrukturen provoziert. Die Produktion von Musik ist nicht mehr an klassische Tonstudios gebunden, sondern lässt sich autonom und dezentral durch die Künstler selbst herstellen. Ihr Verkauf erfolgt nicht mehr ausschließlich über die von den Majors kontrollierten globalen Vertriebssysteme und den eng mit ihnen verbundenen stationären Handel, sondern in zunehmendem Maße über neue digitale Online-Stores. Der Musikmarkt selbst verschiebt sich seit Mitte der 2000er-Jahre mit anziehender Geschwindigkeit von physischen Tonträgern zu digitalen Musik-Files und erfordert die Entwicklung neuer auf das Internet zugeschnittener Geschäfts- und Erlösmodelle, die kaum noch etwas mit dem klassischen Geschäft mit Musiktiteln zu tun haben (IFPI 2011).

Die neue technologische Konstellation hat schließlich *drittens* substantielle Veränderungen der etablierten Akteurfigurationen und Machtbeziehungen des Sektors ermöglicht. Kopierschutzfreie digitale Musik, allgemein verfügbare Datenkomprimierungsstandards und das Internet haben einerseits Spielräume für neue Akteure geschaffen, die als nicht kommerzielle Tauschbörsen den kostenlosen Tausch von Musik oder als Online-Shops deren kommerziellen Verkauf und Vertrieb über das Internet organisieren. Und sie haben andererseits einen signifikanten Kontrollverlust der etablierten Musikkonzerne über ihr Produkt und über die Wertschöpfungskette ausgelöst und sie zu weitreichenden Revisionen ihrer Strategien gedrängt.

Insgesamt ist durch das Zusammenspiel dieser neuen, in ihrer Kumulation disruptiven Technologien das lange Zeit funktionierende soziotechnische Gefüge des Musiksektors aus den Fugen geraten und es ist eine Phase der Suche nach und Auseinandersetzung um neue Strukturen, Institutionen und Verwertungsmodelle des Musikgeschäfts eingeleitet worden, die zu der veränderten technologischen Konstellation passen. Das lässt sich als große Eingriffstiefe extern entstandener Technologien auf den Sektor bezeichnen, die dort seit Ende der 1990er-Jahre einen außerordentlichen Veränderungsdruck entfaltet haben.

Fall 3: Biotechnologie und Pharmasektor

Auch die Transformationsimpulse, die seit der zweiten Hälfte der 1970er-Jahre von der neuen Biotechnologie auf den Pharmasektor ausgingen, gehören in diese Kategorie. Sie kamen allerdings nicht, wie im Fall der Musikindustrie, völlig von außen, sondern bauten sich zunächst an der Peripherie des Sektors auf, im Umfeld akademischer Forschungseinrichtungen und neu gegründeter Start-up-Firmen.

In diesem Fall traf ein extrem wissensbasiertes, methodenorientiertes und multidisziplinär strukturiertes neues Technologiefeld auf einen traditionell selbst innovierenden und ausgesprochen forschungsintensiven Sektor. Er wurde Ende der 1970er-Jahre von einer größeren Zahl international operierender Pharmakonzerne getragen, deren Leitorientierungen und Innovationsaktivitäten eindeutig von der Chemie geprägt waren: von der chemischen Erklärung von Krankheiten und ihrer Therapie mithilfe chemisch definierter und synthetisierter Wirkstoffe. Die Forschungs- und Innovationstätigkeit der Pharmakonzerne spielte sich bis dahin vornehmlich innerhalb der jeweiligen Unternehmensgrenzen ab: Mit Ausnahme klinischer Prüfungen fand fast alles zwischen Forschung und Vertrieb in den großen konzernerneigenen Forschungs-, Entwicklungs-, Produktions- und Vertriebszentren statt. Den regulativen Rahmen ihrer Tätigkeit bildeten etablierte patentrechtliche Bestimmungen und Zulassungsverfahren für Medikamente und Impfstoffe (Henderson/Orsenigo/Pisano 1999: 269–282).

Die neuen Biotechnologien, deren technischen Kern Methoden zur Identifikation, Isolierung und vor allem zur gezielten Rekombination genetischen Materials bilden (Catenhusen/Neumeister 1987), brachten diese eingespielte sozio-technische Konstellation grundlegend durcheinander. Die neuen Möglichkeiten, die gentechnologische Methoden und Verfahren für die pharmazeutische Wirkstoffforschung und Arzneimittelentwicklung boten, ließen sich mit den etablierten Leitorientierungen, Organisationsstrukturen und Regulationsmustern des Sektors nicht annähernd realisieren. Ihre Aneignung und Nutzung erforderte nicht nur eine radikale Erneuerung der über die Jahrzehnte ausgeprägten chemisch orientierten Denkweise und eine Abkehr von der bis dahin stark zentralisierten Forschungsorganisation des Sektors. Sie erforderte darüber hinaus die Aufnahme und Integration grundlegend neuen, über viele unterschiedliche Orte verteilten und sich zudem sehr dynamisch ausdifferenzierenden Wissens und technischen Know-hows, das nun nicht mehr aus dem etablierten Kern des Sektors kam, sondern vor allem an seiner sehr facettenreichen Peripherie entstand: in der akademischen Forschung und in neu gegründeten Start-up-Firmen, die überwiegend von Anfang an biopharmazeutische Forschung und Entwicklung betrieben, ohne zum klassischen Kern des Pharmasektors zu gehören (Dolata 2003: 155–174).

Der einschneidende technikinduzierte Wandel, der durch die neuen Biotechnologien angestoßen wurde, erfasste in der Folgezeit alle wesentlichen Ebenen des Sektors. Die neuen Biotechnologien übten *erstens* einen starken Druck auf das technologische Profil und die Leitorientierungen des Sektors aus. Gentechnologische Methoden und Verfahren wurden in den 1980er-Jahren zu zentralen Ausgangspunkten der Wirkstoffforschung und haben sukzessive auch Eingang in die Entwicklung und Produktion neuer Diagnostika, Impfstoffe und Medikamente gefunden. Das technologische Profil und die Leitorientierung des Sektors, die zuvor eindeutig von der Chemie bestimmt waren, verschoben sich nun sukzessive in Richtung Biotechnologie und *Life Sciences*.

Die neuen Biotechnologien stießen *zweitens* gravierende Veränderungen der industriellen Strukturen, Akteurfigurationen und Interaktionsmuster des Sektors an. Durch die extreme Wissensbasiertheit des Technologiefeldes und die große Abhängigkeit der biotechnologischen Forschung und Entwicklung von grundlagenorientiertem Wissen hat die akademische Forschung für den Pharmasektor stark an Bedeutung gewonnen. Anwendungsorientierte industrielle Forschung und Entwicklung war nun ohne intensive Beziehungen zu grundlagenorientierten Forschungseinrichtungen auf hohem Niveau nicht mehr möglich (Kenney 1986). Hinzu kam, dass das für industrielle Innovationsaktivitäten erforderliche Wissen und technische Know-how nicht mehr klar fokussiert, sondern oft sehr unübersichtlich und weit gestreut war. Die multidisziplinäre Struktur des in der Regel hoch spezialisierten Wissens und Know-hows, das an zahllosen Orten entstand und einem schnellen Wandel unterlag, öffnete immer wieder neue Einstiegsmöglichkeiten für Biotechnologiefirmen. Diese sind dadurch kein temporäres Phänomen der kommerziellen Frühphase des Technologiefeldes geblieben, sondern konnten sich als neuer Unternehmenstyp dauerhaft im Pharmasektor etablieren – teils als neue Konkurrenten der etablierten Pharmakonzerne, vor allem aber als Zulieferer, Dienstleister und intensiv Forschung betreibende Kooperationspartner.

Die Komplexität, Fluidität und Dynamik des biotechnologischen Wissens haben darüber hinaus die etablierten Großunternehmen des Sektors gezwungen – so eindeutig kann man es hier formulieren –, ihre organisationalen Strukturen vor allem im Bereich Forschung und Entwicklung zu dezentralisieren und um Kooperationen zu erweitern. Die Forschung, Entwicklung und Produktion, die sich bis in die 1980er-Jahre hinein typischerweise weitgehend innerhalb der jeweiligen Konzerngrenzen abgespielt hatte, musste unter diesen neuen Bedingungen nicht bloß punktuell, sondern systematisch um den Aufbau einer großen Zahl externer Kooperationsbeziehungen mit Biotechnologiefirmen angereichert werden. Auch großindustrielle Forschung ließ sich von nun an nicht mehr von einzelnen Unternehmen allein betreiben, sondern nur noch im Rahmen

akademisch-industrieller beziehungsweise innerindustrieller Kooperationen erfolgversprechend durchführen (Roijsaakers/Hagedoorn 2005).

Drittens schließlich ließen sich die mit der Entwicklung dieses experimentellen neuen Technologiefeldes einhergehenden Ungewissheiten und potenziellen Risiken nicht mehr innerhalb des vorhandenen Rechtsrahmens regulieren. Dazu wurden spezifische gesetzliche Bestimmungen und Leitlinien zum Beispiel für die gentechnologische Forschung, für das In-Verkehr-Bringen von gentechnisch veränderten Organismen, für die Zulassung gentechnisch erzeugter Impfstoffe und Arzneimittel oder für die ethischen Grenzen gentechnologischer Forschung erforderlich, die sich in den großen westlichen Staaten und der Europäischen Union jeweils als eigenständiges Gentechnikrecht konkretisiert haben.

Insgesamt hat die neue Biotechnologie also nicht nur die Leitorientierungen des Sektors signifikant verändert – von der Chemie zur Life-Sciences-Orientierung –, sondern auch das technologische Profil des Sektors und seine Wissensbasis – von der chemischen Synthese zur Biotechnologie. Ihre extreme Wissensbasiertheit sowie ihre 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, einen unabweisbaren Zwang zur innerindustriellen beziehungsweise akademisch-industriellen Kooperation begründet und die etablierten Pharmakonzerne gezwungen, sich strategisch neu zu positionieren und sich auf für sie neue Modi kooperativer Forschung und Entwicklung einzulassen. Die neue Biotechnologie hat schließlich auch die Etablierung eines neuen und auf sie zugeschnittenen rechtlich-regulativen Rahmens notwendig gemacht. All diese substanziellen sektoralen Veränderungen lassen sich auf die neuen wissenschaftlichen und technologischen Möglichkeiten zurückführen, die die Biotechnologie eröffnete, und weisen dem neuen Technologiefeld eine große sektorale Eingriffstiefe zu.

Weitreichende Verwendungspotenziale und umfassende Restrukturierungserfordernisse

Neue Technologien oder Technologiefelder weisen dann eine große Eingriffstiefe auf, wenn sie zum einen das Potenzial haben, die technologische Basis eines Sektors grundlegend neu zu strukturieren, und zum anderen die Entwicklung oder Ausschöpfung dieses Potenzials innerhalb des bestehenden Regulationsmusters, also lediglich über inkrementelle organisationale, strukturelle und institutionelle Anpassungen, nicht mehr möglich ist. Die sozialen Korrelate (Popitz 1992), etwa die Organisation der Forschung und Entwicklung, die Produktions- und Distributionsstrukturen, der rechtlich regulative Rahmen und die Märkte,

die Akteurfigurationen und Interaktionsmuster passen in solchen Fällen nicht nur punktuell, sondern insgesamt in ihrem systemprägenden Zusammenspiel nicht mehr annähernd zu den Eigenheiten und Verwendungsmöglichkeiten der neuen Technologien. Der bestehende soziotechnische *match* büßt dadurch seine Funktionalität ein: »The system turns from being an asset into a liability« (van Waarden/Oosterwijk 2006: 444).

Neue Technologien verfügen also dann über eine große Eingriffstiefe, wenn sie dem Sektor radikal neue Entwicklungsmöglichkeiten eröffnen, die sich unter den bestehenden organisationalen, strukturellen und institutionellen Bedingungen nicht annähernd ausschöpfen lassen. Dadurch baut sich ein außergewöhnlicher, unter den gegebenen Bedingungen nicht mehr aufzufangender und kanalisierbarer technologischer Veränderungsdruck auf, der das vorhandene soziotechnische Gefüge des Sektors insgesamt infrage stellt. Um die technologische Eingriffstiefe zu bestimmen ist es also entscheidend, wie stark das technologisch Mögliche und das unter den gegebenen Bedingungen eines Sektors Machbare auseinanderklaffen.

Die sektorale Aneignung und Ausschöpfung eingriffstiefer Technologien erfordert nicht unbedingt oder typischerweise eine vollständige Ablösung der bestehenden soziotechnischen Konstellationen und deren Ersetzung durch grundlegend neue. Der durch eingriffstiefe Technologien angestoßene Transformationsbedarf bewegt sich vielmehr zwischen radikalem Bruch und substanzieller Erneuerung.

Das disruptive Potenzial neuer Technologien kann prinzipiell so groß sein, dass es sich nur über einen *radikalen Bruch* mit den gegebenen soziotechnischen Bedingungen, dem etablierten sektoralen Regulationsmuster realisieren lässt. In einem solchen extremen Fall stünde alles zur Disposition: die technologische Basis des Sektors, die bestehenden Märkte, die Organisation von Produktion und Distribution, die vorhandenen Regelungsstrukturen und auch die etablierten Akteure des Sektors. Ein solcher radikaler Bruch ist allerdings nur dann realistisch, wenn das Neue grundsätzlich nicht zum Bestehenden passt und auch eine substanzielle Erneuerung des Sektors durch Integration und Erweiterung den Potenzialen der neuen Technologien nicht gerecht werden kann. Eine derart radikale Perspektive ist für die weitere Transformation der Musikindustrie zumindest nicht ausgeschlossen.

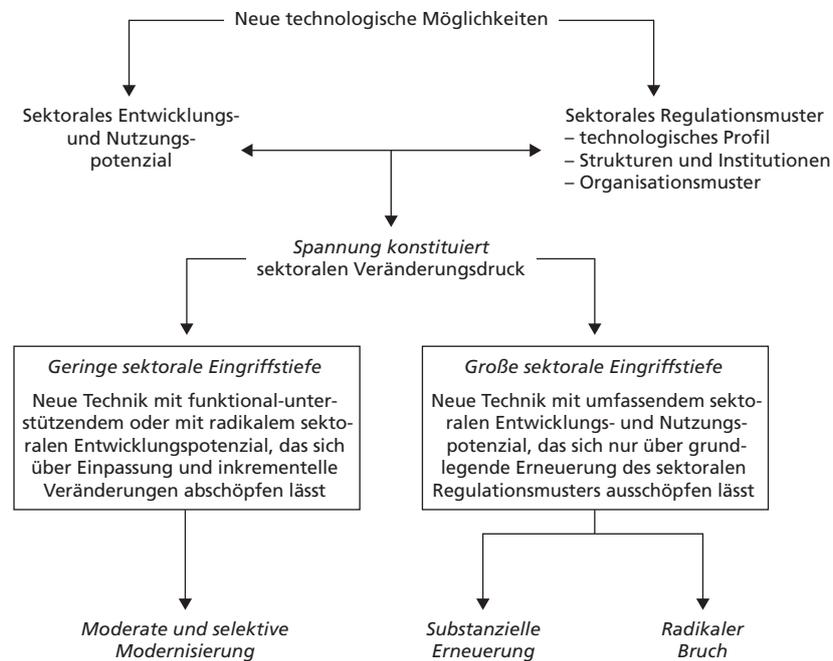
Typischer ist es aus meiner Sicht allerdings, dass die Potenziale eingriffstiefer Technologien über Spielarten einer *substanziellen Erneuerung und Erweiterung* des Sektors realisiert werden. Die neuen Technologien gewinnen an Bedeutung, sind aber nicht völlig unvereinbar mit den bestehenden Technologien. Das vorhandene technologische Profil des Sektors verändert sich durch seine nachhaltige Erweiterung um die neuen Technologien, die mit der Zeit dominant werden,

ohne dass die bestehenden, die ebenfalls oft weiterentwickelt werden, obsolet würden. Die neuen Technologien erfordern zwar weitreichende Neuausrichtungen in Forschung und Produktion und benötigen zu ihrer Entwicklung und Nutzung wesentlich andere Organisationsformen, Interaktionsbeziehungen und Regelungsstrukturen, entfalten also einen starken Druck zur sozioökonomischen und institutionellen Neustrukturierung des Sektors insgesamt, stellen aber nicht alles zur Disposition. Grundlegend Neues und weiterentwickeltes Altes – neue und bestehende Technologien, darauf abgestimmte Organisationsmuster, Strukturen und Institutionen – lassen sich auf produktive Weise miteinander (re-)kombinieren. Der technologische Veränderungsdruck ist auch hier gravierend: Das Potenzial der neuen Technologien lässt sich nur durch eine umfassende sektorale Veränderung abrufen, die allerdings nicht einen völligen Bruch mit den gegebenen soziotechnischen Konstellationen erfordert, sondern über substantielle sektorale Erneuerungs-, Umbau- und Erweiterungsprozesse erfolgen kann. Die skizzierte Transformation des Pharmasektors durch die Biotechnologie ist in den 1980er- und 1990er-Jahren einem solchen Entwicklungsmuster gefolgt.

4.5 Technologische Eingriffstiefe als forschungspragmatisches Konzept

Mit dem Konzept der Eingriffstiefe wird Technik in den Rang eines eigenständigen Einflussfaktors sektoralen Wandels gehoben. Zwar ist es nicht die Technik selbst, sondern das an ihr ausgerichtete soziale Handeln – Erwartungen, Entwicklungs- und Produktionsstrategien, Nutzungsmuster und dergleichen –, das diesen Prozess vorantreibt. Der Einfluss neuer technologischer Möglichkeiten auf einen Sektor liegt darin begründet, dass zur Realisierung ihres Potenzials mehr oder minder gravierende Veränderungen organisationaler, sozioökonomischer und institutioneller Art erforderlich werden. Insbesondere universell verwendbare neue Querschnittstechnologien (wie zum Beispiel das Internet), aber auch neue Technologiefelder, die die soziotechnischen Profile mehrerer Sektoren berühren (wie die neue Biotechnologie oder die Nanotechnologie) eröffnen unterhalb der ihnen allgemein zuschreibbaren typischen Eigenheiten jeweils spezifische sektorale Entwicklungs- und Nutzungshorizonte. Je relevanter die neuen technologischen Möglichkeiten für die Reproduktion eines Sektors werden und je weniger sie im Rahmen des dort etablierten Regulationsmusters noch verarbeitet und ausgeschöpft werden können, desto größer ist deren sektorale Eingriffstiefe und desto intensiver ist der Veränderungsdruck, den sie

Abbildung 3 Sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien



auf die bestehenden Strukturen, Institutionen, Organisationsmuster und Handlungsorientierungen ausüben.

Eingriffstiefe ist also kein autonomes, allein aus der Technologie, um die es geht, begründbares Konzept, sondern ein relationales: Sie bestimmt sich sowohl aus den sektorspezifischen Entwicklungs- und Verwendungsmöglichkeiten, die eine neue Technologie eröffnet, als auch aus der strukturellen und institutionellen Verfasstheit des Sektors, dem sie sich anbietet. Erst aus der Spannung zwischen dem technologisch Möglichen und dem unter den gegebenen Verhältnissen Machbaren ergeben sich die Eingriffstiefe neuer Technologien und der durch sie ausgelöste Veränderungsdruck. Dieser durch neue technologische Möglichkeiten angestoßene *mismatch* zwischen neuer Technik, sozioökonomischer Struktur und institutioneller Verfasstheit kann unterschiedlich ausgeprägt sein (Abbildung 3).

Auch grundlegend neue Technologien können eher moderate sektorale Anpassungen erfordern, um ihr Potenzial zu realisieren. Das ist dann der Fall, wenn sie vornehmlich funktional unterstützende Bedeutung haben, aber nicht kon-

stitutiv für die weitere Reproduktion des Sektors sind – die beschriebene Nutzung internetbasierter Technologien in der Automobilproduktion ist ein solches Beispiel. Das ist aber auch möglich, wenn eine neue Technik die technologische Basis eines Sektors grundlegend verändert und ihm neue Entwicklungsperspektiven eröffnet – solange sich die Potenziale der neuen Technik weitgehend im Rahmen des etablierten Regulationsmusters, der bestehenden Strukturen, Institutionen und Organisationsformen realisieren lassen. Die erwähnte Ablösung der Schallplatte durch die CD – eine radikale Innovation für den Musiksektor – ist ein solcher Fall. In beiden Varianten stützen die neuen Technologien die bestehenden sektoralen Verhältnisse. Ihre Eingriffstiefe ist entsprechend gering.

Am anderen Ende des Spektrums steht das, was Clayton M. Christensen und Joseph L. Bower (1996: 201) als »trajectory-disrupting technological changes« bezeichnet haben. Die neuen technologischen Möglichkeiten verändern die technologische Basis des Sektors in seiner Substanz. Und sie treffen auf organisationale, strukturelle und institutionelle Bedingungen, die insgesamt nicht mehr zu ihnen passen. Die Ausschöpfung ihrer Potenziale ist dann über moderate Anpassungsleistungen nicht mehr realistisch. Sie erfordert vielmehr einschneidende Veränderungen des sektoralen Regulationsmusters, die im Extremfall die bisherige Konstitution des Sektors vollständig zur Disposition stellen, zumindest aber eine substanzielle Erneuerung und Restrukturierung des Sektors notwendig machen. Diese starke Diskrepanz zwischen neuer Technik und den bestehenden Verhältnissen ist es, durch die sich jener für eingriffstiefe Technologien typische große Veränderungsdruck aufbaut, mit dem sich davon betroffene Sektoren und ihre (etablierten) Akteure auseinanderzusetzen haben.

Wie lässt sich das vorgestellte Konzept forschungspragmatisch wenden? Quantitativ eindeutig messen lässt sich technologische Eingriffstiefe nicht. Das war auch nicht das Ziel der Überlegungen. Es handelt sich vielmehr um eine für die Entwicklung prospektiver Szenarien ebenso wie für rekonstruierende Fallanalysen nutzbare Heuristik, die sich allerdings entlang einer Reihe von qualitativen Kriterien präzisieren lässt. Wenn technikinduzierter sektoraler Wandel empirisch untersucht wird, dann ist danach zu fragen, welche Verwendungspotenziale neue technologische Möglichkeiten im Sektor haben, wie weitreichend sie in sein bestehendes soziotechnisches Profil eingreifen und in welchem Ausmaß zu ihrer Entwicklung und Realisierung sektorale Neustrukturierungen erforderlich sind.³ Zu untersuchen ist dann, inwieweit die neuen technologischen Möglichkeiten

³ Ich habe dieses Programm, allerdings noch ohne dazu das Konzept der Eingriffstiefe zu bemühen, für die Wirkungen der Biotechnologie auf den Pharmasektor (in Dolata 2003: 155–174) durchgespielt. Auch in meinen Arbeiten zur Rolle des Internets bei der Transformation der Musikindustrie (in Dolata 2008a) finden sich entsprechende empirische Hinweise.

- das technologische Profil des Sektors verändern, vorhandene Wissensgrundlagen und Kompetenzen erweitern beziehungsweise zerstören;
- die bestehenden Forschungs- und Entwicklungs-, Produktions-, Distributions- und Marktstrukturen beeinflussen;
- institutionelle Neujustierungen (zum Beispiel in Gestalt rechtlich-regulativer Rahmensetzungen oder in Form veränderter sektoraler Leitorientierungen) notwendig machen;
- die etablierten Akteure unter Veränderungsdruck setzen, das Entstehen neuer Akteure begünstigen und die sektoralen Akteurfigurationen insgesamt infrage stellen;
- neue Formen kooperativer Interaktion und Konkurrenz ermöglichen beziehungsweise erzwingen; sowie
- die bisherigen Grenzen des Sektors öffnen oder erweitern und eine stärkere Interpenetration verschiedener Sektoren auslösen.

Den Ausgangspunkt aller Überlegungen zur Sache bildet die Frage, wie einschneidend die sektoralen Entwicklungs- und Nutzungspotenziale der neuen Technologie sind und wie stark sie das bestehende *technologische Profil* des unter Beobachtung stehenden Sektors tangieren. Im einen Extremfall eröffnen sie die Perspektive einer sukzessiven Auflösung der vorhandenen technologischen Basis und ihrer Ablösung durch ein grundlegend neues technologisches Design. Die alten Technologien erschöpfen sich, und die um sie herum ausgebildeten Kompetenzen werden radikal entwertet. Das Einwirkungspotenzial der neuen Technologie auf die technologischen Grundlagen des Sektors ist in solchen Fällen sehr groß. Im anderen Extremfall bleibt das sektorale Potenzial neuer Technologien begrenzt. Ihre selektive Nutzung trägt zu einer moderaten Modernisierung der technologischen Grundlagen bei und lässt sich ohne größere Anpassungsprobleme in das bestehende technologische Design, das dadurch nicht infrage steht, einpassen. Im Zwischenfeld schließlich können neue Technologien das Potenzial haben, die bestehenden technologischen Grundlagen des Sektors substantziell zu verändern, ohne dass diese dabei völlig obsolet würden. Die vorhandene technologische Basis des Sektors und die neuen technologischen Möglichkeiten sind nicht inkompatibel, sondern können sich auf produktive Weise ergänzen. Die neuen Technologien werden mit der Zeit dominant und erweitern die technologische Basis des Sektors substantziell. Auch hier ist ihr Einwirkungspotenzial groß, geht allerdings eher mit einer signifikanten Kompetenzerweiterung als mit einer radikalen Kompetenzerstörung einher.

Die daran anschließende Frage ist, welche *sozioökonomischen Struktureffekte* und *institutionellen Veränderungen* durch das Aufkommen grundlegend neuer Technologien möglich beziehungsweise notwendig werden. Dies betrifft zum einen die

für den Sektor typischen Formen der Forschung und Entwicklung. Zu untersuchen sind dabei sowohl Auswirkungen der Technologien auf die Organisation der Forschung und Entwicklung in Unternehmen als auch Veränderungen der Rolle der akademischen Forschung sowie neu entstehende Zwänge kooperativer Zusammenarbeit zwischen Unternehmen oder zwischen Industrie und öffentlichen Forschungseinrichtungen. Dies betrifft zweitens die Frage, wie sehr die neue Technologie Restrukturierungen in der Produktion, in der sektoralen Arbeitsteilung und in den Distributionsstrukturen ermöglicht oder einfordert. Dies betrifft darüber hinaus drittens ihr Restrukturierungspotenzial in Bezug auf die bestehenden sektoralen Märkte und Marktbeziehungen und die Fragen, ob und in welchem Maße innovative Produkte entstehen können, die bestehenden Märkte erodieren und durch neue ersetzt werden, sich neue Marktsegmente herausbilden oder neue Formen nicht marktlichen Tauschs entstehen und sich neben kommerziellen Märkten etablieren können (Currah 2007a). Darüber hinaus ist abzuschätzen, welche institutionellen und politischen Effekte die neuen Technologien haben können, in welchem Ausmaß sie also Veränderungen in den sektoralen Lektorientierungen sowie den regulativen und normativen Regelungsstrukturen ermöglichen beziehungsweise erfordern.

Auch die potenziellen Wirkungen, die neue Technologien auf die *Akteurfigurationen und Interaktionsmuster* entfalten können, sind in den Blick zu nehmen. Das betrifft zum einen die etablierten Akteure, die den Sektor bis dahin getragen haben. Sie können unter mehr oder minder starken Druck geraten, ihre Organisationsstrukturen und Handlungsorientierungen neu auszurichten. Dies betrifft zum anderen aber auch die Möglichkeiten und Spielräume, die sich neuen, bis dahin nicht zum Kern des Sektors zählenden Akteuren bieten, dort zu reüssieren und dessen Akteurfigurationen einschließlich der eingespielten Macht- und Einflussstrukturen zu irritieren oder zu verschieben. Das können bereits etablierte externe Unternehmen, die in den Sektor eindringen, oder auch neue Unternehmen wie zum Beispiel Start-up-Firmen sein, die sich an den Rändern des Sektors formieren. Das können auch neue politische Regulierungsinstanzen sein, die mit der Konkretisierung der neuen technologischen Möglichkeiten notwendig werden. Dazu zählen auch mit klassischen Organisationskriterien nicht zu fassende kollektive Akteure wie beispielsweise soziale Bewegungen, nicht kommerzielle Technikentwicklungs-Gemeinschaften (wie die Open-Source-Bewegung oder Hacker-Communities), *file sharer* oder Konsumenten, die sich um die neue Technologie herum ausbilden und ihre Entwicklung und Aneignung in einer bestimmten Weise beeinflussen. Neben den Veränderungen der Akteurfigurationen sind schließlich auch Neujustierungen in den sektoralen Interaktionsbeziehungen, also den zwischen den Akteuren bestehenden Kooperations- und

Konkurrenzmustern zu analysieren. Dies betrifft vor allem die Frage, ob und in welchem Ausmaß die neuen Technologien neuartige Formen kooperativen Austauschs zwischen konkurrierenden Akteuren ermöglichen oder erzwingen.

Schließlich ist einzuschätzen, ob und wie sehr die neuen Technologien bestehende *Grenzbeziehungen* des Sektors verschieben oder das Zusammenspiel mit anderen Sektoren (und den durch sie erbrachten Leistungen) intensivieren. Diese Frage stellt sich, sobald die neuen Technologien an den Rändern eines Sektors entstehen oder völlig von außen kommen. Ein bestehender Sektor kann dadurch seine Gestalt in gravierender Weise verändern. Er kann sich durch die Aufnahme um seine innovativen Ränder signifikant erweitern – um neue Innovationsmilieus, dort herausgebildete Strukturen, Regeln, Leitorientierungen und Akteure, die auch seine bisherigen Kernstrukturen nicht unberührt lassen. Er kann durch die massive Invasion neuer Technologien und Akteure aus anderen Sektoren im Extremfall aber auch die in seinen bis dahin klar definierten Grenzen vorhandene Gestaltungsautonomie verlieren und zu einem (abhängigen) Teilbereich eines anderen Sektors werden.

Die hier vorgestellten qualitativen Indikatoren zur Einschätzung der Eingriffstiefe neuer Technologien haben von Sektor zu Sektor ein unterschiedliches Gewicht. Je nachdem, ob es sich um einen selbst forschenden und innovierenden Sektor handelt oder nicht, spielen beispielsweise die durch neue Technologien möglichen beziehungsweise erforderlichen Veränderungen in der Organisation von Forschung und Entwicklung eine unterschiedliche Rolle. Entscheidend für die Bestimmung der Eingriffstiefe ist, wie sehr die Potenziale der neuen Technologien wichtige Elemente und das Regulationsmuster des Sektors als bis dahin funktionsfähiges System insgesamt herausfordern und infrage stellen.

Große technologische Eingriffstiefe heißt zunächst allerdings nur, dass sich mit dem Aufkommen grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten ein starker Veränderungsdruck aufbaut, der sich als zunehmende Diskrepanz zwischen der neuen Technologie und einem zu ihr nicht mehr passenden sektoralen Regulationsmuster darstellt. Aus dieser Diskrepanz lässt sich natürlich nicht umstandslos auf reale sektorale Dynamiken und Neustrukturierungen schließen. Die neuen eingriffstiefen Technologien konstituieren für sich genommen lediglich zuvor nicht gekannte Möglichkeiten, deren Potenziale sich, wenn überhaupt, dann nur realisieren lassen, wenn sich die soziotechnischen Konstellationen des Sektors substanziell verändern. Der durch neue technologische Möglichkeiten ausgelöste Druck auf einen Sektor baut sich zunächst auf, stößt unterschiedlich weitreichende Such- und Transformationsprozesse an und baut sich im Zuge der Institutionalisierung der neuen Technologien auch wieder ab. Wie das konkret vonstattengeht, was sich tatsächlich verändert und wer diese Veränderungen

voranbringt – das hängt von sozialen Prozessen der Wahrnehmung, Aufnahme, Aneignung, Auseinandersetzung und (Um-)Nutzung, also vom konkreten Umgang eines Sektors und seiner Akteure mit den neuen technologischen Möglichkeiten ab. Das ist das zentrale Thema des folgenden Kapitels.

Kapitel 5

Neue Technologien und sektorale Adaptionsfähigkeit

5.1 Brückenschlag: Technologische Transformationsimpulse und ihre sektorale Verarbeitung

Mithilfe des Konzepts der Eingriffstiefe lässt sich die potenzielle Bedeutung und Sprengkraft neuer Technologien für einen Sektor analysieren und erklären. Damit ist aber noch nichts darüber gesagt, wie der betroffene Sektor und seine Akteure mit neuen technologischen Möglichkeiten konkret umgehen und durch Technik angestoßener Wandel sich tatsächlich vollzieht, wie also der sich aufbauende Veränderungsdruck in einem Wirtschaftssektor wahrgenommen, aufgegriffen und verarbeitet wird. Klar ist: Insbesondere innovative Technologien können neue Märkte konstituieren, bestehende Konkurrenzkonstellationen verschieben, neue Formen kooperativer Interaktion erfordern, neue Akteure hervorbringen und die etablierten unter Druck setzen, die Anpassung rechtlich-regulativer Rahmenbedingungen erzwingen oder auch Lebensstile und Konsummuster verändern. Ob, wie, in welchem Ausmaß und mit welchen Konsequenzen all dies geschieht – das ist das Feld genuin sozialer Prozesse und Dynamiken, die durch technologische Innovationen zwar angestoßen und durch die distinkten Charakteristika der Technik, um die es jeweils geht, mitgeprägt werden, deren Verlauf und Resultate allerdings keineswegs durch sie determiniert sind.

Vor allem neue disruptive Technologien, die das bestehende soziotechnische Gefüge eines Sektors substanziell herausfordern und sein Regulationsmuster infrage stellen, lösen dort oft zunächst Irritationen aus und erhöhen die Handlungsunsicherheit. Sie drängen die bereits etablierten Akteure zu außergewöhnlichem Handeln jenseits bestehender Leitorientierungen, Regeln, Normen und Routinen, konstituieren Nischen und Spielräume für neue Akteure, stoßen zunächst tastende, kontroverse und umkämpfte Suchprozesse nach technologischen, institutionellen und (inter-)organisationalen Neuausrichtungen an – und konstituieren mit alldem auch auf der sektoralen Ebene jene *periods of mismatch*, von denen bereits die Rede war. Grundlegend neue technologische Möglichkeiten, die oft zunächst an den Rändern oder außerhalb eines Sektors

entstehen, wirken allerdings nicht als unumstößliche Imperative des Wandels, der sich so und nicht anders zu vollziehen hat, sondern als wichtige Impulsgeber mehr oder minder weitreichender soziotechnischer Veränderungen. Sie führen nicht – dies wäre ein deterministischer Kurzschluss – folgerichtig und zwangsläufig zur Herausbildung neuer adäquater oder effizienter Regulationsmuster und Handlungsorientierungen, sondern treffen zunächst auf etablierte und eingespielte soziotechnische Strukturen, Institutionen und Entwicklungspfade, Macht- und Interessenkonstellationen, die jeweils spezifische Ausgangsbedingungen des Wandels konstituieren. Sie können darüber hinaus von den beteiligten Akteuren in unterschiedlicher Weise wahrgenommen, interpretiert, verarbeitet und – wenn es ihnen probat erscheint und sie dazu in der Lage sind – auch umgedeutet oder zurückgewiesen werden.

Auf welche Weise dies geschieht, wie also mit dem Veränderungsdruck, der sich mit dem Aufkommen neuer technologischer Möglichkeiten aufbaut, in einem Sektor umgegangen wird, wie stark er sich in strukturellen, institutionellen und organisationalen Neujustierungen niederschlägt, welche Varianten und Verlaufsformen Prozesse des sektoralen Wandels durch Technik annehmen können – das sind die Kernfragen, denen in diesem Kapitel nachgegangen wird.

Ich führe dazu ein *zweites basales analytisches Konzept* ein: Die soziale Wahrnehmung, Aufnahme und Verarbeitung neuer technologischer Möglichkeiten bezeichne ich als *sektorale Adaptionsfähigkeit*. Damit meine ich nicht einfach ein reaktives Anpassungsvermögen eines Sektors und seiner Akteure an veränderte technologische Gegebenheiten. Das würde der Dynamik, Unsicherheit und Ambiguität technologischer Umbrüche nicht gerecht werden. In der Regel werden Sektoren nicht mit fertigen Technologien konfrontiert, die lediglich aufgegriffen, verwendet und in ein adäquates institutionelles Gefüge eingepasst werden müssen. Grundlegend neue, aber auch substanzielle Weiterentwicklungen bestehender Technologien befinden sich vielmehr über längere Zeiträume *in the making*. Ihre Potenziale sind zunächst erst schemenhaft erkennbar, ihre künftigen Verwendungsmöglichkeiten noch nicht klar definiert. Sie stimulieren zu Beginn uneindeutige und oft kontroverse Erwartungen sowohl über ihre Anwendungen als auch über ihre sozialen Konsequenzen, die sich im Laufe der Zeit verfeinern und konkretisieren, oft aber auch revidiert oder substanziell erneuert werden und sich erst in längeren Such- und Selektionsprozessen zu neuen und vergleichsweise stabilen technologischen Realitäten verdichten (van Lente/Rip 1998; Bender 2006, 2007; Böhle 2007).

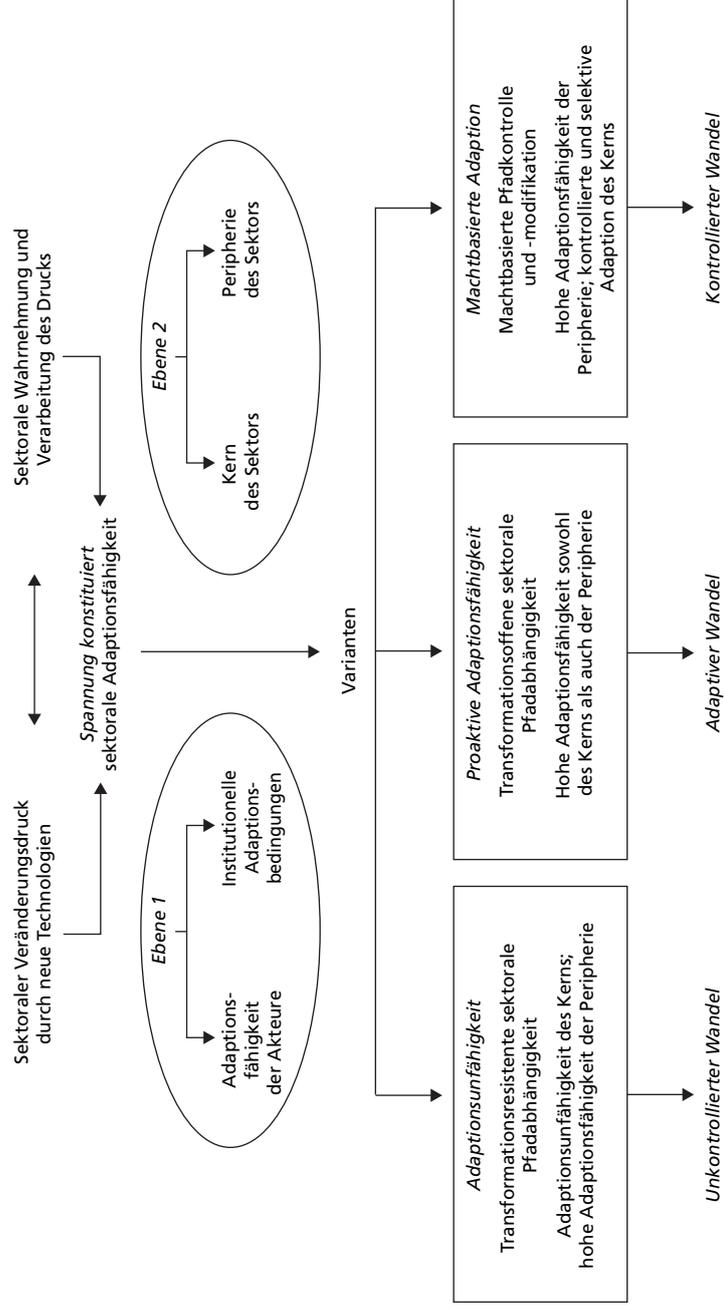
Vor diesem Hintergrund kann sich die Adaptionsfähigkeit eines Sektors und seiner Akteure nicht daran messen lassen, wie dort auf bereits gefestigte neue technologische Gegebenheiten reagiert wird. Zu diesem Zeitpunkt sind die wesentlichen Anpassungsprozesse bereits gelaufen. Entscheidend ist viel-

mehr, wie mit den mit neuen technologischen Möglichkeiten einhergehenden soziotechnischen Unsicherheiten und Ambiguitäten über die Zeit umgegangen wird, wie also sowohl die zunächst noch unfertigen und anwendungsoffenen Technologien als auch deren mögliche beziehungsweise notwendig erscheinende strukturelle, institutionelle und organisationale Effekte in einem Sektor antizipiert, aufgegriffen und bearbeitet werden. Dies geschieht nicht in kurzer Frist und in einem einmaligen Akt der Aneignung, sondern im Zuge längerer und ineinandergreifender Prozesse technischer Weiterentwicklung und sozialer Restrukturierung.

Dieses zweite Konzept wird im Folgenden schrittweise entwickelt und ausformuliert. Das geschieht über eine typologisierende Betrachtung unterschiedlicher Varianten sektoraler Adaptionfähigkeit, deren distinkte Merkmale jeweils anhand empirischer Fälle eingeführt und plausibilisiert werden. Ich unterscheide im Verlauf des Kapitels drei meines Erachtens wesentliche *Varianten von Adaptionfähigkeit* (Abbildung 4):

1. *Adaptionsunfähigkeit.* Sektoren können durch Persistenz und Strukturkonservatismus auf der System- und der Akteurebene geprägt sein, die die Antizipation und Annahme neuer technologischer Herausforderungen erschweren, einen frühzeitigen und gerichteten sektoralen Wandel behindern und stattdessen unkontrollierte und krisenhafte Veränderungen auslösen, die dann oft von den Rändern des Sektors ausgehen oder von außen kommen und maßgeblich von neuen oder sektorexternen Akteuren angetrieben werden (Abschnitt 5.2).
2. *Proaktive Adaptionfähigkeit.* Sektoren können sich aber auch – dies ist das andere Ende des Möglichen – durch eine strukturelle, institutionelle und organisationale Offenheit und Flexibilität auszeichnen, die eine frühe Wahrnehmung und aufgeschlossene Verarbeitung neuer technologischer Möglichkeiten im Kernbereich des Sektors durch seine etablierten Akteure, Strukturen und Institutionen ermöglichen, die in solchen Fällen zu wichtigen Trägern einer proaktiven und stärker kontrollierten Restrukturierung werden (Abschnitt 5.3).
3. *Machtbasierte Adaption.* Schließlich können Sektoren und deren etablierte Akteure aufgrund der vorhandenen Machtfigurationen auch in der Lage sein, grundlegend neue technologische Möglichkeiten über einen längeren Zeitraum erfolgreich abzublocken, kleinzuarbeiten oder nur partiell aufzugreifen und damit einen Prozess nur moderater Restrukturierung zulassen, in dessen Verlauf der bestehende soziotechnische *match*, die institutionelle Basis und die Akteurfigurationen des Sektors nicht in größere Unordnung geraten oder gar zur Disposition stehen (Abschnitt 5.4).

Abbildung 4 Sektorale Adaptionfähigkeit



Über die Erkundung und Erklärung dieser drei Varianten wird Adaptionfähigkeit sukzessive zu einem analytischen Konzept technikinduzierten sektoralen Wandels verdichtet, das im Anschluss (Abschnitt 5.5) zu einem auch für empirische Analysen handhabbaren Gesamtbild zusammengesetzt wird.

5.2 Variante I: Adaptionunfähigkeit

Es ist nicht ungewöhnlich, dass neue technologische Möglichkeiten und ihre (potenziellen) Wirkungen dann, wenn sie nicht in das etablierte soziotechnische Profil eines Sektors passen, dort erst spät wahrgenommen, zunächst unterschätzt und insgesamt zögerlich aufgegriffen werden.

Die bestehenden Strukturen und Institutionen solcher Sektoren sind oft gut eingespielt und reibungslos funktionsfähig. Ihre Kernakteure sind routiniert, erfolgreich und auch innovativ, solange es um die Organisation und die Weiterentwicklung etablierter Geschäftsfelder und Technologien geht, die die institutionellen Grundlagen und die darauf aufbauenden Handlungsorientierungen – Leitbilder, Geschäftspraktiken, Operations- und Veränderungsrouitinen – des Sektors nicht grundsätzlich infrage stellen. Grundlegend neue technologische Möglichkeiten werden dagegen zunächst mit Unverständnis und einer Neigung zur Gering- beziehungsweise Unterschätzung wahrgenommen. Es folgen regelmäßig erste Verarbeitungsformen, die auf die Verteidigung des Status quo ausgerichtet sind und darauf zielen, das Neue möglichst weitgehend in die bestehenden Strukturen, Institutionen und organisationalen Prozeduren zu integrieren. Erst vor dem Hintergrund eines massiven und unabweisbaren Veränderungsdrucks, der in aller Regel von den Rändern des Sektors oder von außen kommt, lassen sich die etablierten Akteure auf institutionelle und organisationale Neuausrichtungen ein, die über inkrementelle Anpassungsleistungen hinausreichen.

Sektoren, die diesem Verlaufsmuster folgen, zeichnen sich in ihrem Kernbereich typischerweise durch eine hohe institutionelle und organisationale Stabilität und zugleich durch eine geringe Adaptionfähigkeit gegenüber grundlegend neuen technologischen Möglichkeiten aus. Sie werden dadurch anfällig für disruptiven, krisenhaften und vom Kern nicht mehr kontrollierbaren Wandel, der meist von Dynamiken und Akteuren angestoßen und getragen wird, die entweder von außen kommen oder sich an den Rändern des Sektors formieren.

Drei Fallbeispiele, die unterschiedliche Aspekte von Adaptionunfähigkeit herausstellen, sollen dies zunächst illustrieren.

Fall 1: IBM und der Personal Computer

Der erste Fall ist typisch für die folgenreiche Unterschätzung und Fehldeutung eines bevorstehenden technologischen Umbruchs durch einen sektoralen Kernakteur.

Bis Ende der 1970er-Jahre war die Computerindustrie durch die Entwicklung von Großrechnern geprägt und wurde durch einen mächtigen Anbieter eindeutig dominiert. IBM produzierte als vertikal integrierter Konzern alle Komponenten von *mainframes* und beherrschte diesen Markt fast vollständig. Trotz (oder gerade wegen) seiner monopolartigen Stellung und Technologieführerschaft im Sektor hat das Management in der zweiten Hälfte der 1970er-Jahre die Entwicklung und Vermarktungsmöglichkeiten des Personal Computer, der das folgende Jahrzehnt beherrschen sollte, zunächst unterschätzt: »Executives at IBM were caught up in a »main-frame logic« (Garud/Nayyar1994: 379). Dementsprechend überließen sie die frühen Erkundungen des neuen Terrains Bastlern und Computerfreaks, die ab Mitte der 1970er-Jahre erste Kleincomputer wie den Altair 8800 zunächst vor allem für ihre *communities* entwickelten. Aus diesem Umfeld profilierten sich Intel als Anbieter von Halbleitern, Microsoft als Entwickler von Betriebssystemen sowie Apple, Commodore und Tandy als erste Anbieter von Mikrocomputern, die 1977 auf den Markt kamen. IBM entschied dagegen erst 1980, in dieses neue Segment einzusteigen und führte im folgenden Jahr den ersten eigenen PC auf einem Markt ein, der sich zu dieser Zeit noch in einem embryonalen Zustand befand.

Aufgrund seiner Technologiekompetenz, Marktmacht und Autorität wäre IBM auch als *second mover* durchaus in der Lage gewesen, dieses neue Marktsegment in ähnlicher Weise zu dominieren, wie dies bei *mainframes* seit Langem der Fall war. Und tatsächlich setzte der Aufschwung des PC-Segments zu einem Massenmarkt erst mit dem Einstieg des Branchenführers ein. Wesentlich bedeutsamer als der vergleichsweise späte Einstieg war in diesem Fall eine Fehleinschätzung der Konzernführung, die weitreichende Auswirkungen auf die weitere Strukturierung des PC-Marktes und die Stellung von IBM hatte. Um den eigenen Markteintritt in das neue Geschäftsfeld zu beschleunigen, wurde entschieden, dessen wesentliche Komponenten nicht, wie es bis dahin üblich war, im Konzern selbst zu entwickeln oder exklusiv einzukaufen – und also das eigene Produkt über Patente und proprietäre Standards umfassend zu schützen. Stattdessen wurde die Entwicklung von Mikroprozessoren und Betriebssystemen für die IBM-PCs zwei externen Anbietern – Intel und Microsoft – überlassen und von ihnen einlizenziert. Doch nicht nur dies: IBM eröffnete den beiden Unternehmen zudem die Möglichkeit, ihre Produkte ohne Einschränkungen auch an andere Hersteller zu verkaufen (Chandler 2001; Ichbiah/Knepper 1991).

Die außerordentlichen Konsequenzen dieser Entscheidung sind von der IBM-Führung, die Anfang der 1980er-Jahre in *mainframes* auch weiterhin das Kerngeschäft des Konzerns sah und den entstehenden PC-Bereich eher als neuen Nebenerwerb betrachtete, zu diesem Zeitpunkt nicht antizipiert worden. Mit seinen nicht proprietären, auf Mikroprozessoren von Intel und Betriebssoftware von Microsoft basierenden Systemen konnte IBM zwar früh einen De-facto-Standard für PCs etablieren, der sich schnell industrieweit durchsetzte und marktconstituierend wirkte. Der Konzern eröffnete damit allerdings zugleich zahllosen anderen Anbietern die Möglichkeit, IBM-kompatible PCs zu entwickeln und als zum Teil deutlich günstigere Klone auf einen fortan hochkompetitiven Markt zu bringen. IBM blieb zwar (mit einem weltweiten Marktanteil von gut 22 Prozent in 1989; Chandler 2001: 141) auch auf dem PC-Markt zunächst noch ein wichtiger Spieler, konnte dessen Entwicklung allerdings nicht annähernd so prägen und kontrollieren wie den Markt für Großrechner. Hinzu kam, dass IBM mit dieser Weichenstellung zu Anfang der 1980er-Jahre den außerordentlichen Aufschwung von Microsoft und Intel erst möglich gemacht hat. Nicht nur jeder IBM-PC, sondern auch jeder IBM-kompatible PC wurde nunmehr mit Intel-Chips und Microsoft-Betriebssystemen ausgestattet. Das katapultierte die beiden Unternehmen in sehr kurzer Zeit nicht nur in den Rang von Weltmarktführern bei Halbleitern beziehungsweise Computer-Software. Sie wurden damit auch zu Technologieführern in der Computerindustrie und prägten mit ihren Innovationen fortan deren weitere Entwicklung (Langlois/Robertson 1992).

Die folgenschwere Weichenstellung Anfang der 1980er-Jahre führte also nicht nur zu einem signifikanten Kontrollverlust des früheren Monopolisten über die weitere Entwicklung des neuen Marktsegments. Sie markierte zugleich den Startpunkt der fulminanten Erfolgsgeschichte von Microsoft und Intel als neuen standardsetzenden Akteuren der Software- und Halbleiterindustrie sowie den Beginn einer einschneidenden Restrukturierung des Sektors selbst, der sich in der Folge durch die Etablierung neuer Computerhersteller (wie Compaq, Dell oder Hewlett-Packard) und eine anhaltend intensive kompetitive Dynamik zwischen ihnen auszeichnete (Kenney/Curry 2001).

Fall 2: Der deutsche Pharmasektor und die Gentechnik

Der zweite Fall, die im internationalen Vergleich späte und zögerliche Hinwendung des deutschen Pharmasektors zur Gentechnik, geht deutlich über die situative Adaptionsunfähigkeit eines zentralen Akteurs hinaus. Er lenkt die Aufmerksamkeit auf einen Sektor, der sich in der zweiten Hälfte der 1970er- und der ersten Hälfte der 1980er-Jahre nicht nur durch eine kollektive Antizipations-

unfähigkeit seiner Kernakteure – der Chemie- und Pharmakonzerne – gegenüber einem für sie grundlegend neuen Technologiegebiet auszeichnete, sondern zugleich durch adaptionsunfähige Strukturen und Institutionen geprägt war.

Die wesentlichen Anstöße zur Kommerzialisierung der Gentechnik kamen ab Mitte der 1970er-Jahre aus den USA. Sie konzentrierte sich dort schnell auf die Entwicklung neuer Therapeutika, Impfstoffe und Diagnostika, wurde von einer Gründungswelle biotechnologischer Start-up-Firmen getragen und war geprägt von engen systematischen Beziehungen zwischen öffentlicher Grundlagenforschung und privatwirtschaftlicher Forschung und Entwicklung (Orsenigo 1989). Die deutschen Pharmakonzerne, die in dieser Zeit immerhin eine führende Rolle auf dem Pharma-Weltmarkt spielten, haben auf diese Entwicklungen in den USA zunächst mit Desinteresse und Unverständnis reagiert und sich erst in der ersten Hälfte der 1980er-Jahre, zum Teil auch erst ab Mitte des Jahrzehnts intensiver auf diese neue Technologie eingelassen.

Dies lag in erster Linie an den Chemie- und Pharmakonzernen selbst. Vor allem ihre international starke Position in der organischen Chemie hatte, 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. Ihre hierarchischen Strukturen erwiesen sich zudem als wenig durchlässig für frühe Hinweise zum Beispiel von Forschungsleitern, diese neue Technologie ernst zu nehmen und entsprechende strategische Neuorientierungen in ihren Unternehmen einzuleiten. Darüber hinaus waren Forschung, Entwicklung und Produktion bis dahin wesentlich konzernintern organisiert – und haben die Vorstellung in den Unternehmen gefestigt, (fast) alles selbst machen und auf Kooperationen weitgehend verzichten zu können. Zusammengefasst behinderte all dies zunächst nicht nur den Aufbau konzern-eigener gentechnischer Forschungsbereiche und Arbeitsgruppen. Auch an der Einrichtung öffentlicher Forschungsprogramme und -zentren oder an einer Hinwendung zu externen Kooperationen bestand bis zu Beginn der 1980er-Jahre vonseiten der Unternehmen nur wenig Interesse (Buchholz 1979).

Die geringe Adaptionsfähigkeit der Kernakteure des Sektors ging einher mit strukturellen und institutionellen Eigenheiten des deutschen Sektors, die eine proaktive Aufnahme und Verarbeitung der neuen technologischen Möglichkeiten ebenfalls behindert haben. Bis weit in die 1980er-Jahre gab es in Deutschland keine systematische Verklammerung der zum Teil sehr qualifizierten Grundlagenforschung auf diesem neuen Gebiet mit industriellen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten und einen entsprechend unentwickelten akademisch-industriellen Wissenstransfer. Darüber hinaus ließen sowohl das unterentwickelte System risikokapitalbasierter Finanzierung als auch der vorherrschende akademi-

sche Selbstbezug des Wissenschaftsbetriebs wenig Raum für die Herausbildung biotechnologischer Start-up-Firmen, die damit als wichtige Innovationsträger und als technologische »Frühwarnsysteme« in Deutschland (anders als in den USA) weitgehend ausfielen (Dolata 1996, 2003: 143–303). Nicht nur die Kernakteure, auch die strukturellen und institutionellen Bedingungen, unter denen sie agierten, erwiesen sich als adaptionsunfähig und hemmten eine schnelle und substanzielle Selbsterneuerung des Sektors. Der paradigmatische Wandel von der Chemie zur Biotechnologie traf die deutsche Chemie- und Pharmaindustrie wie ein exogener Schock, der aus den Vereinigten Staaten kam.

Die anfänglichen organisationalen und institutionellen Adaptionsprobleme und die damit verbundenen Transformationsblockaden lösten sich erst im Laufe der 1980er-Jahre sukzessive auf. Die deutschen Pharmakonzerne versuchten dann, über eine nachholende Modernisierung Anschluss an die internationale Entwicklung zu erlangen und konzentrierten sich dabei sowohl auf den Aufbau eigener gentechnologischer Forschungs- und Entwicklungszentren als auch auf die Etablierung von Kooperationsbeziehungen vornehmlich mit US-amerikanischen Biotechnologiefirmen und Forschungseinrichtungen. Diese stark auf die USA ausgerichteten industriellen Aktivitäten gingen einher mit politischen Initiativen zur Stärkung des Biotechnologiestandorts Deutschland, die auf die Förderung der öffentlichen Forschungsinfrastruktur und deren intensivere Verknüpfung mit industriellen Forschungsaktivitäten, die Stimulierung regionaler Biotechnologiecluster und die Herausbildung einer deutschen Biotechnologieszene mit konkurrenz- und kooperationsfähigen Start-up-Firmen zielten (Giesecke 2001; Casper 2000). Die anfängliche Adaptionsunfähigkeit des Sektors wandelte sich sukzessiv in eine Art reaktiver Adaptionsfähigkeit, die vornehmlich an den Entwicklungen und Erfahrungen der USA ausgerichtet war, die nun ausgewertet und aufgegriffen wurden.

Die späten Korrekturen waren alles in allem allerdings nur mäßig erfolgreich. Die industriellen Restrukturierungen haben den Niedergang der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Pharmaindustrie nicht aufhalten können – 2006 befanden sich lediglich noch Bayer (auf Platz 11) und Boehringer Ingelheim (auf Platz 15) unter den zwanzig umsatzstärksten Pharmakonzerne der Welt. Und die politischen Initiativen haben zwar zur Formierung regionaler Biotechnologiecluster und zum Aufbau deutscher Start-up-Firmen beigetragen. Am amerikanischen Vorbild können sich die Ergebnisse dieser Initiativen allerdings nicht messen. Vor allem das Milieu technologieintensiver Start-up-Firmen ist im internationalen Vergleich klein und – von Einzelfällen abgesehen – unbedeutend geblieben (Dolata 2007; Ernst & Young 2008).

Die geringe Adaptionsfähigkeit des deutschen Pharmasektors gegenüber der Gentechnik hatte also sowohl eine organisationale als auch eine institutio-

nelle und strukturelle Basis. 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 erst spät wahrgenommen und die zu ihrer Nutzung notwendigen organisationalen und institutionellen Restrukturierungen sehr zögerlich, als Reaktion auf einen exogenen Schock angegangen wurden.

Fall 3: Der Musiksektor und das Internet

Der dritte Fall von Adaptionsunfähigkeit betrifft den Musiksektor, der seit Ende der 1990er-Jahre ebenfalls mit einem einschneidenden technologischen Umbruch konfrontiert ist. Auch die Musikkonzerne haben die neuen technologischen Herausforderungen sehr zögerlich aufgenommen und erst vor dem Hintergrund eines massiven und unabweisbaren Veränderungsdrucks damit begonnen, sich in größerem Umfang strategisch neu zu positionieren.

Die Musikindustrie ist ein global ausgerichteter Sektor, dessen Strukturen und Institutionen in den 1980er- und 1990er-Jahren auf die Produktion und Vermarktung von CDs fokussiert waren. Er wurde in dieser Zeit nahezu lückenlos von einer Handvoll vertikal integrierter Musikkonzerne beherrscht, die Stars entdeckten und promoteten, Platten beziehungsweise CDs in eigenen Studios produzierten, ihre Produkte über eigene globale Distributionsnetze vertrieben und den Tonträger-Weltmarkt mit einem Umsatzanteil von im Schnitt etwa 75 Prozent dominierten. Ihr Geschäft wurde durch eng mit ihnen verbundene Handelsunternehmen unterstützt, die ihre Musik verkauften, und durch funktionierende Urheberrechtsgesetzgebungen abgesichert, die physische Tonträger als Ware zumindest auf den entscheidenden Kernmärkten Nordamerika, Westeuropa und Japan effektiv schützen konnten (Tschmuck 2006).

Diese lange Zeit stabile und erfolgreiche soziotechnische Konstellation erodiert seit Ende der 1990er-Jahre, maßgeblich angestoßen durch ein neues Set komplementärer Technologien. Musik ist ein digitales Gut, Datenkomprimierungsstandards wie MP3 ermöglichen ihren problemlosen Up- und Download und das Internet ist das ideale Medium ihres weltweiten Tauschs und Verkaufs. Mit diesen Entwicklungen wurden nicht nur die bestehenden Rechte- und Verwertungsbeziehungen des Sektors sukzessive infrage gestellt, die auf physische Tonträger zugeschnitten waren. Mit der Migration von Musik ins Internet veränderten sich auch die bestehenden Märkte und Distributionsformen sowie der Konsum von Musik, die heute in all ihren Facetten irgendwo im Netz als frei

verfügbarer und schnell herunterladbarer Datensatz zur Verfügung steht (Peitz/Waelbroeck 2006).

Die Musikkonzerne haben auf die technologischen und die damit verbundenen sozioökonomischen Veränderungen zunächst mit Unverständnis reagiert, dann mit Initiativen zur technischen und rechtlichen Eindämmung der neuen technologischen Möglichkeiten (Kopierschutz und Schadensersatzklagen) und schließlich mit Versuchen, das Neue möglichst weitgehend in die bestehenden und von ihnen kontrollierten Strukturen, Institutionen und Geschäftspraktiken zu integrieren – und unterlagen dabei der Illusion, digitale Musik ähnlich schützen, vermarkten und vertreiben zu können wie CDs (Burkart/McCourt 2006). Verantwortlich für die Adaptionsunfähigkeit der Musikindustrie in der ersten Hälfte der 2000er-Jahre waren mehrere sich ergänzende Faktoren. Aus der Organisationsperspektive war der Sektor geprägt von hierarchisch strukturierten Konzernen, die alle typischen Merkmale struktureller Trägheit aufwiesen. Ihre Operationsroutinen und strategischen Orientierungen waren auf das etablierte Kerngeschäft mit CDs ausgerichtet und ihre zentralistischen Entscheidungsstrukturen haben die interne Wahrnehmung und Aufarbeitung neuer Probleme, die an den Rändern der Unternehmen durchaus gesehen wurden, nachhaltig behindert. Darüber hinaus war der Musiksektor bis in die jüngste Vergangenheit von einem kollektiven Desinteresse gegenüber neuen Technologien geprägt, die komplett von außen kamen und lediglich als eine notwendige Infrastruktur des Musikgeschäfts ohne nennenswerte sozioökonomische und institutionelle Effekte begriffen wurden. Schließlich waren die Musikkonzerne, die in den 1980er- und 1990er-Jahren ihren Sektor fast nach Belieben beherrschen konnten, von der kollektiven Erfahrung geprägt, künstlerische wie technologische Innovationen auch als *second mover* exklusiv abschöpfen und jederzeit in die bestehenden Strukturen des Musikgeschäfts einpassen zu können (Dolata 2008a).

Die wesentlichen Anstöße zur Restrukturierung kamen daher nicht aus dem Kern des Sektors, sondern von dessen Rändern beziehungsweise von außerhalb. Die Gründung der Musiktaschbörse Napster 1999 bildete den Auftakt eines fulminanten Aufschwungs kostenlosen Musiktaschs über das Internet, der die folgenden Jahre prägte und vor allem von jugendlichen Musikkonsumenten getragen wurde. Und der Start des iTunes Music Store von Apple 2003 markierte den Beginn eines tragfähigen kommerziellen Geschäfts mit Musik-Downloads aus dem Netz, das seit 2006 in relevante Größenordnungen hineinwächst und in 2010 in den Vereinigten Staaten bereits etwa die Hälfte des Gesamtumsatzes mit Tonträgern ausmachte (Dolata 2008b; IFPI 2007, 2008, 2011).

Die anfängliche, bis Mitte des Jahrzehnts anhaltende Adaptionsunfähigkeit der saturierten Kernakteure und Institutionen des Sektors korrespondierte also

mit einer hohen Sensibilität und Aufnahmebereitschaft neuer Akteure gegenüber den aufkommenden technologischen Möglichkeiten. Dies waren zunächst vor allem die Betreiber von Tauschbörsen und jugendliche Musikkonsumenten, die mit den neuen Möglichkeiten außerhalb der bestehenden kommerziellen Strukturen und Institutionen, die von ihnen ignoriert wurden, ohne dezidierte strategische Absichten zu spielen begannen. Die kommerzielle Einbettung und Institutionalisierung dieses technikgetriebenen sektoralen Wandels wurde dann maßgeblich von bereits etablierten sektorexternen Akteuren vorangetrieben, allen voran von Apple und seinem iTunes Store.¹

Adaptionsunfähigkeit, Transformationsblockaden und unkontrollierter Wandel

Die drei vorgestellten Fälle sind Beispiele einer hohen sektoralen Eingriffstiefe neuer Technologien bei einer gleichzeitig geringen Antizipations- und Adaptionsfähigkeit der etablierten sektoralen Akteure, Strukturen und Institutionen.

Für derartige Fälle ist typisch, dass die sektoralen Kernakteure die potenzielle Reichweite und Brisanz neuartiger technologischer Möglichkeiten ignorieren und unterschätzen. Sie richten ihr strategisches Verhalten zunächst weiter an den bereits bestehenden Strukturen, Regeln und Leitorientierungen des Sektors aus, die sie selbst maßgeblich mitgeprägt haben und die die Basis ihres Erfolgs bilden. Sie sind in ihren Handlungsorientierungen durch die für sie erfolgreiche Vergangenheit geprägt, reagieren auf neue mehrdeutige Entwicklungen oft zunächst mit Blockadehaltungen und beginnen sich in der Regel erst vor dem Hintergrund eines massiven und unabweisbaren Veränderungsdrucks, der nicht aus ihren Reihen kommt, in größerem Umfang neu zu positionieren.

Sektorale Adaptionsunfähigkeit ist aber nicht allein auf organisationalen Konservatismus in unübersichtlich neuen Situationen zurückzuführen. Sie speist sich auch aus den strukturellen und institutionellen Arrangements, in denen sich

¹ Zwei Umstände markieren den wesentlichen Unterschied zur Entwicklung in der *Filmindustrie*, die im Übrigen ebenso oligopolistisch strukturiert ist wie der Musiksektor und sich traditionell ebenfalls durch einen ausgeprägten technologischen, institutionellen und organisationalen Konservatismus auszeichnet. Zum einen konnte die Filmindustrie aufgrund der zeitlich späteren Einführung der DVD aus den Fehlern, die die Musikindustrie bei der Einführung der CD gemacht hatte, lernen – und setzte von Beginn an auf restriktive Digital-Rights-Management-systeme, um ihr Produkt zu sichern und zu kontrollieren. Und zum anderen hatte sie das Glück, dass Filme wesentlich datenintensiver als Musikstücke sind und sich zunächst nicht so schnell, einfach und massenhaft über das Internet tauschen und vertreiben ließen. Beides zusammen hat der Filmindustrie bislang nicht nur die weitgehende Kontrolle über ihr digitales Produkt erhalten, sondern ihr auch Zeit gegeben, dessen internetbasierte Verwertung in ihrem Interesse voranzutreiben (Currah 2006, 2007).

die Akteure bewegen: aus den vorhandenen Technikprofilen und Unternehmenskonstellationen, den etablierten Markt-, Interaktions- und Machtbeziehungen, der typischen Ausrichtung und Organisation von Forschung und Entwicklung, den rechtlich-regulativen Rahmenbedingungen, den kollektiv akzeptierten Regeln, Normen, Routinen und Leitorientierungen usw. Diese Arrangements, die in ihrem spezifischen Zusammenspiel das sektorale Regulationsmuster konstituieren, sind in der Vergangenheit sehr stabil und funktional gewesen. Sie erweisen sich unter dem Druck neuer technologischer Möglichkeiten, die nicht umstandslos in das sektorale Gefüge eingepasst werden können, allerdings nicht nur als zunehmend dysfunktional, sondern zeichnen sich zugleich durch eine hohe Persistenz und Veränderungsresistenz aus. Insbesondere verfügen sie über keine oder nur schwach ausgeprägte Sensoriken und Transformationsmechanismen, über die sich technologische Umbrüche und der sich mit ihnen aufbauende sozioökonomische Veränderungsdruck im Kernbereich des Sektors frühzeitig wahrnehmen und verarbeiten ließe – zum Beispiel in Gestalt institutionell abgesicherter Nischen, Spiel- und Suchräume für unkonventionelle Akteure, in Form systematischer Interaktionsbeziehungen zwischen akademischer und industrieller Forschung oder als institutionalisierte Durchlässigkeit zwischen dem saturierten Kern des Sektors und seinen oft erheblich innovativeren Randbereichen.

Wenn ich von sektoraler Adaptionfähigkeit oder -unfähigkeit rede, dann bezieht sich das also nicht nur auf die Akteure, sondern auch auf die Strukturen und Institutionen eines Sektors. In einer *ersten Präzisierung des Konzepts* unterscheide ich daher zwischen *akteurbezogener Adaptionfähigkeit und strukturellen beziehungsweise institutionellen Adaptionbedingungen*. Diese beiden Ebenen bewegen sich natürlich nicht unvermittelt nebeneinander, sondern sie stehen (wie Handeln und Strukturen, Akteure und Institutionen auch) in einem engen, ebenso wechselseitigen wie nicht deterministischen Bedingungsverhältnis zueinander (Hollingsworth 2000, 2002; klassisch: Giddens 1984). Die etablierten Akteure sind in ihrer Antizipations- und Adaptionfähigkeit stark von den bestehenden Institutionen und Strukturen ihres Sektors beeinflusst, die die Wahrnehmung und Verarbeitung neuer technologischer Möglichkeiten fördern, behindern oder auch blockieren können. Sie sind aber nicht in deterministischer Weise von ihren Institutionen und Strukturen geprägt (die ohne ihr Zutun so gar nicht existieren würden), sondern prinzipiell in der Lage, sowohl ihre eigenen Handlungsorientierungen als auch die allgemeinen Rahmenbedingungen ihres Handelns proaktiv, auch gegen widerständige Institutionen und Strukturen zu verändern.

In Fällen geringer Adaptionfähigkeit ist das allerdings nicht so. Die etablierten Akteure und die bestehenden Strukturen und Institutionen befinden sich in solchen Sektoren am Anfang eines technologischen Umbruchs in einem

Zustand gegenseitiger Blockierung, durch die die Antizipation, Aufnahme und Verarbeitung neuer Technologien von beiden Seiten behindert wird. Warum ist das so? Ich knüpfe zur Erklärung im Folgenden an zwei Theoriestränge an: zum einen an jene Arbeiten zum Organisationswandel, die sich mit der Frage der strukturellen und kognitiven Trägheit oder des Scheiterns etablierter Akteure befassen (Hannan/Freeman 1977, 1984; Amburgey/Kelly/Barnett 1993; Utterback 1996; Christensen 1997; zusammenfassend: Mellahi/Wilkinson 2004; Lam 2005), und zum anderen an die Diskussionen um sozioökonomische beziehungsweise institutionelle Pfadabhängigkeiten und Pfadwechsel, die das Zusammenspiel von Stabilitätsneigung, Strukturpersistenz und krisenhafter Transformation thematisiert haben (North 1990; Mahoney 2000; Garud/Karner 2001; Ortmann 2009; zusammenfassend: Beyer 2006; Werle 2007).

Die etablierten Akteure adaptionsunfähiger Sektoren sind meist in ihrem angestammten Geschäft seit Längerem erfolgreich. Sie orientieren sich in ihrem Handeln stark an den vorhandenen Märkten und Technologien, Kooperations- und Konkurrenzstrukturen, Rechts- und Verwertungsrahmen, die sie maßgeblich mitkonstituiert haben und die die Basis ihres Erfolgs bilden. Alles ist darauf abgestimmt und ausgerichtet: ihre Leitorientierungen, Informationssysteme und Routinen, ihre Organisationsstrukturen, ihre Investitionen, Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, Produktions- und Distributionssysteme. Das beeinträchtigt ihre Wahrnehmungsfähigkeit und Aufnahmebereitschaft gegenüber grundlegend neuen technologischen Möglichkeiten und erschwert schnelle und größere strategische Umpriorisierungen.

Zum einen – dies ist die *kognitive* Seite ihrer Adaptionsprobleme – absorbiert die Organisation des Tagesgeschäfts oft alle Aufmerksamkeit und macht blind gegenüber all dem unsicheren und unverstandenen Neuen, das nicht unmittelbar diesem Geschäft, in dem man sich auskennt, zuarbeitet. »Senior managers cannot understand the promise of disruptive innovation because their views of the world are deeply entrenched and largely shaped by their current experiences« (Henderson 2006: 7; auch Christensen 1997). Zum anderen werden diese typischen Antizipations- und Wahrnehmungsschwierigkeiten der Leitungsebene verstärkt, wenn – das ist die *mikropolitische* Seite der Adaptionsprobleme – die Organisation hierarchisch strukturiert ist und autoritär geführt wird. Das behindert oder blockiert die Diffusion früherer Erkenntnisse von Problemen, die es an ihren entscheidungsirrelevanten Rändern oft durchaus gibt (Dolata 2003, 2008a). Hinzu kommt schließlich – dies ist die *strukturelle* Seite ihrer Adaptionsprobleme –, dass grundlegende Restrukturierungen in etablierten Organisationen in aller Regel ausgesprochen voraussetzungs- und riskante Unterfangen sind. Sie erfordern oft nicht nur hohe Neuinvestitionen und umfangreiche organisations-

strukturelle Maßnahmen, sondern gehen zugleich mit hohen *sunk costs* einher. »Reconfiguring an organization to take advantage of new opportunities is extremely difficult, particularly if doing so requires the development of new production capabilities, new logistics or distribution systems, or new channels to market« (Henderson 2006: 7). Etablierte Akteure stehen angesichts des hohen investiven und organisatorischen Aufwands, den größere Neupositionierungen mit sich bringen, vor einem für sie kaum handhabbaren Dilemma. Solange nicht klar ist, welche konkreten Anwendungen und kommerziellen Möglichkeiten sich mit den neuen Technologien herauschälen und welche neuen Geschäftsmodelle sich als tragfähig erweisen, sind größere Neuorientierungen, die ja mit einer Relativierung oder gar Kannibalisierung bis dahin erfolgreicher Geschäftsfelder und -modelle einhergehen, ausgesprochen riskant. Wenn klar ist, wohin die Reise gehen wird, ist die Gefahr groß, dass sich neue Akteure, die das Gewicht des etablierten Geschäfts nicht mitschleppen müssen, bereits auf dem Weg befinden und damit begonnen haben, unumstößliche Fakten zu schaffen (Ortmann 2009: 61–77; Anderson/Tushman 2001; Garud/Nayyar 1994).

Diese kognitiven, mikropolitischen und strukturellen Blockierungen führen dazu, dass etablierte Akteure auf neue technologische Möglichkeiten, die quer zu den bestehenden Technologien stehen, oft zunächst mit Unverständnis, mit aktiven Strategien zur Verteidigung des Status quo und mit Versuchen reagieren, das Neue möglichst weitgehend in die bestehenden Strukturen, Institutionen und organisationalen Prozeduren zu integrieren. Sie agieren in hohem Maße pfadabhängig – und werden darin von den bestehenden Institutionen und Strukturen des Sektors unterstützt. Das ist erst einmal wenig überraschend: Grundsätzlich legitimieren und verstärken die vorhandenen Marktstrukturen, Konkurrenz- und Kooperationsmuster, Rechte- und Verwertungsbedingungen, politischen Regulierungen und Leitvorstellungen eines Sektors (oder eines anderen sozialen Feldes) als kollektiv akzeptierte und verobjektivierte Rahmenbedingungen das Handeln seiner etablierten Akteure und werden durch deren Orientierung am Bestehenden stabilisiert und fortgeschrieben (DiMaggio/Powell 1983). Hinzu kommt, dass die Institutionen und Strukturen eines Sektors in ihrer Gesamtheit komplexe und komplementäre Konfigurationen bilden, die zwar permanent inkrementell verändert werden, sich allerdings aufgrund der hohen damit verbundenen Transaktionskosten gegenüber radikalen Erneuerungen sperren (North 1990; Beyer 2005). Beides diskriminiert schon per se radikale Neujustierungen struktureller und institutioneller Arrangements, wie sie etwa durch neue Technologien provoziert werden können. In adaptionsunfähigen Sektoren sind außerdem keine Sensoriken und Transformationsmechanismen in die bestehenden Institutionen und Strukturen eingelagert, die Prozesse der

Pfadkreation und des organisationalen, institutionellen und strukturellen Wandels aus ihrem Kern heraus unterstützen könnten.²

Man kann dies als *transformationsresistente sektorale Pfadabhängigkeit* bezeichnen. Die Stabilitätsneigung der Strukturen, Institutionen und etablierten Akteure derartiger Sektoren ist hoch, ihre Anpassungsfähigkeit an Außergewöhnliches gering. Sie werden dadurch anfällig für krisenhafte und außer Kontrolle geratene Transformationen (Beyer 2006), 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 Sektors entstanden sind, seine bisherige Funktionsfähigkeit aber infrage stellen, von Entwicklungen in anderen Ländern, die wie ein exogener Schock wirken, von Outsidern an der Peripherie des Sektors, die als erste die neuen Technologien nutzen und kommerzialisieren oder von mächtigen externen Akteuren, die in den Sektor eindringen und die dort bestehenden Akteur- und Machtkonstellationen herausfordern.

Zu den wesentlichen Treibern und Impulsgebern des technikinduzierten Wandels werden damit Akteure, die bis dahin nicht zum Kern des Sektors gehört haben. Das können neu gegründete Organisationen sein, die sich um ein neues Technologiefeld herum formieren (wie Start-up-Firmen aus der Computer-, Internet- oder Biotechnologieszene). Das können auch bereits etablierte Akteure aus anderen Sektoren sein, die ihr Geschäft auf der Basis neuer Technologien erweitern und in einen für sie neuen Sektor eindringen (wie zum Beispiel Apple im Musiksektor). Vor allem in den Frühphasen größerer soziotechnischer Umbrüche können dies aber auch nicht oder kaum organisierte kollektive Akteure sein, die ohne dezidiertes strategisches Kalkül oder kommerzielle Absichten und außerhalb der bestehenden Institutionen und Strukturen mit neuen technologischen Möglichkeiten zu spielen beginnen, sie unkonventionell nutzen und eigenwillig weiterentwickeln (Dolata 2003, 2008a). Informelle und lose vernetzte *subcommunities* (wie Computer-Freaks, die Open-Source-Bewegung, Hacker und Cracker) oder weitgehend unorganisierte *user* (wie *file sharer*) gehören in diesen Bereich, für den typisch ist, dass er »largely operates outside or on the border with traditional regulated environments and is thus free of the restrictions that apply in those environments« (Flowers 2008: 190).

2 Die am Beispiel des deutschen Chemie- und Pharmasektors beschriebenen institutionellen und strukturellen Transformationsblockaden sind hierfür typisch: das Fehlen institutioneller Stimuli für Risikokapital und die Gründung von Start-up-Firmen, unterentwickelte Kulturen von *entrepreneurship*, Risiko- und Kooperationsorientierung, geringe Durchlässigkeit zwischen Akademia und Industrie. Ich werde im kommenden Abschnitt zur proaktiven Adaptionsfähigkeit zeigen, dass dies den wesentlichen Unterschied zur US-amerikanischen Entwicklung desselben Sektors macht, die signifikant anders verlaufen ist.

Die Entrepreneure, die gezielte oder auch unbeabsichtigte Anstöße zur Transformation eines zunächst adaptionsunfähigen Sektors geben, können also sehr unterschiedlich organisiert sein. Für alle ist allerdings typisch, dass sie sich (zumindest zu Beginn der Transformationsperiode) an den Rändern oder außerhalb des Sektors aufhalten und dass sie und mit ihnen die Milieus, in denen sie sich bewegen, ausgesprochen sensibel für und offen im Umgang mit neuen technologischen Möglichkeiten sind. Die Adaptionfähigkeit adaptionsunfähiger Sektoren kann also, so paradox dies zunächst klingen mag, sehr unterschiedlich ausgeprägt sein: Die geringe Adaptionfähigkeit ihrer etablierten Kerne korrespondiert mit einer hohen Antizipations- und Aufnahmefähigkeit ihrer Randbereiche.

Dies führt zu einer *zweiten Präzisierung des Konzepts*: der Unterscheidung zwischen der *Adaptionfähigkeit des Kerns und der Peripherie eines Sektors*. Diese Unterscheidung ist für die Erklärung des Wandels adaptionsunfähiger Sektoren entscheidend, wenn man ihn nicht vollständig auf die Wirkungen exogener Schocks zurückführen will.

Zum einen weisen die internen Strukturen *etablierter Organisationen* Kerne und periphere Bereiche auf. Größere Organisationen sind, wie seit Langem bekannt ist, keine homogenen Einheiten, sondern von Konflikten, Konkurrenzen, unterschiedlichen Einschätzungen, Ideen und Handlungsoptionen innerhalb der Führung und zwischen einzelnen Funktionsbereichen geprägt (Burns/Stalker 1994[1961]; Cyert/March 1963; Crozier/Friedberg 1979). Anknüpfend an Hannan und Freeman (1984), die zwischen dem *core* und der *periphery* von Organisationen unterscheiden, kann hier von adaptionsunfähigen Kernen und adaptionsfähigen Peripherien in den etablierten Organisationen des Sektors gesprochen werden. Zu den Randgebieten können sowohl einzelne Funktionsbereiche (wie zum Beispiel die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen in Pharmaunternehmen oder die EDV-Abteilungen in Musikkonzernen) als auch individuelle Mitglieder der Organisation (zum Beispiel aus der Forschung und Entwicklung) zählen. Typisch für adaptionsunfähige Organisationen ist nun, dass die Wahrnehmung und Aufnahmebereitschaft für neue technologische Möglichkeiten und deren potenzielle Bedeutung, die es an ihrer Peripherie oft sehr früh gibt, nicht beziehungsweise nicht auf Anhieb, zum Teil erst, wenn sich die Umwelt der Organisation bereits signifikant verändert hat, zu den entscheidungsrelevanten und operativen Kernen der Organisation durchdringt (Christensen/Bower 1996). Die Gesamtorganisation erscheint dann als adaptionsunfähig, obgleich das für ihre interne Peripherie nicht zutreffen muss.

Zum anderen lassen sich auch die *Akteurfigurationen, Strukturen und Institutionen eines Sektors* insgesamt in einen Kern und mehr oder minder stark auf diesen bezogene Peripherien unterscheiden. Wenn man Sektoren als interorganisatio-

nale, strukturell und institutionell eingefasste Felder begreift, wie ich das in Kapitel 2 getan habe, dann zählen zu ihnen neben den saturierten Kernakteuren auch all jene oben erwähnten neuen Akteure, die sich oft erst im Umfeld neuer technologischer Möglichkeiten herausbilden. Diese »parties from the fringes of an interorganizational field« (Leblebici et al. 1991: 358) orientieren sich in ihrem Handeln nicht mehr an den bestehenden Technologien, Institutionen und Strukturen des Sektors, sondern stellen diese unterschiedlich stark infrage, entwickeln und folgen neuen Regeln und Konventionen, bilden eigenständige Kommunikations- und Interaktionsmuster aus – und tragen mit alledem direkt oder indirekt zur Veränderung der bestehenden Akteurfigurationen, Institutionen und Strukturen des Sektors bei. Zumal in solchen Umbruchperioden sind die Akteure und Institutionen eines Sektors also nicht per se isomorph (DiMaggio/Powell 1983), sondern können sehr heterogen und in unterschiedlichem Maße adaptionsfähig sein. Neue technologische Möglichkeiten, die außerhalb oder an den Rändern eines Sektors entstehen, mögen auf die etablierten Akteure und Institutionen wie ein exogener Schock wirken. Sie konkretisieren sich allerdings über die *fringe player*, die entweder selbst in den Kern des Sektors vorstoßen wollen (wie Microsoft und Intel in der Computer- und Halbleiterindustrie Ende der 1970er-Jahre; in jüngster Vergangenheit: Apple in der Musikindustrie, Amazon im Handel) oder für länger anhaltende und nicht zu unterdrückende Unruhe in seinen Randbereichen sorgen (wie zum Beispiel informationstechnische *subcommunities* oder *file sharer*). Technikinduzierter Wandel wird mit der Unterscheidung zwischen Kern und Peripherie auch für adaptionsunfähige Sektoren als endogener Prozess analysierbar: Der Wandel kommt in diesen Fällen nicht aus ihrem Zentrum, sondern formiert sich an den Peripherien des Sektors und wird zunächst von neuen Akteuren angestoßen und getragen.

Die etablierten Akteure (und mit ihnen die bestehenden Institutionen solcher Sektoren) bleiben allerdings in aller Regel nicht über die Zeit passiv und veränderungsresistent. Mit zunehmendem Anpassungsdruck, der sich durch neue technologische Möglichkeiten und diese aufgreifende Entrepreneure aufbaut, versuchen auch sie, in das neue Spiel mit eigenen organisationalen, strukturellen und institutionellen Initiativen hineinzufinden. Sie lassen sich ein, lernen, orientieren sich um und richten ihr Handeln ebenfalls sukzessive an den neuen Technologien aus. Anders gesagt: Auch sie können mit der Zeit adaptionsfähig werden.

Um derartige Wahrnehmungs- und Verarbeitungsverschiebungen in der Zeit zu erfassen, unterscheide ich in einer *dritten Präzisierung des Konzepts* zwischen *initialer und prozessualer Adaptionsfähigkeit*. Initiale Adaptionsfähigkeit bezieht sich auf die Wahrnehmung und Verarbeitung der Potenziale und Herausforderungen neuer Technologien in ihrer sozioökonomischen Formierungsphase, in der

deren (sektorale) Möglichkeiten und Struktureffekte erst schemenhaft erkennbar sind.³ Die Art und Weise, wie die neue Technologie in dieser Phase durch die verschiedenen Akteure und Institutionen eines Sektors aufgegriffen und behandelt wird, bestimmt die Ausgangsbedingungen und beeinflusst die weiteren Verlaufsformen des technikinduzierten Wandels. Die hier diskutierte Variante zeichnet sich in dieser Phase durch eine asymmetrische Adaptionfähigkeit aus: Sie ist im Kern gering und an den Peripherien, von denen der initiale Veränderungsdruck kommt, hoch.

Prozessuale Adaptionfähigkeit bezieht sich demgegenüber auf die darauf aufbauende Periode der realen Einrichtung und Institutionalisierung neuer soziotechnischer Konstellationen, in der sich die Entwicklungs- und Anwendungsperspektiven der neuen Technologien zusammen mit den daran geknüpften organisationalen, institutionellen und strukturellen Veränderungen sukzessive konkretisieren und festigen. Hohe Adaptionfähigkeit ist nun immer weniger auf die frühe Antizipation und Aufnahme noch unspezifischer Möglichkeiten durch ebenso unspezifische Suchprozesse reduzierbar, sondern wird in zunehmendem Maße zu intentionaler Institutionalisierungsfähigkeit: der Fähigkeit zur Organisation, Kommunikation und Umsetzung gezielter soziotechnischer Selektions- und Implementierungsprozesse.

Diese Fähigkeit ist in aller Regel keineswegs mehr eine exklusive Eigenschaft der neuen Akteure und der institutionellen Ränder des Sektors, die sich mit den neuen technologischen Möglichkeiten formiert haben. Neue Akteure sind in den hier verhandelten Fällen zwar die eigentlichen Katalysatoren des sektoralen Transformationsprozesses – und einige wenige von ihnen (wie Microsoft, Intel, Amgen, Amazon, Apple) können sich auch als relevante oder dominante Spieler im neu strukturierten Kern des jeweiligen Sektors etablieren. Sie setzen die klassischen Kernakteure zwar unter zum Teil massiven Anpassungsdruck und greifen zum Teil sehr erfolgreich ihre Vormachtstellung im Sektor an, ersetzen sie zumeist jedoch nicht vollständig. Auch in adaptionunfähigen Sektoren findet meist kein *elite replacement* (Burns/Carson 2002), kein radikaler Austausch der Kernakteure statt. Unter dem Druck der Peripherie und der durch sie ausgelösten Dynamiken reagieren etablierte Akteure auf die neuen technologischen Möglichkeiten nicht mehr vornehmlich konservativ, mit Eindämmungsstrategien, sondern werden selbst proaktiv und beginnen, mit eigenen Initiativen und allen ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen mitzuspielen. Oft gewinnt der Transformationsprozess erst dadurch an Breite und Legitimität, stabilisiert sich und schlägt sich in konkreten institutionellen und strukturellen Veränderungen

³ In den vorgebrachten Beispielen sind dies die zweite Hälfte der 1970er-Jahre im PC- und Pharmasektor und das Ende der 1990er-Jahre im Musiksektor.

nieder. »Intensified competition encourages dominant players to adopt those practices that are successful at the periphery and thus legitimizes these radical experiments« (Leblebici et al. 1991: 359).

Die Etablierung der neuen Technologien und die daran geknüpften organisationalen, institutionellen und strukturellen Veränderungen, die sich über einen oft ein Jahrzehnt oder länger andauernden Prozess hinziehen, werden nun nicht mehr allein von den Initiativen neuer Akteure getragen, sondern von den neu aufgestellten etablierten Akteuren, die die initiale Schockphase überstanden haben, aktiv mitbeeinflusst. Mit ihrem Einstieg ist das Spiel also noch keineswegs zu Ende, sondern geht in die nächste Runde. Dabei gibt es auf beiden Seiten Gewinner und Verlierer, die sich in jedem empirischen Fall sehr genau identifizieren lassen, aber meist keinen vollständigen Austausch der Spieler und Spielregeln. Auch für adaptionsunfähige Sektoren, die aus der Sicht der etablierten Institutionen und Akteure einen Prozess krisenhaften und (zumindest temporär) außer Kontrolle geratenen Wandels durchlaufen, sind eher Ausdifferenzierungen der sektoralen Akteurfiguren und schrittweise Änderungen des institutionellen und strukturellen Rahmens typisch, die erst über die Zeit zu signifikanten Veränderungen ihres Regulationsmusters führen.

5.3 Variante II: Proaktive Adaptionsfähigkeit

Es geht allerdings auch anders. Initiale Adaptionsfähigkeit ist nicht per se das Privileg neuer Akteure oder peripherer institutioneller Milieus. Neue Technologien – auch solche, die sich nicht einfach über inkrementelle Anpassungsleistungen in das bestehende soziotechnische Profil eines Sektors einfügen lassen – müssen nicht zwingend als exogener Schock daherkommen oder zunächst an den Rändern eines Sektors wahrgenommen werden, sondern können auch im Rahmen der bestehenden Strukturen und Institutionen sowie durch die etablierten Akteure früh antizipiert, als opportun eingeschätzt und proaktiv aufgegriffen beziehungsweise dort selbst entwickelt werden.

Auch Sektoren, in denen das der Fall ist, funktionieren natürlich entlang eingespielter Regulationsmuster und Handlungsrouinen, haben distinkte sozio-ökonomische und technologische Pfadabhängigkeiten ausgebildet. Im Vergleich zu den Strukturkonservatismen und Transformationsblockaden, die für adaptionsunfähige Sektoren zumindest in der Anfangsphase eines technologischen Umbruchs typisch sind, zeichnen sich die sektoralen Kernstrukturen, -institutionen und -akteure in derartigen Fällen allerdings von Anfang an durch erheblich mehr Gespür und Initiative im Umgang mit pfadabweichenden techni-

schen Möglichkeiten und den damit verbundenen Restrukturierungen aus. Ich bezeichne diese Variante als *proaktive sektorale Adaptionfähigkeit*, für die – je nach konkretem Fall in unterschiedlicher Kombination und Gewichtung – zwei wesentliche Eigenheiten typisch sind.

Erstens können sich wichtige sektorale Kernakteure als antizipationsfähig und aufgeschlossen auch gegenüber radikal neuen technologischen Potenzialen erweisen – vor allem dann, wenn sie damit Möglichkeiten einer nachhaltigen Stabilisierung oder Ausweitung ihres Geschäfts, ihres Einflusses und ihrer Konkurrenzfähigkeit verbinden. Sie warten nicht ab, reagieren auf oder blockieren neue Entwicklungen, sondern sind initiativ, handeln proaktiv und werden damit zu wesentlichen Trägern der Transformation des Sektors. *Zweitens* können auch die etablierten Strukturen und Institutionen die Adaptionfähigkeit des Sektors unterstützen. Das ist dann der Fall, wenn sie nicht nur auf den Erhalt der sektoralen Funktionsfähigkeit ausgerichtet sind, sondern zugleich mit Sensoriken und Mechanismen ausgestattet sind, die Prozesse pfadabweichender soziotechnischer Restrukturierung fördern. Sie blockieren oder behindern den soziotechnischen Wandel nicht, sondern erleichtern im Gegenteil den proaktiven Umgang mit neuen soziotechnischen Perspektiven.

All das heißt nicht, dass die Beiträge von neuen Akteuren und Peripherien in dieser Variante sektoralen Wandels zu vernachlässigen sind. So unwahrscheinlich wie ein schlichtes *elite replacement* ist auch eine reine *elite adoption*, also technik-induzierter Wandel, der sich vollständig in der Regie und unter Kontrolle der bereits etablierten Akteure, Strukturen und Institutionen vollzieht. Der Unterschied zur ersten Variante ist ein anderer: Die Kernakteure, -strukturen und -institutionen des Sektors werden in diesem Fall nicht überrascht und (zumindest temporär) von den Rändern an den Rand gedrängt, sondern nehmen am Spiel von Beginn der Transformationsperiode an aktiv teil.

Das soll zunächst wiederum über drei Fallinterpretationen verdeutlicht werden, die unterschiedliche Facetten proaktiver Adaptionfähigkeit hervorheben.

Fall 4: Der Automobilssektor und das Internet

Der erste Fall proaktiver Adaptionfähigkeit kommt aus dem Automobilssektor und betrifft die Einführung internetbasierter Technologien zur Modernisierung der betrieblichen beziehungsweise überbetrieblichen Vernetzung sowie zum Aufbau elektronischer Beschaffungsmärkte. Gesamtwirtschaftlich betrachtet nimmt der Sektor in beiden Bereichen eine Vorreiterrolle ein. Die wesentlichen Anstöße und die hohe Geschwindigkeit der Implementierung und Nutzung internetbasierter Vernetzungstechnologien kommen in diesem Fall eindeutig aus dem etablierten Kern des Sektors: von den führenden Automobilherstellern und

Systemzulieferern (Hertwig 2008; Mühge 2005). Dies ist auf drei wesentliche Gründe zurückzuführen.

Erstens ist der Automobilssektor, obgleich er hoch konzentriert und macht- asymmetrisch strukturiert ist, durch einen hohen Wettbewerbs- und Innovationsdruck geprägt – sowohl auf der Hersteller- wie auf der Zulieferebene. 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 mithilfe fortgeschrittener informations- und kommunikationstechnischer Vernetzungsinfrastrukturen. Dieser scharfe Technologie- und Innovationswettbewerb, der den Sektor prägt, hat zu einer großen Aufgeschlossenheit und Aufnahmebereitschaft seiner Kernakteure gegenüber neuen, auch sektorextern entwickelten Produkt- und Prozesstechnologien geführt (Helper/MacDuffie 2001; Jürgens/Meißner 2005).

Zweitens unterminieren internetbasierte Technologien in diesem Fall das bestehende (inter-)organisationale, institutionelle und strukturelle Gefüge des Sektors nicht, sondern stützen es. Wie bereits in *Kapitel 4* gezeigt, schaffen sie keine neuen oder grundlegend veränderten Produkte und Märkte, bedrohen nicht die Stellung der sektoralen Kernakteure, sondern bieten als Vernetzungstechnologien im Gegenteil die Chance, vorhandene Macht-, Einfluss- und Kontrollstrukturen zu stärken.

Drittens schließlich haben auch die langjährigen Erfahrungen der großen Hersteller und Systemzulieferer in der Organisation komplexer Kooperationsbeziehungen (sowohl mit ihren Zulieferern als auch mit externen Technologie-lieferanten) zusammen mit einer hohen Kompetenz in der Einführung elektronischer Vernetzungstechnologien deren Sensibilität und Aufnahmebereitschaft für technologische Innovationen auf diesem Gebiet gefördert und dazu beigetragen, dass die Implementierung und Nutzung internetbasierter Technologien als Top-down-Prozess durch die Kernakteure des Sektors erfolgt – und nicht als krisenhafter Anpassungsprozess (e-business watch 2005; Helper/MacDuffie 2001).

Insgesamt lässt sich die aufwendige Einpassung internetbasierter Technologien in die unternehmensinternen und -übergreifenden Koordinationsprozesse der Automobilindustrie als konsequente Weiterführung einer ohnehin fortgeschrittenen Nutzung von Informationstechniken charakterisieren, die maßgeblich von den zentralen Akteuren des Sektors selbst initiiert, koordiniert und kontrolliert wird. Die Adaptionsfähigkeit der sektoralen Kernakteure ist hoch.

Die neuen Technologien, die sie früh und proaktiv aufgegriffen haben, stützen allerdings auch deren Machtposition, Organisationsmuster und institutionelle Umgebungen.

Fall 5: Die Wissenschaftsverlage und das Internet

Das ist im zweiten Fall anders. Die Digitalisierung und das Internet ermöglichen prinzipiell eine radikale Emanzipation der Produktion und Distribution wissenschaftlicher Publikationen von den mächtigen kommerziellen Verlagen, auf deren zehn größte mittlerweile etwa zwei Drittel des weltweiten Marktes für wissenschaftliche Zeitschriften entfallen. Der durch die neuen, potenziell disruptiven Technologien angestoßene Wandel löst diese radikale Möglichkeit bislang allerdings nicht ein: Obgleich er signifikante Veränderungen gebracht hat, wird er bislang wesentlich von den etablierten Wissenschaftsverlagen gestaltet und kontrolliert.⁴

Die großen Verlage (unter ihnen Reed Elsevier, Blackwell, Wiley und Springer) haben früh, bereits ab Mitte der 1990er-Jahre damit begonnen, mit elektronischen Versionen der Printausgaben ihrer Zeitschriften ins Netz zu migrieren, vernetzte Datenbanken mit umfangreichen Recherchemöglichkeiten (wie etwa der Querverlinkung von Zitationen) aufzubauen und damit ihr subscriptionsbasiertes Geschäft mit wissenschaftlichen Zeitschriften sukzessive auf kostenpflichtige Online-Ausgaben und -Services ausgedehnt. Durch die enge Zusammenarbeit mit ihrer Klientel – ihren Autoren, den Herausgebern ihrer Zeitschriften, den wissenschaftlichen Fachverbänden und den Wissenschaftsorganisationen – waren sie früh sensibilisiert für das große Interesse in den *scientific communities* an einer schnellen Verbreitung neuen Wissens über das Internet. Und zugleich sahen sie in der Paketvermarktung von kostenpflichtigen Print- und Online-Ausgaben sowie zusätzlicher Datenbank-Services früh eine lukrative Erweiterung ihres Geschäfts. Beides zusammen erklärt die hohe initiale Adaptionfähigkeit und das proaktive Aufgreifen der neuen technologischen Möglichkeiten durch die Kernakteure dieses Sektors (Hanekop/Wittke 2007, 2006).

Die Verlage waren allerdings nicht nur früh und aktiv dabei, sondern haben sich auch über die Zeit als anpassungsfähig und aufnahmebereit insbesondere gegenüber den seit Anfang der 2000er-Jahre zunehmend organisiert vorgetragenen Forderungen aus der *scientific community* nach ungehindertem Zugang und freier Nutzung neu publizierten Wissens erwiesen – ohne dabei die Sicherung ihrer Machtposition und ihrer kommerziellen Interessen zu vernachlässigen

⁴ Ich danke Heidemarie Hanekop (SOFI Göttingen) und Susanne Hilbring (MPIfG Köln) für sachdienliche Hinweise.

(Bergman 2006). Das betrifft zum einen die Rechthandhabung der Großverlage bei Publikationen in kostenpflichtigen Zeitschriften: Die Verlage haben sukzessive die freie Verwendung von eigenen Versionen, Pre- beziehungsweise Post-Prints oder (nach einem gewissen Zeitraum) auch des publizierten Originals und dessen Bereitstellung auf institutionellen Servern erlaubt. Sie bieten darüber hinaus gegen Gebühren, die die Autoren beziehungsweise deren Einrichtungen aufzubringen haben, den freien Web-Zugang zu publizierten Aufsätzen direkt nach deren Erscheinen an. Zum anderen integrieren die Großverlage zunehmend auch neu gegründete *Open-Access*-Zeitschriften in ihr Produktportfolio, die zunächst als für jeden Nutzer frei und kostenlos zugängliche Alternativen zu den etablierten Verlags-Journalen gedacht waren. In diesem Fall bekommen die Verlage ihr Geld nicht mehr von Subskribenten (vor allem Bibliotheken), sondern wiederum von den Wissenschaftlern (oder von den Einrichtungen, denen sie angehören), die nun für die Veröffentlichung ihres Aufsatzes bezahlen müssen (Bargheer 2006).

Dass die kommerziellen Verlage trotz der neuen technologischen Möglichkeiten und der signifikanten Veränderungen des wissenschaftlichen Publizierens ihre zentrale Stellung bislang verteidigen konnten, ist aber nicht nur ihrer eigenen Adaptionsfähigkeit geschuldet, sondern auch den institutionellen Eigenheiten dieses Sektors, die auf die Verlage zugeschnitten sind und von den anderen Kernakteuren – den Wissenschaftlern und ihren Organisationen sowie den Bibliotheken – nicht grundsätzlich und konsequent infrage gestellt werden (können). Vor allem sind es die rigide eng geführten Kriterien innerwissenschaftlicher Reputationszuteilung, die das etablierte System wissenschaftlichen Publizierens aller technischen Modernisierung und Ausdifferenzierung zum Trotz in seiner kommerziellen Grundstruktur bislang stabilisieren. Die Bewertung der Qualität einzelner Wissenschaftler und ganzer Forschungseinrichtungen erfolgt heute vorrangig anhand der Anzahl und Zitation ihrer Veröffentlichungen in international renommierten Zeitschriften mit hohem Impact-Faktor. Von wenigen Ausnahmen abgesehen befinden sich diese Zeitschriften, auf die sich die Publikationsstrategien der Wissenschaftler stärker denn je konzentrieren, in der Hand der führenden Wissenschaftsverlage (Hanekop/Wittke 2007). Die Etablierung neuer, verlagsunabhängiger *Open-Access*-Zeitschriften, die in der *scientific community* als renommiert und reputationsfördernd akzeptiert und als Publikationsalternativen genutzt werden, ist demgegenüber aufwendig und langwierig. Die Bibliotheken kommen unter diesen Bedingungen nicht umhin, die führenden Fachzeitschriften auch weiterhin von den Verlagen zu subskribieren und öffentlich zugänglich zu machen (Hess et al. 2007; Mann et al. 2009).

Das System wissenschaftlichen Publizierens hat sich durch die Migration von Veröffentlichungen, Literaturrecherche und -beschaffung ins Netz zwar

ohne Zweifel signifikant verändert. Es wird allerdings aufgrund der hohen initialen und prozessualen Adaptionfähigkeit der kommerziellen Verlage, die die neuen Technologien proaktiv aufgegriffen und in ihr Geschäft integriert haben, sowie des strukturkonservativen Publikationsverhaltens der Wissenschaftler, das sich auf die gut eingeführten und renommierten Zeitschriften konzentriert und entsprechend machtstabilisierend wirkt, nach wie vor wesentlich von den etablierten Akteuren kontrolliert.

Fall 6: Der US-amerikanische Pharmasektor und die Biotechnologie

Im dritten Fall proaktiver Adaptionfähigkeit spielen nicht die Kernakteure, sondern die spezifischen institutionellen und strukturellen Bedingungen des Sektors die zentrale Rolle. Die unumstrittene Dominanz des US-amerikanischen Pharmasektors in der Nutzung und Kommerzialisierung neuer Biotechnologien ist in erster Linie auf eine ausgeprägte Adaptionfähigkeit der dortigen sektoralen beziehungsweise nationalen Strukturen und Institutionen gegenüber grundlegend neuen technologischen Möglichkeiten zurückzuführen.

Die Grundvoraussetzungen für die hohe Adaptionfähigkeit des US-amerikanischen Pharmasektors gegenüber den Biotechnologien haben staatliche Initiativen geschaffen. Die bereits in der zweiten Hälfte der 1940er-Jahre begonnene, breit und langfristig angelegte politische Förderung der molekularbiologischen Grundlagenforschung im Gesundheitsbereich, für die bis heute vor allem die fachlich sehr kompetenten National Institutes of Health (NIH) verantwortlich sind, hat in den folgenden Jahrzehnten entscheidende Anstöße für den Auf- und Ausbau einer hoch qualifizierten öffentlichen Forschungsinfrastruktur auf diesem Gebiet gegeben. Die starke Rolle staatlicher Förder- und Koordinierungsaktivitäten im sozioökonomischen Formierungsprozess neuer Biotechnologien (die übrigens quer zu den rigide dichotomen Stilisierungen der *Varieties-of-Capitalism*-Konzepte steht) wurde ergänzt durch strukturelle und institutionelle Mechanismen, die den Wissens- und Technologietransfer zwischen Akademia und Industrie nicht bloß sporadisch, sondern systematisch unterstützt haben (Giesecke 2000, 2001).

Die traditionell starke Durchlässigkeit zwischen dem Wissenschaftssystem und der Wirtschaft hat sich seit Mitte der 1970er-Jahre zum einen in einer signifikanten Verdichtung biotechnologischer Forschungsbeziehungen und -abkommen zwischen Wissenschaftlern, Forschungseinrichtungen und Industrie niedergeschlagen. Und sie hat zusammen mit einem ausgeprägten akademischen *entrepreneurship* zum anderen den fulminanten Aufschwung von biotechnologischen Start-up-Firmen gefördert, die seit der zweiten Hälfte der 1970er-Jahre vor allem aus dem Wissenschaftsbereich heraus gegründet und oft von führen-

den Wissenschaftlern (mit-)getragen wurden. Zusammen mit direkten Kooperationsbeziehungen zwischen Universitäten und Industrie entwickelten sich diese neu gegründeten Firmen in der Folgezeit zu zentralen Scharnieren des Wissens- und Technologietransfers zwischen akademischer Grundlagen- und Industrieforschung – und sind es bis heute geblieben (Audretsch 2003; Prevezer 2003).

Dies wäre allerdings kaum möglich gewesen ohne eine weitere wichtige Säule des US-amerikanischen Falls: des engen und funktionierenden Zusammenspiels aus *entrepreneurship* und *venture capital*. Auf Neugründungen fokussierte Risikokapitalmärkte, die es zuvor bereits gab, haben maßgeblich zur Genese und Stabilisierung von Biotechnologiefirmen beigetragen (Kenney 1986, 2001). Von diesen transformationsfördernden strukturellen und institutionellen Bedingungen konnten auch die etablierten US-amerikanischen Pharmakonzerne profitieren, die – von Ausnahmen abgesehen – nicht zu den frühen Pionieren der Kommerzialisierung neuer Biotechnologien zählten. Ihr ausgesprochen adaptionsfähiges Umfeld begünstigte ihr Aufgreifen der neuen Technologien. Über Forschungsabkommen mit Universitäten und zahllose Kooperationen mit Biotechnologiefirmen waren sie auch als *second mover* in der Lage, sich biotechnologisches Know-how anzueignen, wichtige Patente, Lizenzen und Verwertungsrechte zu erwerben und mit ihren überlegenen Ressourcen schnell eine eigene biotechnologische Forschung und Produktentwicklung aufzubauen (Dolata 1996: 43–50; Barben 2007: 99–120).

Die im Vergleich zum deutschen Fall hohe Adaptionfähigkeit des US-amerikanischen Pharmasektors gegenüber den neuen Biotechnologien basierte nicht nur auf spezifischen Eigenheiten des Sektors, sondern profitierte zugleich von den typischen Ausprägungen des nationalen Innovationssystems (Mowery/Rosenberg 1993). Die generell starke kommerzielle Orientierung des US-amerikanischen Universitätssystems hat den akademisch-industriellen Wissens- und Technologietransfer auch in der Biotechnologie begünstigt. Die bereits aus der Computer- und Informationstechnik bekannte Tradition von Start-up-Firmen als frühen Impulsgebern von Innovationsprozessen, die ausgeprägte unternehmerische Mentalität führender akademischer Wissenschaftler und die Existenz funktionierender Risikokapitalmärkte haben die frühe und anhaltende Gründung spezialisierter Biotechnologiefirmen gefördert. Und auch die seit Mitte der 1970er-Jahre entstandenen regionalen Biotechnologie-Cluster an der Ost- und Westküste konnten auf den Erfahrungen, Infrastrukturen und Kommunikationsmustern bereits existierender und ähnlich strukturierter Cluster der Computer- und Mikroelektronikindustrie aufbauen (Henderson/Orsenigo/Pisano 1999; Pisano 2002).

Auch für die kommerzielle Erschließung und Nutzung der Biotechnologie in den USA waren signifikante sektorale Veränderungen erforderlich: Ein para-

digmatischer Wandel in der pharmazeutischen Forschung und Produktentwicklung von der Chemie zur Biotechnologie; ein angesichts der starken Grundlagenorientierung des Technikfeldes engerer und institutionalisierter Austausch zwischen Akademia und Industrie; eine nicht mehr nur sporadische, sondern systematische Kooperationsorientierung der Unternehmen; die Herausbildung regional konzentrierter und zugleich dezentral strukturierter industrieller Innovationsmilieus, die sich vor allem aus den neu gegründeten Biotechnologiefirmen zusammensetzten. Anders als in Deutschland gab es dort allerdings von Anfang an sowohl auf der sektoralen als auch auf der komplementären nationalen Ebene starke strukturelle und institutionelle Sensoriken und Transformationsmechanismen sowie politische Initiativen, die diesen an den Erfordernissen der neuen Technologie orientierten Wandel erleichtert und beschleunigt haben.

Proaktive Adaptionfähigkeit, Transformationsmechanismen und adaptiver Wandel

Die Beispiele, mit der die zweite Variante von Adaptionfähigkeit eingeleitet worden sind, zeigen, dass grundlegend neue technologische Möglichkeiten nicht nur von den Rändern eines Sektors früh wahrgenommen und proaktiv aufgegriffen werden können.

Das kann auch durch die etablierten Kernakteure des Sektors geschehen, die mit ihren Initiativen zu den wesentlichen Trägern und Treibern technikinduzierter Veränderungen werden. Auch wenn die neuen Technologien von außen oder von den Rändern des Sektors kommen, wirken sie in solchen Fällen nicht als exogener Schock, der die Akteure kalt erwischt, sondern werden als Möglichkeit gesehen, das bestehende Geschäft zu erweitern beziehungsweise auf eine neue Grundlage zu stellen oder Produktions-, Logistik- und Vernetzungsstrukturen zu optimieren und darüber kompetitive Vorteile zu erzielen. Dementsprechend werden sie nicht als Anpassungsdruck, auf den Notgedrungen reagiert werden muss, sondern als anschlussfähiger Impuls zur Veränderung und Restrukturierung wahrgenommen. Die Fälle 4 und 5 sind Beispiele einer solchen *initialen und prozessualen Adaptionfähigkeit der sektoralen Kernakteure*.

Adaptionfähige Sektoren können sich aber auch durch strukturelle und institutionelle Bedingungen auszeichnen, die sektorale Anpassungen an und Verarbeitungen von neuen technologischen Möglichkeiten fördern. Die bestehenden Strukturen und Institutionen stützen in solchen Fällen nicht nur die Stabilität und Kontinuitätsneigung des Sektors (das tun sie natürlich auch). Sie verfügen zugleich über nicht bloß situativ und zufällig wirkende regulative, normative und kulturelle Sensoriken und Mechanismen, die Prozesse pfadabweichenden sek-

toralen Wandels ermöglichen. Der Fall 6 kann beispielhaft für *adaptionsfördernde strukturelle und institutionelle Rahmenbedingungen* angeführt werden, die von politischen Initiativen, staatlicher Förderung und Risikokapitalmärkten über akademisch-industrielle Durchlässigkeit, *entrepreneurship* und Offenheit für neuartige Kooperationen bis hin zu Erfahrungen mit regionalen Innovationsclustern reichen können. Dabei ist auch deutlich geworden, dass die Adaptionen eines Sektors von den strukturellen und institutionellen Eigenheiten des nationalen Produktions- und Innovationssystems profitieren können, in das sie eingebettet sind.

Warum aber sind einige Sektoren adaptionsfähiger als andere? Was macht die Differenz? Auch die etablierten Akteure adaptionsfähiger Sektoren sind erfolgreich, orientieren sich an den bestehenden Institutionen, folgen eingespielten Lektorientierungen und Routinen. Warum sind sie in der Lage, Neues proaktiv aufzugreifen? Weshalb greift hier nicht jene Trägheit und Veränderungsresistenz, die etablierten Organisationen gemeinhin zugeschrieben wird? Auch die bestehenden Institutionen und Strukturen adaptionsfähiger Sektoren wirken handlungsprägend und konstituieren Pfadabhängigkeiten. Weshalb können sich die damit einhergehenden *lock-ins* in solchen Fällen aus dem Sektor heraus auflösen – und sind dazu nicht, beziehungsweise weit weniger, auf exogene Schocks oder den Druck nicht integrierter Randbereiche angewiesen?

Während sich Fälle geringer Adaptionenfähigkeit und unkontrollierten Wandels vergleichsweise einfach und plausibel auf organisationale Trägheit sowie strukturelle und institutionelle Pfadabhängigkeiten zurückführen lassen, sind instruktive Hinweise rar, die die hohe Adaptionenfähigkeit und den adaptiven Wandel erklären könnten, der von den Kernakteuren (mit-)getragen und oder von den bestehenden Strukturen und Institutionen gefördert wird. Überwiegend betont die neoinstitutionalistische Literatur Persistenz (»emphasizes persistence«, Greenwood/Hinings 1996: 1032) und unterscheidet lediglich zwischen Phasen der Kontinuität, die durch stabile Institutionen und etablierte Akteure geprägt sind, und einschneidenden Umbruchsituationen, die durch exogene Schocks verursacht und maßgeblich von neuen Akteuren getragen werden (kritisch zusammenfassend: Hirsch/Lounsbury 1997, 1997a; Thelen 2003; Campbell 2004: 1–30; Walgenbach 2006). Ähnlich begreifen populationsökologische Organisationsansätze, die die inhärente Trägheit bestehender Organisationen hervorheben, den Wandel organisationaler Felder vornehmlich als Austausch saturierter Organisationen durch neu gegründete (kritisch zusammenfassend: Kieser/Woywode 2006). Auch Pfadabhängigkeitskonzepte, die sich zunächst gar nicht mit der Frage befasst haben, ob und wie Pfadabweichungen überhaupt möglich sind, haben sich lange Zeit auf Kontinuität und Beharrungstendenzen konzentriert, die wiederum lediglich durch exogene Schocks größeren Ausma-

bes überwunden werden können (zusammenfassend: Sydow/Schreyögg/Koch 2005; Meyer/Schubert 2005; Werle 2007).

Exogene Schocks, die allein größere Anpassungen erzwingen können; disruptive Umbrüche, die einen radikalen Austausch der Akteure und Institutionen mit sich bringen; neue Akteure, die die eigentlichen Träger von pfadabweichenden Transformationen und von Veränderungen interorganisationaler Felder sind – einiges davon trifft, wie deutlich geworden ist, in dieser Rigidität schon für adaptionsunfähige Sektoren nicht zu. Zur Begründung der proaktiven Adaptionsfähigkeit von Sektoren gegenüber eingriffstiefen Technologien reicht das erst recht nicht. Immerhin gibt es den einen oder anderen Faden, an den angeknüpft werden kann.

Mit der Erweiterung der Pfadabhängigkeitsdebatte um Prozesse der intendierten Pfadkreation und -variation werden dort seit einigen Jahren auch die Fragen diskutiert, »whether unlocking simply occurs or can be deliberately brought about« und welche »possibilities and limits of strategically creating organizational and interorganizational paths« es geben könnte (Sydow/Schreyögg/Koch 2005: 26, 5). Pfadwechsel oder -variationen werden in diesem Kontext nicht mehr ausschließlich auf exogene Schocks zurückgeführt, sondern als *mindful deviations* begriffen, die von intentional und strategisch handelnden Akteuren auf den Weg gebracht werden können (ebd.; Garud/Karloe 2001). Das ist durchaus anschlussfähig an das hier vorgestellte Konzept: *Mindful deviations* sind nur denkbar, wenn Akteure über eine hohe Adaptionsfähigkeit verfügen. Allerdings bleibt unklar, wer diese *creative actors* und *entrepreneurs* konkret sein können und unter welchen organisationalen Bedingungen *mindful deviations* möglich sind.

Auch in den neoinstitutionalistischen Diskussionen um Möglichkeiten und Formen gesellschaftlichen Wandels werden größere Transformationen seit geraumer Zeit nicht mehr bloß als Folge seltener und außergewöhnlicher exogener Schocks thematisiert. Oft mit erkennbarem Bezug zu Anthony Giddens' Strukturierungstheorie (1984) wird hervorgehoben, dass Institutionen Handeln nicht lediglich prägen und einschränken, sondern es eben auch ermöglichen – »by emphasizing the way in which institutions operate not just as constraints but as strategic resources for actors« (Thelen 2003: 213; auch: Scott 2001; Campbell 2004; Walgenbach/Meyer 2008). Institutionen, begriffen als strategische Handlungsressourcen, geben keine Handlungsanweisungen, sondern konstituieren »ein Repertoire akzeptabler Handlungsverläufe, das den Akteuren mehr oder weniger weite Handlungs- und Entscheidungsspielräume belässt« (Walgenbach/Meyer 2008: 144). Auch daran kann angeknüpft werden: Hier interessiert, wann und wie bestehende institutionelle und strukturelle Arrangements aus sich heraus Adaptionsfähigkeit und adaptiven Wandel fördern können, der im Ergebnis zugleich Veränderungen dieser Arrangements mit sich bringt.

Wenn also substanzieller Wandel nicht nur von den disruptiven Wirkungen exogener Schocks, von kleinen Ausgangsereignissen mit weitreichenden, für alle Beteiligten überraschenden Folgen, von stochastischen Prozessen und der »Gabe eines Akteurs, in sein Glück zu stolpern« (Ortmann 2009: 86) abhängig gemacht werden soll – all dies gibt es, um keine Missverständnisse aufkommen zu lassen, auch in adaptionsfähigen Sektoren zu Genüge –, sondern auch von strategisch handelnden Akteuren aus dem Kern des Sektors getragen werden kann, die diesen Wandel vorantreiben und von strukturellen und institutionellen Arrangements unterstützt wird, in deren Repertoire die Möglichkeit adaptiven Wandels angelegt ist: Dann kommt man nicht umhin, situationsübergreifend verallgemeinerbare *Transformationsmechanismen* aufzuspüren, die Chancen und Spielräume proaktiver Wahrnehmung und Verarbeitung neuer technologischer Möglichkeiten sowohl auf der Akteurebene als auch auf der Ebene der sektoralen Institutionen und Strukturen eröffnen (Mayntz 2002: 24f.; Campbell 2004: 62–65).

Auf der *Ebene der sektoralen Kernakteure* lassen sich drei meines Erachtens wesentliche Transformationsmechanismen identifizieren, die ich als organisationale Sensoriken, interorganisationale Durchlässigkeiten und die Fähigkeit des Aufgreifens externen Drucks über proaktiv ausgespielte Macht bezeichne.

Organisationale Sensoriken. Tom Burns und G. M. Stalker (1994[1961]: 119–125) haben Anfang der 1960er-Jahre zwei idealtypische Organisationsformen von Unternehmen voneinander unterschieden: *Mechanistic systems* zeichnen sich durch hierarchische Autoritäts-, Kontroll- und Kommunikationsstrukturen sowie fest gefügte Rollen und Verantwortlichkeiten aus und sind typisch für bürokratische Organisationen. *Organic forms* sind demgegenüber durch flachere Hierarchien und verteilte Autoritäts- und Kontrollstrukturen, durch eher horizontale als vertikale Kommunikationsmuster sowie durch die kontinuierliche Redefinition von Aufgaben und Zuständigkeiten charakterisiert. Die erste Form passt ihres Erachtens zu stabilen Verhältnissen, die zweite eher zu unbeständigen und sich verändernden Umweltbedingungen. Für das hier verhandelte Thema sind zwei Argumente aus den daran anknüpfenden Diskussionen relevant. Erstens wurde betont, dass organische Strukturen eher zu kleineren Firmen als zu Großunternehmen passen. Zweitens wurde aber zugleich hervorgehoben, dass in größeren Unternehmen Kombinationen beider Organisationsformen möglich sind – »hybrid« organizational forms that combine some structured features with more free-form interactions as semi-structures« (Ahuja/Lampert/Tandon 2008: 51–59, hier: 53; Lam 2005: 133–138).

Zu letzteren gehören *erstens* der Aufbau und die systematische Integration kreativer Spielflächen in die Organisation. Das kann etwa über die Etablierung autonomer Einheiten innerhalb der Organisation (*skunk works*) oder in Form

von Ausgründungen (*spin-offs*) geschehen, die sich jenseits des Tagesgeschäfts mit dem Monitoring neuer Technologien und Märkte, der Entwicklung neuer Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle befassen können (Ahuja/Lampert/Tandon 2008: 51–59). Dazu gehören *zweitens* mikropolitische Durchlässigkeiten innerhalb der Organisation: »a lateral rather than a vertical direction of communication through the organization, communication between people of different rank, also, resembling consultation rather than command« (Burns/Stalker 1994[1961]: 121), die die Diffusion neuer Wahrnehmungen, Ideen und Konzepte zwischen ihrem Kern und ihren kreativen Spielflächen erleichtern. Und dazu gehört *drittens* kognitive Offenheit innerhalb der Organisationsführung, die die Arbeit auf den kreativen Spielflächen ernst nimmt und in der Lage ist, deren Ergebnisse und Empfehlungen proaktiv aufzugreifen. Die systematische Einfügung derartiger organisationaler Sensoriken, die die eingespielten Prozesse, Routinen und Lektorientierungen irritieren und als Frühwarnsysteme fungieren, kann die Trägheit etablierter Akteure reduzieren, ihre Adaptionfähigkeit erhöhen und pfadabweichendes Handeln begünstigen.

Interorganisationale Durchlässigkeiten. Neben diesen organisationsinternen Mechanismen, die für neue Entwicklungen sensibilisieren können, bildet die Art und Weise ihrer Interaktion mit der Umwelt eine wichtige Grundlage der Adaptionfähigkeit etablierter Akteure. Royston Greenwood und C. R. Hinings (1996, hier: 1030) haben mit Blick auf institutionelle Felder darauf hingewiesen: »Permeable boundaries enable radical change because of the availability of new archetypical solutions.« Dieser Gedanke lässt sich auch auf die externen Beziehungen etablierter Akteure übertragen. Systematische Kooperationsbeziehungen mit akademischen Forschungseinrichtungen und technologieorientierten Start-up-Firmen beispielsweise erhöhen in grundlagen- und wissensbasierten Technologiefeldern (wie zum Beispiel der pharmazeutischen Biotechnologie) die Sensibilität der etablierten Akteure für avanciertes Wissen und neue technologische Möglichkeiten. Intensive Kooperationen mit externen Technologielieferanten (wie sie zum Beispiel für die Automobilindustrie typisch sind) erzeugen beständig neue Stimuli zur Weiterentwicklung von Produkten und zur Modernisierung (inter-)organisationaler technischer Infrastrukturen. Enge Beziehungen etablierter Akteure zu technologisch aufgeschlossenen Kunden oder den Einsatz neuer Technologien fordernden Ko-Produzenten (wie im Fall wissenschaftlichen Publizierens) können ebenso wie (informelle) Kommunikations- und Austauschbeziehungen mit technisch versierten *subcommunities* und *outlaw innovators* die Wahrnehmung und das Aufgreifen neuer technologischer Möglichkeiten fördern (Flowers 2008).

Verallgemeinernd gesprochen zeichnen sich vertikal integrierte und *inhouse-*orientierte Akteure (wie die deutschen Chemie- und Pharmakonzerne bis Mitte

der 1980er-Jahre oder die Musikkonzerne bis in die jüngste Vergangenheit) aufgrund ihrer hohen Selbstbezüglichkeit und Undurchlässigkeit durch eine geringere Adaptionfähigkeit und Offenheit für technologische Innovationen aus als Akteure mit intensiven und ständig neu zu justierenden Außenbeziehungen (zu Forschungseinrichtungen, Start-up-Firmen, Technologieanbietern, Ko-Produzenten, Kunden oder *subcommunities*). Auch diese können allerdings einen strukturkonservierenden Charakter haben und zur Festigung des Status quo beitragen. Jörg Sydow (2007) etwa hat darauf hingewiesen, dass Beharrungsvermögen und Pfadabhängigkeit nicht nur in Organisationen, sondern auch in interorganisationalen Netzwerken auftreten kann. Und Clayton M. Christensen und Joseph L. Bower (1996, hier: 198) haben gezeigt, dass etablierte Organisationen die Zeichen der Zeit oft nicht erkennen und scheitern »because they listen too carefully to their customers«. Intensive Außenbeziehungen erhöhen daher zwar »the possibility and even the likelihood of *alternative* templates« (Greenwood/Hinings 1996: 1030) und sind eine wichtige Voraussetzung für hohe Adaptionfähigkeit, garantieren sie allerdings nicht *per se*. Entscheidend ist, in welchem Maße sie offen und durchlässig sind für *neue* (technologische, ökonomische, soziale) Entwicklungen jenseits des Etablierten.

Proaktiv ausgespielte Macht. Zur Adaptionfähigkeit etablierter Akteure gehört schließlich auch, wie sie in Umbruchsituationen mit ihrer Macht umgehen. Macht basiert zwar auf in der Vergangenheit erworbenen Ressourcen und Kompetenzen. Diese strukturellen Machtpotenziale müssen aber immer wieder situativ mobilisiert und proaktiv an sich verändernde Bedingungen angepasst werden, um als Trümpfe in Machtspielen stechen zu können: Ist der Mächtige dann, wenn es darauf ankommt, nicht im Bilde, kann seine Macht ebenso verfallen, wie wenn er über Ressourcen und Kompetenzen verfügt, die keinen mehr interessieren (Crozier/Friedberg 1979; Giddens 1984; Ortmann 1992, 1995: 29–42).

Letzteres ist typisch für adaptionunfähige Akteure. Sie nutzen ihre Macht in Umbruchsituationen konservativ: Sie versuchen zunächst, mit allen ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln noch den bereits erodierenden Status quo zu verteidigen, neue Entwicklungen zu blockieren, neue Akteure zu marginalisieren und die bestehenden Institutionen des Sektors gegenüber seinen Rändern abzuschotten – und laufen gerade dadurch Gefahr, ein neues relevantes Spiel zu verpassen und ihre dominante Stellung im Sektor zu verlieren. Adaptionfähige Akteure zeichnen sich demgegenüber dadurch aus, dass sie ihre Macht in Umbruchsituationen proaktiv ausspielen: Sie überlassen das neue Spiel nicht anderen Akteuren, sondern nutzen ihre Stellung und ihren Einfluss früh und aktiv dazu, die neuen Spielregeln ihren Interessen gemäß mitzubestimmen und auch den Spielverlauf zu kontrollieren. Sie führen dazu nicht einfach ihre vorhandene Macht ins Feld (das tun sie auch), sondern erneuern deren Grundlagen, indem

sie ihre Ressourcen, Kompetenzen und Einflussmöglichkeiten gezielt neu justieren und an den veränderten Bedingungen ausrichten. Sie entwickeln eigenständige Strategien des Umgangs mit den neuen Technologien, bauen um sie herum neue Geschäftsbereiche auf, ohne dabei das angestammte Geschäft zu vernachlässigen (wie die Wissenschaftsverlage) oder richten sukzessive ihre Ziele und Leitorientierungen an den neuen Technologien aus (wie die US-amerikanischen Pharmakonzerne).⁵ Sie nutzen externen Druck als Veränderungsimpuls, binden andere Akteure in ihre Strategien ein, indem sie mit ihnen kooperieren oder ihnen Zugeständnisse machen – und zielen mit alledem darauf, auch substanziellen technikinduzierten Wandel als schrittweisen und evolutionären organisationalen und sektoralen Veränderungsprozess zu strukturieren und ihn dadurch unter Kontrolle zu halten.

Auch die *Strukturen und Institutionen* eines Sektors können die Adaptionfähigkeit gegenüber neuen Technologien fördern. Dies trifft auf noch ungefestigte neue Sektoren zu, die sich etwa im Umfeld neuer Technologien konstituieren:

The existence of leading organizations is less clear and there is no developed network of regulatory agencies comparable to accounting bodies. As a consequence, there is no stipulated template for organizing, and thus pressures for conformity are much less pronounced. (Greenwood/Hinings 1996: 1029f).

In solchen Fällen eröffnen Strukturen und Institutionen dadurch, dass sie noch nicht gefestigt sind, das Feld noch nicht kartografiert und strukturiert haben, den Akteuren außergewöhnliche Wahrnehmungs- und Gestaltungsspielräume. Das kann aber auch bereits etablierte Sektoren betreffen – und zwar dann, wenn deren Strukturen und Institutionen nicht eng und ausschließlich auf den bestehenden Entwicklungspfad ausgerichtet sind, sondern zugleich mit Transformationsmechanismen ausgestattet sind, die pfadabweichendes Verhalten unterstützen. Derartige Mechanismen variieren von Sektor zu Sektor und müssen durch empirische Fallanalysen jeweils konkretisiert werden. Gleichwohl können die folgenden strukturellen beziehungsweise institutionellen *Transformationsmechanismen* als fallweise besonders relevant hervorgehoben werden.

Adaptionsfördernde Strukturen und Interaktionsmuster. Die strukturelle Verfasstheit eines Sektors kann dessen Aufgeschlossenheit gegenüber neuen technologischen Möglichkeiten nicht nur blockieren, wie dies für die erste hier vorgestellte Variante als typisch herausgestellt worden ist, sondern auch fördern.

⁵ Dies entspricht auf der organisationalen Ebene dem, was in der neueren Forschung zum institutionellen Wandel gerne als *layering* – »the partial renegotiation of some elements of a given set of institutions while leaving others in place« – beziehungsweise *conversion* – »institutions designed with one set of goals in mind are redirected to other ends« – bezeichnet wird (Thelen 2003, hier: 225, 228). Mehr dazu in Kapitel 6.

Sektoren, deren Industriestrukturen durch eine Koexistenz verschiedener Unternehmenstypen geprägt sind – Großunternehmen, mittelständische Firmen und technologieorientierte Start-up-Firmen –, in denen es abgesicherte Spielräume für Innovatoren und neue Akteure in Technologienischen gibt – etwa in Form risikokapitalbasierter Unternehmensfinanzierungssysteme oder einer substanziellen staatlichen Förderung noch nicht marktgängiger Technologien und darauf spezialisierter Akteure – und die sich durch formalisierte wie informelle Vernetzungsmuster zwischen *heterogenen* Akteuren auszeichnen – zum Beispiel zwischen Industrie und Akademia, zwischen Großunternehmen und Start-up-Firmen, zwischen Herstellern und Technologielieferanten oder zwischen Produzenten, Kunden, eigenwilligen Nutzern und *subcommunities* – verfügen über strukturelle Mechanismen, die die Adaptionfähigkeit stimulieren und den Umgang mit neuen technologischen Möglichkeiten erleichtern können (Mowery/Nelson 1999; Ahuja/Lampert/Tandon 2008; O'Mahoney/Bechky 2008). Die Adaptionfähigkeit wissensbasierter Sektoren, deren Dynamiken in hohem Maße von der industriellen Aufnahme und Verarbeitung neuen grundlagenorientierten Wissens abhängen, wird insbesondere durch systematischen Austausch und Kooperationen zwischen Akademia und Industrie gefördert. Das betrifft sowohl formalisierte akademisch-industrielle Kooperationsbeziehungen als auch informelle Mechanismen der Interpenetration von grundlagenorientierter Wissenschaft und industrieller Forschung und Entwicklung (Kenney 1986; Schmoch 2003; Heinze 2006; Heinze/Kuhlmann 2008).

Institutionelle Sensoriken. Auch die institutionellen Arrangements, die für einen Sektor charakteristisch sind, können dessen Adaptionfähigkeit gegenüber neuen Technologien sowohl blockieren (wie in der ersten Variante) als auch fördern. J. Rogers Hollingsworth (2000: 626–630, hier: 629) hat darauf hingewiesen, dass sich Gesellschaften durch spezifische Innovationsstile (*styles of innovativeness*) auszeichnen und sich durch die jeweiligen »terms of the institutional environment in which their organizations are embedded« voneinander unterscheiden. Dieser Gedanke lässt sich auf die sektorale Ebene übertragen. Auch bestehende Sektoren werden durch historisch gewachsene institutionelle Arrangements geprägt, die von rechtlich-regulativen Rahmenbedingungen über geteilte Normen und Mentalitäten bis hin zu sektoralen Leitorientierungen reichen (Scott 2001) und die über deren Adaptionfähigkeit mitentscheiden. Dazu zählt in wissensbasierten Sektoren etwa der Grad der kognitiven und normativen Durchlässigkeit zwischen Industrie und Akademia: Die Akzeptanz akademisch-industrieller Karrieremuster, die Anerkennung von *entrepreneurship* und Kooperationen mit der Industrie in der *scientific community* sowie die Aufnahmebereitschaft für akademisches Grundlagenwissen in der Industrie. Das Beispiel Biotechnologie hat gezeigt, dass die hohen Selbstbezüglichkeiten von und starken Abschottungen

zwischen Akademia und Industrie ein wesentlicher Grund für die geringe Adaptionfähigkeit des deutschen Pharmasektors gegenüber diesem neuen Technikfeld gewesen sind, während umgekehrt die institutionalisierte Durchlässigkeit zwischen diesen beiden gesellschaftlichen Funktionsbereichen in den USA mitentscheidend für die frühe Wahrnehmung und proaktive Aufnahme durch die Industrie waren.

Darüber hinaus wird die Adaptionfähigkeit eines Sektors dadurch mitgeprägt, in welchem Maße seine Institutionen die innovativen Randbereiche mit all den dort entwickelten unkonventionellen Ideen, Technikprojekten und Nutzungsmustern positiv sanktionieren und zu integrieren vermögen. Risikobereite Entrepreneure, technisch versierte *subcommunities*, eigenwillige Nutzer oder akademische Forschung können durch den sektoralen Kern, durch dessen Akteure und Institutionen ignoriert, marginalisiert oder ausgegrenzt werden. Dadurch bilden sich in aller Regel institutionelle Parallelwelten heraus, die sich vor allem in Abgrenzung zueinander definieren. Wenn die sektoralen Randbereiche als Pioniere und Trendsetter neuer technologischer Möglichkeiten dagegen akzeptiert und ernst genommen werden, wenn also die kognitiven und regulativen Institutionen des Sektors Pfadabweichungen als inspirierende Quelle neuer Möglichkeiten stützen und kreative Spielräume an seinen Rändern absichern, und es somit institutionalisierte Durchlässigkeiten und Sensoriken zwischen dem Kern des Sektors und seinen Randbereichen gibt, dann erhöht auch dies seine Adaptionfähigkeit.

Nationale Einbettungen und politische Akzentsetzungen. Die Adaptionfähigkeit eines Sektors kann schließlich auch von seiner Einbettung in das nationale Produktions- und Innovationssystem und von politischen Initiativen profitieren (Mowery/Nelson 1999; Hage 2006). Das Beispiel Biotechnologie hat gezeigt, dass die proaktive Umorientierung des US-amerikanischen Pharmasektors auf dieses neue Technologiefeld (wiederum anders als sein deutsches Pendant) durch bereits vorhandene strukturelle und institutionelle Transformationsmechanismen auf der nationalen Ebene – Erfahrungen mit Start-up-Firmen und technologieorientierten Kooperationsbeziehungen, etablierte Risikokapitalmärkte, Durchlässigkeit zwischen Akademia und Industrie, starke regionale Technologiecluster und so weiter – begünstigt worden ist. Adaptionfördernd können darüber hinaus auch originär politische Akzentsetzungen sein: etwa eine Industrie- und Innovationspolitik, die nicht nur nationale Champions in etablierten Märkten, sondern systematisch auch noch nicht marktfähige Technologienischen und avantgardistische (Wirtschafts-)Akteure fördert, eine Kartellrechtspolitik, die Monopolbildungen effektiv zu verhindern vermag oder eine Mediations- und Diskurspolitik, die konsequent auch die Ressourcen und Kompetenzen neuer Produzenten, Nutzer und *subcommunities* unterstützt und in poli-

tische Entscheidungsfindungsprozesse einbezieht (Laredo/Mustar 2001; Dolata 2005, 2006). Auch das nationale Innovationssystem und eine proaktiv betriebene Unterstützung und Förderung neuer soziotechnischer Rahmenbedingungen durch die Politik können zur Adaptionfähigkeit eines Sektors beitragen und seinen adaptiven Wandel unterstützen.

Aus alledem folgt eine *vierte Präzisierung des Konzepts* sektoraler Adaptionfähigkeit: die Unterscheidung zwischen *Transformationsblockaden* und *Transformationsmechanismen*, die die wesentliche Differenz zwischen adaptionsunfähigen und adaptionsfähigen Sektoren markiert. Ich habe im vorigen Abschnitt gezeigt, dass sich adaptionsunfähige Sektoren vor allem in der Anfangsphase soziotechnischer Umbrüche sowohl auf der Ebene der Kernakteure als auch auf der Ebene der bestehenden Strukturen und Institutionen durch transformationsresistente Pfadabhängigkeiten auszeichnen – durch rigide organisationale, strukturelle und institutionelle *lock-ins*, die Anpassungen aus dem Sektor heraus zunächst blockieren oder behindern. Das ist in adaptionsfähigen Sektoren anders. Auch sie haben zwar spezifische soziotechnische Entwicklungspfade ausgeprägt, ohne die sie nicht funktionieren würden. Ihre Kernakteure, Strukturen und Institutionen sind allerdings zugleich mit nicht bloß situativ oder zufällig wirkenden, sondern verallgemeinerbaren Transformationsmechanismen ausgestattet, die technikinduzierten Wandel aus dem Sektor heraus fördern und gezielte Pfadmodifikationen oder -wechsel erleichtern.

Man kann dies in Abgrenzung zur ersten Variante als *transformationsoffene sektorale Pfadabhängigkeit* bezeichnen und den Transformationsprozess selbst als *adaptiven Wandel* charakterisieren. Die neuen Technologien, um die es geht, treffen den Kernbereich adaptionsfähiger Sektoren auch dann, wenn sie außerhalb oder an deren Rändern entstanden sind, nicht unvorbereitet, sondern werden dort früh wahrgenommen und gezielt aufgegriffen. Das heißt nicht, dass all die Ambiguitäten und Unwägbarkeiten, die der Entwicklung, Einführung und Nutzung neuer Technologien inhärent sind und ihrer Plan-, Steuer- und Kontrollierbarkeit Grenzen setzen, damit aus der Welt wären. Auch der technikinduzierte Wandel adaptionsfähiger Sektoren wird von Such- und Selektionsprozessen geprägt, in denen mit noch nicht klar fokussierten neuen technologischen Möglichkeiten und deren Verwendungspotenzialen experimentiert wird, in denen organisationale, institutionelle und strukturelle Readjustierungen erprobt werden und in denen überdies oft divergente Interessen aufeinanderprallen, scharfe Machtausinandersetzungen und Domänenkämpfe ausgetragen werden. Entscheidend ist, dass diese Such- und Selektionsprozesse nicht am bestehenden Kern des Sektors vorbeilaufen, sondern sich maßgeblich dort abspielen und von den etablierten Strukturen, Institutionen und Akteuren von Beginn an entscheidend mitgeprägt werden.

5.4 Variante III: Machtbasierte Adaption

Im Zwischenbereich dieser stilisierten Pole von Adaptionfähigkeit lässt sich eine dritte wichtige Variante herausstellen, die ich als machtbasierte Adaption und Selektion neuer technologischer Möglichkeiten bezeichne.

Der Kern eines Sektors kann aufgrund der vorhandenen Machtfigurationen auch in der Lage sein, neue Technologien über einen längeren Zeitraum erfolgreich abzublocken, kleinzuhalten oder nur partiell aufzugreifen. Seine etablierten Akteure müssen neue technologische Möglichkeiten, die sich an der Peripherie des Sektors entwickeln, nicht früh und proaktiv aufgreifen, um ihre Position zu sichern. Der Anpassungsdruck, der von den Rändern kommt, bleibt bei aller dort vorhandenen Kreativität und Innovativität zunächst gering und bedroht den bestehenden soziotechnischen *match* nicht. Insbesondere gibt es keine durchschlagskräftigen neuen Akteure, Koalitionen oder Bewegungen, die den Kern des Sektors substantiell herausfordern könnten. Auch dann, wenn der externe Anpassungs- und Veränderungsdruck auf den Sektor etwa durch politischen Druck signifikant zunimmt und die etablierten Akteure zu Reaktionen zwingt, sind sie noch in der Lage, einen Prozess nur moderater Restrukturierung zuzulassen und ihn zu kontrollieren. In dessen Verlauf kommt es zu graduellen Veränderungen des technologischen Profils, der Strukturen, der institutionellen Basis und der Akteurfigurationen des Sektors, ohne dass dabei die bestehenden Machtfigurationen in größere Unordnung geraten müssen oder zur Disposition stehen.

Fall 7: Die deutsche Energiewirtschaft und die erneuerbaren Energien

Der deutsche Energiesektor ist ein solcher Fall. Als großes technisches Infrastruktursystem zeichnet er sich bis heute durch eine bemerkenswerte Stabilität aus (Mayntz 1993), obgleich er seit einigen Jahren mit gravierenden politischen, technologischen und ökologischen Herausforderungen konfrontiert wird.⁶ Der Sektor ist technisch durch die Nutzung fossil-atomarer Energieträger geprägt, zeichnet sich organisatorisch durch eine starke Zentralisierung der Stromproduktion und -distribution aus und wird industriell von oligopolistischen Strukturen dominiert – mit den zwei Großversorgern E.ON und RWE an der Spitze (Bontrup/Marquardt 2010).

Seit etwa Mitte der 1970er-Jahre hat sich an der Peripherie des Sektors eine alternative Variante der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (Wind,

⁶ Wenn nicht anders ausgewiesen, greift die Interpretation dieses Falls auf die empirischen Arbeiten von Mautz/Byzio/Rosenbaum (2008) und Mautz (2007, 2008) zurück.

Wasserkraft, Biomasse, Solarenergie) formiert, die alle typischen Eigenheiten einer technologischen Nische aufweist, in der »eine Innovation vor den selektierenden Effekten des freien Marktes geschützt ist« (Braun-Thürmann 2005: 46). Diese Variante setzt in radikaler Abgrenzung zur dominierenden Struktur auf eine dezentrale Erzeugung und Verteilung von Strom und auf eine entsprechend plurale Struktur kleiner und mittlerer, von den Stromkonzernen unabhängiger Stromerzeuger. Ihr Leitbild ist das einer ökologisch verträglichen Stromversorgung. Ihre Stabilisierung und Dynamik wäre ohne staatliche Förderung und Protektion nicht möglich gewesen.

Der etablierte Kern des Sektors ist von diesen Entwicklungen an seiner Peripherie lange Zeit unbeeindruckt und unbeeinflusst geblieben. Bis Anfang der 2000er-Jahre, also über einen Zeitraum von etwa 25 Jahren, fristeten der Bereich erneuerbarer Energien (mit einem Anteil am Bruttostromverbrauch von 4,8 Prozent in 1998) und die ihn tragenden Akteure ein Nischendasein und konnten auf die bestehenden Systemstrukturen und die großen Stromkonzerne keinen signifikanten Anpassungs- und Veränderungsdruck ausüben. Die Machtverteilung zwischen Kern und Peripherie war (und blieb) eindeutig. Anders als etwa im Fall des Musik- oder des Pharmasektors konnten die großen Stromversorger die Prozesse am Rand des Sektors lange konsequenzlos laufen lassen beziehungsweise kleinhalten – und mussten jedenfalls gegenüber erneuerbaren Energien gar nicht adaptionsfähig sein, um ihre dominante Stellung zu bewahren.

Seit Anfang der 2000er-Jahre ist diese eindeutige Konstellation in Bewegung geraten (Praetorius et al. 2008: 9–27; Rohracher 2007). Erstens ist der Bereich erneuerbarer Energien (mit einem Anteil am Bruttostromverbrauch von 14,8 Prozent in 2007) mittlerweile in relevante Größenordnungen hineingewachsen; der deutsche Markt gilt international als Pionier und Leitmarkt vor allem im Bereich der Windenergienutzung. Zweitens ermöglichen technologische Innovationen, insbesondere neue Informations- und Kommunikationstechniken prinzipiell auch eine dezentrale, netzwerkartige Organisation und Koordination von Erzeugung und Verbrauch. Drittens müssen sich die großen Stromkonzerne mit politischen Liberalisierungsinitiativen auseinandersetzen, die ihre Monopolmacht bedrohen könnten. Und viertens sind sie mit ökologischen Herausforderungen konfrontiert, die sich als vielstimmiger Ruf nach einem umweltgerechten Umbau des Sektors konkretisieren.

Diese in ihrer Kombination neuartigen technologischen, politischen und ökologischen Herausforderungen haben den Anpassungs- und Veränderungsdruck auf den etablierten Kern des Sektors und dessen Akteure in den vergangenen Jahren erhöht, ohne allerdings bislang gravierende Strukturveränderungen mit sich gebracht zu haben. Die politischen Initiativen zur Liberalisierung und Neuregulierung der Strommärkte haben nicht nur in Deutschland den

Konzentrationsgrad erhöht und die Monopolmacht der Konzerne gestärkt (Thomas 2006; Matthes/Poetzsch/Grashoff 2005). Neue Informations- und Kommunikationstechniken werden von ihnen als Mittel zur Flexibilisierung der Stromerzeugung und -verteilung proaktiv aufgegriffen und in die weiterhin dominierenden zentralistischen Strukturen integriert. Den ökologischen Herausforderungen und dem Bedeutungszuwachs erneuerbarer Energien wird mit einer Doppelstrategie begegnet: Zum einen stellen die Stromkonzerne eine klimaschutzverträgliche Erneuerung der etablierten Energieversorgung in Aussicht – mit der Propagierung der Kernenergie als umweltverträglicher Stromquelle und mit Verbesserungsinnovationen bei Kohlekraftwerken. Zum anderen beteiligen sie sich mittlerweile selektiv auch am Ausbau der erneuerbaren Energien, vor allem im Bereich der Offshore-Windkraftnutzung – mit dem Ziel, auf die weitere Entwicklung in diesem Bereich nunmehr gezielt Einfluss zu nehmen.

All das verändert den Sektor, ohne dass dabei deren Kernstrukturen, -institutionen und -akteure bislang zur Disposition stünden. Zum einen liegt das an den technischen Struktureigenschaften des Stromsystems: seiner Netzgebundenheit und aufwendigen Netzstruktur, die sich auch durch technische Innovationen an seinen Rändern nicht umstandslos und radikal verändern lassen (Mautz 2008; Mayntz 2009). Zum anderen liegt das an den stabilen Machtfigurationen, die den Sektor prägen. Erneuerbare Energien haben sich zwar zu einer akzeptierten und auch ökonomisch relevanten Nische entwickelt. Der Druck, den die diesen Bereich tragenden und propagierenden Akteure auf den Kern des Sektors ausüben konnten, ist bislang allerdings überschaubar geblieben. Auch die Politik, die diese Technologienische seit Langem aktiv fördert, hat aller Liberalisierungsrhetorik zum Trotz die bestehenden Strukturen und Institutionen des Sektors bislang eher gestützt als zu destabilisieren versucht. Die Kernakteure des Sektors mussten unter diesen Bedingungen lange Zeit gar nicht adaptionsfähig sein, um ihre Position halten und ausbauen zu können. Bislang genügt ihnen eine nachholende und selektive Adaption der alternativen Technologien, um als akzentsetzende Spieler im Spiel zu bleiben.

Machtbasierte Adaption und kontrollierter Wandel

Alle vorgestellten Fälle und Varianten von Adaptionfähigkeit zeigen, dass die Wahrnehmung, Aufnahme und Verarbeitung neuer technologischer Möglichkeiten keine unbescholtene, von Interessen und Macht freie Suche nach einem optimalen, adäquaten oder funktionsfähigen neuen soziotechnischen *match* ist. Je größer ihre (potenzielle) sektorale Eingriffstiefe ist, je offener sie also zu einer substanziellen Veränderung des Sektors beitragen können, die je nach dem Blickwinkel der beteiligten Akteure auf das Geschehen als Erneuerung

und Aufbruch oder als Destabilisierung und Erosion wahrgenommen wird, um so zwangsläufiger geraten sie ins Fadenkreuz unterschiedlicher Interessen, Strategien und Machtauseinandersetzungen. Damit kommen in einer *fünften Präzisierung des Konzepts* die soziotechnischen *Machtfigurationen* in den Blick, die die untersuchten Sektoren prägen und die Verlaufsformen des sektoralen Wandels mitbeeinflussen.

Die *erste Variante* – Adaptionunfähigkeit – hat gezeigt, dass im Zuge technologischer Umbrüche der Einfluss der etablierten Akteure erodieren kann und sich die Machtfigurationen innerhalb eines Sektors signifikant verschieben können. Dazu müssen allerdings mehrere relevante Faktoren zusammentreffen und sich wechselseitig stärken. Die neuen Technologien müssen ein disruptives und durch neue Akteure vergleichsweise einfach erschließbares Potenzial haben, das die etablierten Strukturen, Institutionen und Akteure des Sektors substanziell herausfordert. Darüber hinaus muss es durchsetzungsfähige Herausforderer geben. Das können bereits etablierte und ressourcenstarke Akteure von außen sein, die mithilfe der neuen Technologien in den Sektor eindringen. Das können aber auch neu entstehende Milieus, *communities* und Akteure an der Peripherie des Sektors sein, die die Technologien an den bestehenden Strukturen und Institutionen vorbei proaktiv aufgreifen, entwickeln und nutzen – und in der Lage sind, mit ihren Aktivitäten den Kern des Sektors unter Druck zu setzen. Unter solchen Bedingungen werden substanzielle Veränderungen in den Machtfigurationen eines Sektors umso wahrscheinlicher, je konservativer sich die etablierten Akteure zu den neuen Technologien verhalten und je stärker sie sich darauf beschränken, das Bestehende abzusichern und zu verwalten. Erst dadurch werden jene Spielräume geschaffen, die es Entrepreneurern ermöglichen, den Wandel des Sektors anzustoßen und ihn (zumindest temporär) zu prägen.

Die *zweite Variante* – proaktive Adaptionfähigkeit – zeichnet sich demgegenüber vor allem dadurch aus, dass die etablierten Akteure eines Sektors im Rahmen technologischer Umbrüche ihre Macht gezielt erneuern und proaktiv ausspielen. Das kann geschehen, indem sie selbst neue technologische Möglichkeiten früh und gezielt aufgreifen, sie selektiv weiterentwickeln beziehungsweise nutzen, ihr Geschäft auf dieser Basis erweitern und mit alledem einen wesentlichen Einfluss auf den technikinduzierten Wandel ihres Sektors nehmen. Das kann aber auch dadurch geschehen, dass sie die um die neuen Technologien entstehenden Milieus und die dort agierenden Entrepreneurere über strategische Kooperationen und Netzwerke an sich binden. Wenn die etablierten Akteure dort ihre überlegenen finanziellen und organisatorischen Ressourcen einbringen, die die Entrepreneurere (zum Beispiel Start-up-Firmen) in der Regel nicht haben, aber dringend benötigen, dann können sie über den Austausch »Geld und Organisationsfähigkeit« gegen »Ideen und Know-how« systematisch von

deren Innovationskraft profitieren. Obgleich die Anstöße für technikinduzierten Wandel auch in solchen Fällen oft von außen oder von den Rändern des Sektors kommen, wird er von den etablierten Akteuren dadurch, dass sie ihre Macht nicht bloß verwalten, sondern gezielt neu justieren und auf die neuen Technologien fokussieren, aktiv mitgestaltet beziehungsweise kontrolliert.

Für die *dritte Variante* – machtbasierte Adaption – schließlich ist charakteristisch, dass die Kernakteure über einen längeren Zeitraum eine weitreichende Kontrolle über ihren Sektor auch ohne größere Anpassungsleistungen aufrechterhalten können, obwohl sich an der Peripherie sukzessive eine neue technologische, sozioökonomische und soziokulturelle Parallelwelt aufgebaut hat. Sie sind darüber hinaus in der Lage, auch zunehmenden Anpassungs- und Veränderungsdruck über selektive und nachholende Adaptionen aufzufangen, ohne dabei an Einfluss auf die Struktur und Entwicklung des Sektors zu verlieren.

Das ist dann möglich, wenn wenige etablierte Akteure den Sektor nicht nur ökonomisch und technologisch beherrschen, sondern zugleich substanzielle Veränderungen des technologischen Profils, das den Sektor ausmacht, nur mit einem großen investiven, organisatorischen und regulativen Aufwand möglich sind. In der Musikindustrie etwa konnten das technologische Profil und mit ihm die sozioökonomischen Strukturen und die Machtfigurationen durch wenige und für jeden einfach zu handhabende technische Innovationen – Digitalisierung, Datenkomprimierungstechniken und Internet – schnell und problemlos aus den Angeln gehoben werden. Die Kerntechnologie des Sektors – CDs als physische Tonträger auf digitaler Basis – war ausgesprochen anfällig gegenüber den neuen Technologien, die von Anfang an allgemein zugänglich waren und sich von neuen Akteuren ohne größeren Ressourceneinsatz weiterentwickeln und nutzen ließen. Das ist in großtechnisch geprägten Sektoren, die sich auch heute noch durch komplex-interaktive, engmaschig vernetzte und zentralisierte technische Systemstrukturen auszeichnen, weitaus schwieriger (zum Beispiel im Energiesektor oder in der Luft- und Raumfahrt). Deren Elemente sind eng miteinander verkoppelt und nicht einfach austausch- oder umbaubar. Betrieb, Wartung und Erneuerung sind mit einem permanent hohen organisatorischen und investiven Aufwand verbunden, den nur die bereits etablierten Akteure erbringen können (Perrow 1984, 1986; Mayntz 1993, 2009; Weyer 2005). Derartige soziotechnische Konstellationen bilden hohe Eintrittsbarrieren für neue Akteure in den Kern des Sektors und festigen die Machtposition der etablierten Akteure, die sich zunächst auf neue Technologien, die am Rand des Sektors entstehen, ausprobiert und genutzt werden, gar nicht einlassen müssen, um ihre dominante Position zu behalten.

Unter solchen Bedingungen können neue technologische Möglichkeiten, die quer zum etablierten Entwicklungspfad stehen, die hermetischen Kern-

strukturen des Sektors erst dann substanziell beeinflussen, wenn sie entweder durch einen Schwarm neuer dezentraler Technologien auf breiter Front unterlaufen werden können (wie in den Telekommunikationssektoren⁷) oder wenn sie in den Rang technisch praktikabler, gesellschaftlich breit akzeptierter, von ressourcenstarken Akteuren getragener und politisch konsequent unterstützter Systemalternativen hineingewachsen sind (Voß/Bauknecht 2007). Der Politik kommt in Fällen machtbasierter Adaption eine Schlüsselrolle zu – und zwar in zweierlei Hinsicht: Zum einen kann sie neue Technologien gezielt fördern und deren Bestand sowohl gegenüber den etablierten Akteuren als auch gegenüber Marktprozessen sichern. Und zum anderen kann sie mit konsequentem Agenda-Setting und Gegensteuern, mit Förderentscheidungen und Regulierungsinitiativen politischen Druck entfalten, auf den die etablierten Kernakteure mit größeren strategischen Repositionierungen zu reagieren haben. Die zentralen Gegenspieler der etablierten Kernakteure sind in solchen Fällen nicht vorrangig neue Akteure des Innovationsprozesses, die sich an der Peripherie des Sektors formieren oder von außerhalb kommen, sondern auch politische Akteure, die mit entsprechenden und konsequent verfolgten Initiativen dazu beitragen können, die etablierten sektoralen Regulationsmuster aufzubrechen.

Erst ein solches Zusammenspiel aus praktikablen technologischen Alternativen, unabweisbaren wirtschaftlichen oder ökologischen Problemen und politischem Druck kann die etablierten Akteure des Sektors dazu zwingen, konstruktiv zu reagieren und sich zumindest selektiv auch auf technologische Alternativen jenseits des dominierenden Entwicklungspfad einzulassen. Wenn

7 In den *Telekommunikationssektoren*, die sich bis in die 1980er-Jahre durch ein hohes Maß an technischer, ökonomischer und institutioneller Stabilität auszeichneten, haben eine Vielzahl neuer und vielseitig verwendbarer digitaler Informations- und Kommunikationstechniken nachhaltig zur Veränderung der sektoralen Strukturen, Institutionen und Akteurfigurationen beigetragen. »Digitalization and the microprocessor have revolutionized switching. Together with wireless transmission handled by radio base stations and easy-to-install antennas, they have enabled the construction of competing networks of mobile telephony, networks that can connect to the optical fiber network of earthbound telephony. With the advent of digitalization, network access has ceased to be a technical problem. In conjunction with the progressive fusion of telecommunication and information technologies, it has led to the multiplication of services offered by a host of competing service providers« (Mayntz 2009: 141; Schneider 2001). Mit der digitalen Revolution konnten sich, flankiert von staatlichen Liberalisierungspolitiken, nicht nur die Märkte für Telekommunikationsgüter und die den Sektor tragenden Akteure erheblich ausdifferenzieren und umstrukturieren. Auch die vormals engen und stabilen nationalen Verflechtungsmuster zwischen Staat und Herstellerindustrie haben sich seither in Richtung Internationalisierung, Fragmentierung und insgesamt erheblich loser gekoppelten Beziehungen verschoben. Anders als die Energiekonzerne konnten sich die klassischen Telekommunikationsunternehmen aufgrund dieses technologisch wie politisch dynamischen Umfelds nicht auf ihre erworbene Macht verlassen, sondern mussten sich proaktiv auf die neuen Herausforderungen einstellen, um als führende Akteure im neuen Spiel zu bleiben.

die soziotechnische Transformation des Sektors mit einem hohen investiven, organisatorischen und politisch-deliberativen Aufwand verbunden und nur als schrittweise Restrukturierung über einen längeren Zeitraum realistisch ist, dann besteht immer noch die Möglichkeit, dass die etablierten Akteure auch diesen Prozess über Anpassungsstrategien im Bereich bestehender Technologien und über die selektive Adaption und Integration technologischer Alternativen weiterhin maßgeblich mitgestalten und kontrollieren können.

Man kann dies, die Diskussionen um Pfadabhängigkeiten und -wechsel ein weiteres Mal aufgreifend, als Möglichkeit einer *machtbasierten Pfadkontrolle beziehungsweise Pfadmodifikation* bezeichnen und den Transformationsprozess selbst als *kontrollierten Wandel* beschreiben. Ähnlich wie in der ersten Variante ist die Stabilitätsneigung derartiger Sektoren und ihrer Kernakteure hoch. Anders als in der ersten Variante werden sie dadurch allerdings nicht *per se* anfällig für krisenhafte und außer Kontrolle geratene Transformationen. Obgleich sich an ihren Rändern sukzessive neue technologische Möglichkeiten aufbauen, die quer zum etablierten Pfad stehen, sind die Kernakteure über einen längeren Zeitraum in der Lage, diese Alternativen zunächst abzublocken oder kleinzuhalten und sie dann, wenn es nicht mehr anders geht, selektiv aufzugreifen und in das bestehende Technikportfolio aufzunehmen. Sie können sich diesen Luxus nicht nur leisten, weil sie ihren Sektor sozioökonomisch nahezu vollständig beherrschen und ihre Herausforderer zunächst schwach und randständig bleiben. Ihre Macht beruht zudem auf dem technologischen Profil des Sektors – und zwar dann, wenn es durch komplex-interaktive und zentralisierte großtechnische Systemstrukturen geprägt ist, die schon zu ihrer Reproduktion einen hohen Organisations- und Kapitalaufwand erfordern und deren einzelne Elemente nicht einfach veränder- oder austauschbar sind.

5.5 Adaptionfähigkeit als forschungspragmatisches Konzept

Die sieben skizzierten Fälle und die drei vorgestellten Varianten von Adaptionfähigkeit haben gezeigt, dass der sektorale Umgang mit eingriffstiefen neuen Technologien sehr unterschiedlich sein kann. Neue technologische Möglichkeiten mit zunächst noch nicht klar identifizierbaren Eigenheiten und Veränderungspotenzialen treffen auf ein breites Spektrum eigenwilliger Akteure mit unterschiedlichen Lektorientierungen, Routinen und Organisationsmustern. Diese sind wiederum eingebettet in jeweils spezifische Regulationsmuster, Strukturen und institutionelle Milieus, auf die sie sich mehr oder minder stark beziehen. Das entzieht technikdeterministischen Ableitungen den Boden: Aus den Ei-

genheiten einer Technik lässt sich nicht umstandslos, also ohne Zwischenschaltung sozialer Gegebenheiten und Prozesse, auf daraus zwingend folgende und eindeutig bestimmbare sektorale Anpassungsleistungen und Veränderungen schließen. Der Umgang mit neuen technologischen Herausforderungen, deren Wahrnehmung, Aufnahme und Weiterentwicklung lässt sich allerdings entlang der vorgenommenen Präzisierungen auf ein Set identifizierbarer Faktoren zurückführen, die in ihrem Zusammenspiel distinkte Varianten sektoraler Adaptionfähigkeit und technikinduzierten Wandels nahelegen.

Den Ausgangspunkt jeder Analyse technikinduzierten sektoralen Wandels bildet die Frage, wie die etablierten Akteure sich zu neuen technologischen Möglichkeiten verhalten, die quer zu ihren Leitorientierungen, Organisationsmustern und Routinen stehen. Wie ich gezeigt habe, ist es keineswegs außergewöhnlich, dass saturierte Akteure die soziotechnischen Veränderungspotenziale neuer Technologien zunächst unterschätzen oder ignorieren und auch dann, wenn sich bereits ein signifikanter Veränderungsdruck aufgebaut hat, noch vornehmlich mit Blockadehaltungen, Strategien zur Verteidigung des Status quo und zögerlichen Anpassungsleistungen darauf reagieren. Sie laufen damit Gefahr, die Kontrolle über den sektoralen Wandel zu verlieren, der stattdessen maßgeblich von neuen oder sektorexternen Akteuren vorangetrieben wird. Etablierte Akteure können sich aber auch – das ist das andere Ende des Möglichen – früh, aufgeschlossen und initiativ auf die neuen Technologien einlassen, sie eigenständig weiterentwickeln, um sie herum neue Tätigkeits- und Geschäftsfelder aufzubauen. Derart proaktive Aneignungs- und Nutzungsstrategien erhöhen die Chance, dass sie die Richtung des sektoralen Wandels wesentlich beeinflussen können.

Auch das bestehende sektorale Regulationsmuster gerät im Zuge technologischer Umbrüche nicht nur selbst auf den Prüfstand und unter Anpassungsdruck. Es bildet zugleich situationsübergreifende Ausgangsbedingungen für den Umgang des Sektors mit neuen Technologien und kann Adaptionprozesse sowohl behindern oder blockieren als auch fördern. Letzteres hängt davon ab, in welchem Maße die bestehenden sozioökonomischen Strukturen und institutionellen Arrangements des Sektors nicht nur dessen Stabilität garantieren, sondern darüber hinaus auch pfadabweichende Entwicklungen und Akteure regulativ und normativ unterstützen und positiv sanktionieren.

Forschungspragmatisch gewendet führt dies zu einem *ersten Erfordernis* jeder Untersuchung technikinduzierten Wandels: der Identifizierung der Adaptionfähigkeit oder -unfähigkeit der Kernakteure sowie der strukturellen und institutionellen Adaptionbedingungen des Sektors, um den es geht. Sie liefert wichtige Hinweise dazu, ob beziehungsweise inwieweit der Sektor und seine etablierten Akteure in der Lage sind, grundlegend neue technologische Möglichkeiten proaktiv aufzugreifen und den Wandel mitzugestalten.

Allerdings ist es nicht sinnvoll, entsprechende Analysen auf den saturierten Kern des untersuchten Sektors zu begrenzen. Grundlegend neue technologische Möglichkeiten und deren Träger formieren sich oft zunächst nicht im etablierten sektoralen Kern. Sie kommen häufig von außen oder nehmen an der Peripherie des Sektors Gestalt an, wo sich neue Akteure unterschiedlicher Couleur herausbilden und sich neue, nicht selten zunächst fluide strukturelle und institutionelle Milieus entwickeln. Die Adaptionfähigkeit dieser peripheren Milieus gegenüber neuen Technologien, die dort früh entwickelt, aufgegriffen und eigenwillig genutzt werden, ist naturgemäß hoch. Deren Akteure entwickeln neue Regeln und Konventionen und folgen ihnen, sie bilden eigenständige Kommunikations- und Interaktionszusammenhänge aus und können mit ihrem Handeln das bestehende soziotechnische Profil des Sektors zum Teil nachhaltig beeinflussen – vor allem dann, wenn sich dessen Kern als adaptionsunfähig erweist. Die Analyse der Konstitution und Bedeutung der sektoralen Ränder im Transformationsprozess sowie der Dynamiken, Konfrontationen und Interpenetrationen zwischen dem etablierten Kern des Sektors und seiner Peripherie bildet dementsprechend das *zweite Erfordernis*, das für die Untersuchung technikinduzierten Wandels konstitutiv ist.

Mit diesen grundlegenden Strukturierungen des Untersuchungsgegenstandes sind die Bedingungen der Adaptionfähigkeit oder -unfähigkeit des sektoralen Kerns und seiner Akteure, die Bedeutung der sektoralen Ränder im Transformationsprozess und der Typ des sektoralen Wandels noch nicht erfasst. Sie hängen von zwei wesentlichen Faktoren ab: zum einen von organisationalen, institutionellen und strukturellen Transformationsmechanismen oder -blockaden, die den technikinduzierten Wandel aus dem Kern des Sektors heraus fördern beziehungsweise behindern können, und zum anderen von den Machtfigurationen, die die sozialen Kräfteverhältnisse im Sektor widerspiegeln und wichtige Bedingungen für die Durchsetzungsfähigkeit technologischer Alternativen und neuer Akteure von der Peripherie bilden.

Die Verarbeitung des Anpassungsdrucks, der sich mit neuen technologischen Möglichkeiten aufbaut, und die Erneuerungsfähigkeit aus dem Kern des Sektors hängen davon ab, ob und in welchem Maße die bestehenden Organisationen, Institutionen und Strukturen über Transformationsmechanismen verfügen, die einen aufgeschlossenen Umgang mit den Potenzialen neuer Technologien ermöglichen, die Spielräume für pfadabweichendes Verhalten schaffen und die die innovativen Ränder produktiv abzuschöpfen und zu integrieren vermögen. Ist das der Fall, sind Formen adaptiven Wandels wahrscheinlich, dessen Verlauf vom bestehenden Kern des Sektors maßgeblich mitgestaltet wird. Wenn sich die bestehenden Organisationen, Institutionen und Strukturen dagegen durch Persistenz und (wechselseitige) Transformationsblockaden auszeichnen, kann

der Wandel aus Sicht der Etablierten außer Kontrolle geraten und sich über krisenhafte Anpassungsprozesse Bahn brechen, die dann von den Rändern des Sektors ausgehen und durch sie vorangetrieben werden. Das Aufspüren von Transformationsmechanismen beziehungsweise -blockaden, die konstitutiv für die Bestimmung der Adaptionsfähigkeit oder -unfähigkeit eines Sektors und der dadurch begründeten Veränderungsdynamiken sind, ist daher das *dritte Erfordernis*, dem Untersuchungen technikinduzierten Wandels nachkommen sollten.

Wie mit dem Anpassungs- und Veränderungsdruck durch neue Technologien umgegangen wird und welches Muster der sektorale Wandel annimmt, hängt wesentlich, allerdings nicht ausschließlich von den jeweiligen Adaptionsbedingungen und der Adaptionsfähigkeit der beteiligten Akteure ab. Auch die sozialen Kräfteverhältnisse im Sektor tragen dazu bei. Die sind am Beginn einer Umbruchperiode in der Regel sehr asymmetrisch verteilt. Häufig beherrschen wenige Kernakteure mit ihren Ressourcen, Kompetenzen und sozialen Beziehungen den Sektor – und werden darin durch die bestehenden Strukturen und Institutionen, die sie wesentlich mitgestaltet haben, unterstützt. Die Wahrscheinlichkeit, dass ihre Macht im Zuge eines technologischen Umbruchs erodiert, ist dann am größten, wenn sie selbst adaptionsunfähig sind und die technologischen Alternativen ein disruptives Potenzial haben, das durch neue Akteure vergleichsweise einfach, ohne größeren Einsatz von Ressourcen abgerufen und genutzt werden kann. Das gilt vor allem für kleinformative, dezentrale, verwendungsoffene und einfach zu handhabende Technologien. Am anderen Ende der Skala stehen Sektoren, in denen die wenigen Kernakteure in der Lage sind, alternative und potenziell disruptive technologische Möglichkeiten ohne größere Anpassungsleistungen über einen längeren Zeitraum erfolgreich abzublocken oder nur selektiv aufzugreifen, ohne dabei an Einfluss auf ihren Sektor und seine Entwicklung zu verlieren. Das ist dann der Fall, wenn diese Akteure ihren Sektor nicht nur ökonomisch beherrschen – das gilt für alle vorgestellten Fälle –, sondern größere soziotechnische Veränderungen zugleich sehr voraussetzungsvoll sind. Das gilt insbesondere für zentralisierte, organisations- und kapitalintensive großtechnische Systeme, die hohe Eintrittsbarrieren für neue Akteure und große Durchsetzungsprobleme für grundlegende technologische Alternativen konstituieren. Untersuchungen technikinduzierten Wandels haben also, dies ist das *vierte Erfordernis*, auch die sozial und technisch begründeten Machtfigurationen, die den Sektor prägen und die Möglichkeit sowie die Form seines Wandels mitbestimmen, in die Analyse einzubeziehen.

Die hier skizzierten Prozesse technikinduzierten Wandels vollziehen sich nicht kurzfristig, sondern in Form längerer, oft ein bis zwei Jahrzehnte dauernder Veränderungen. Alle vorgebrachten Einflussfaktoren, die die Dynamiken und Richtungen des Wandels mitprägen, verändern sich im Laufe derartiger

Transformationsprozesse zum Teil signifikant. Das gilt für die Technologien, um die es geht, die nicht einmal fertig sind und dann einen Anpassungsdruck auf den Sektor ausüben, sondern im Laufe des Transformationsprozesses selbst weiterentwickelt, umgedeutet oder substanziell verändert werden. Das gilt gleichermaßen auch für die Adaptionfähigkeit der Akteure, die institutionellen und strukturellen Adaptionbedingungen, das Verhältnis zwischen Kern und Peripherie und die sektoralen Machtfigurationen. Mit statischen Zustandsbeschreibungen lassen sich diese über einen längeren Zeitraum ablaufenden soziotechnischen Readjustierungen nicht erfassen. Das *fünfte Erfordernis* jeder Untersuchung technikinduzierten sektoralen Wandels ist es daher, nicht nur die initialen Bedingungen der Wahrnehmung und Aufnahme neuer technologischer Möglichkeiten in einem Sektor zu analysieren, sondern darüber hinaus über kausale Rekonstruktionen deren prozessuale Dynamik nachzuvollziehen.

Kapitel 6

Neue Technologien und sektorale Transformation

6.1 Brückenschlag: Eingriffstiefe, Adaptionfähigkeit, Transformation

Mithilfe der beiden vorgestellten Konzepte – sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien und sektorale Adaptionfähigkeit – wird technikinduzierter Wandel als iteratives Zusammenspiel aus technologischen Dynamiken und damit zusammenhängenden sozioökonomischen und institutionellen Restrukturierungen empirisch abbild- und theoretisch erklärbar.

Mit dem *Konzept der sektoralen Eingriffstiefe* kommt Technik als wichtiger eigenständiger Einflussfaktor sektoralen Wandels zu ihrem Recht: Technologische Innovationen üben mit ihren distinkten Eigenarten einen spezifischen Veränderungsdruck auf bestehende Sektoren, auf deren Strukturen, Institutionen und Akteure aus, zu dem diese sich in der einen oder anderen Weise zu verhalten haben. Daraus lassen sich aber keine eindeutigen Transformationslogiken und -muster ableiten. Wie mit dem Anpassungs- und Veränderungsdruck umgegangen wird und auf welche Weise er sich in sektoralen Neujustierungen niederschlägt – das sind genuin soziale Such-, Selektions- und Restrukturierungsvorgänge, die durch neue Technologien zwar angestoßen werden können, aber durch sie nicht determiniert sind. Mit dem komplementären *Konzept sektoraler Adaptionfähigkeit* lassen sich Varianten der sektoralen Wahrnehmung, Aufnahme und Verarbeitung neuer technologischer Möglichkeiten sowie unterscheidbare Modi sektoralen Wandels herausarbeiten. Eingriffstiefe trifft auf Adaptionfähigkeit; einzeln sind die beiden Konzepte nicht zu haben.

Ein dritter Aspekt kommt hinzu. Technikinduzierter sektoraler Wandel zeichnet sich, egal, welcher der beschriebenen Varianten er folgt, 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. Er wird in aller Regel auch nicht geprägt durch die Sprengung, den Zusammenbruch oder einen radikalen Austausch der bestehenden Technologien, Strukturen, Institutionen und Akteure. Typisch sind vielmehr längere, ein bis zwei Jahrzehnte anhaltende Phasen der Diskontinuität und Neu-

formierung, in denen sich ein Sektor über eine Vielzahl schrittweiser Transformationen auf ein neues dominantes soziotechnisches Design zubewegt, das zudem durch anhaltende technologische Innovationsdynamiken immer wieder erneut auf den Prüfstand gestellt wird.

Dass dies so ist, hat zwei wesentliche Gründe. Neue technologische Möglichkeiten selbst sind auch dann, wenn sie bereits anwendungsreif sind, in der Regel über längere Zeiträume noch unfertig und in verschiedene Richtungen formbar. Oft ist zunächst unklar, was mit ihnen konkret zu machen ist. Es wird mit ihnen experimentiert, es werden geeignete Anwendungen gesucht, sie müssen erprobt und auf spezifische Gegebenheiten ausgerichtet, weiterentwickelt oder umgedeutet werden. Sie konkurrieren darüber hinaus mit bestehenden und funktionierenden Technologien, die oft ebenfalls weiterentwickelt werden. Etablierte Technologien werden nicht einfach gegen neue ausgetauscht. Wenn letztere an Relevanz gewinnen, dann sukzessive, sie entwickeln sich aus Nischen schrittweise zu wirkmächtigen Alternativen und verändern das technologische Profil eines Sektors über zahllose Such- und Selektionsvorgänge (Levinthal 1998; Geels/Kemp 2007).

Ähnliches gilt für die damit einhergehenden Prozesse sozioökonomischen und institutionellen Wandels. Auch die durch neue technologische Möglichkeiten angestoßenen organisationalen Restrukturierungen, der Aufbau neuer Geschäftsfelder, größere Umorientierungen in Produktion, Vertrieb, Forschung und Entwicklung erfolgen tastend und schrittweise. Bestehende Märkte und Konkurrenzkonstellationen verändern sich ebenfalls nicht schlagartig, sondern sukzessive. Neue Akteure, die an den Rändern des Sektors entstehen oder von außen kommen, können sich zwar schnell zu ernst zu nehmenden Herausforderern entwickeln, müssen ihre Rolle allerdings über die Zeit stabilisieren und bestätigen. Signifikante Verschiebungen in den Akteur- und Machtfigurationen sind nicht das Ergebnis einmaliger Disruptionen, sondern nehmen über länger anhaltende Interessenaueinandersetzungen und Einflusskämpfe Gestalt an. Und auch die Institutionalisierung eines neuen Technikfeldes, seine politisch-regulative Einfassung und die Suche nach passenden Rechts- und Verwertungsrahmen ist ein abstimmungs- und zeitaufwendiger Vorgang, der sich über komplexe, von unterschiedlichen Interessen geprägte Aushandlungsprozesse zwischen einer größeren Zahl relevanter Akteure konkretisieren muss (Mokyr 2002).

Kurzum: Das, was nach zehn, fünfzehn oder zwanzig Jahren als radikaler sektoraler Umbruch erscheint, ist das Ergebnis einer längeren Neustrukturierung, die durch eine Vielzahl mehr oder minder stark aufeinander bezogener Veränderungsschritte geprägt wird. Erst in ihrer Kumulation führen diese Ver-

änderungen zu substanziellen Erneuerungen der strukturellen, institutionellen und (inter-)organisationalen Grundlagen eines Sektors.

Zur Analyse dieses weithin typischen Verlaufsmusters technikinduzierten Wandels führe ich ein *drittes basales analytisches Konzept* ein: Den vielschrittigen, oft erratischen und nicht linearen Prozess soziotechnischer Neujustierung, der sich erst über die Zeit zu substanziellen sektoralen Neuausrichtungen verdichtet, bezeichne ich als *gradueller Transformation*. Graduell und radikal, sukzessiv und substanziell sind in diesem Konzept keine sich ausschließenden Gegensätze, sondern Komplemente, die den typischen Verlauf technikinduzierten Wandels beziehungsweise dessen kumulative Wirkungen beschreiben. Es lenkt den analytischen Blick auf den weiten Bereich zwischen lang anhaltenden pfadgeprägten Kontinuitäten und schnellen radikalen Brüchen, in dem sich substanzieller Wandel meist abspielt.

Das Konzept wird im Folgenden in drei Schritten ausformuliert. Der nächste Abschnitt 6.2 beginnt mit Eindrücken aus bereits bekannten empirischen Fällen, die – noch einmal anders gelesen – an die Idee gradueller Transformation als der weithin typischen Verlaufsform substanziellen Wandels heranführen sollen. Es folgt eine konzise Zusammenfassung und Bewertung neuerer Konzepte zum institutionellen Wandel, in deren Zentrum die Herausarbeitung von »modes of *gradual transformative change* of modern political-economic institutions« steht (Streeck/Thelen 2005: 2) (Abschnitt 6.3). Sie bilden den Ausgangspunkt meiner eigenen Überlegungen, die in Abschnitt 6.4 zu einem analytischen Konzept gradueller Transformation ausgearbeitet und schließlich wiederum forschungspragmatisch gewendet werden (in Abschnitt 6.5).

6.2 Sukzessive Veränderungen und substanzieller Wandel: Empirische Hinführungen

Ich beginne abermals mit zwei kurzen empirischen Rekonstruktionen. Die beiden Fälle sind als Beispiele für substanziellen Wandel bereits eingeführt worden. Sie werden hier noch einmal aus einer anderen Perspektive erzählt, die an das Konzept gradueller Transformation heranführen soll – und an die ihm zugrunde liegende Vorstellung, dass sich auch gravierender sektoraler Wandel in aller Regel über sukzessive, oft erratische und zunächst uneindeutige, an verschiedenen Orten stattfindende Veränderungen Bahn bricht, die erst mit der Zeit, als Kumulation zahlreicher Transformationsereignisse substanzielle Wirkungen entfalten.

Fall 1: Der Pharmasektor und die Gentechnik

In den vorangegangenen Kapiteln habe ich gezeigt, dass die Gentechnik in den vergangenen dreißig Jahren vor allem im Pharmasektor einen gravierenden Umbruch angestoßen hat. Sie hat dessen technologisches Profil und seine Wissensbasis neu justiert – neben die chemische Synthese sind gentechnologische Methoden und Verfahren als wichtige neue Instrumente der Forschung und Produktion getreten. Sie hat die Pharmamärkte verändert, auf denen gentechnologisch hergestellte Therapeutika, Impfstoffe und Diagnostika seit Mitte der 1980er-Jahre an Bedeutung gewonnen haben. Sie hat signifikante Neuausrichtungen der Industriestrukturen und sektoralen Interaktionsmuster angestoßen – insbesondere durch die Etablierung neuer Biotechnologiefirmen und durch eine außerordentliche Intensivierung der Kooperationsbeziehungen zwischen Pharmaunternehmen, Start-up-Firmen und Forschungseinrichtungen. Und sie hat schließlich substantielle Veränderungen der regulativen Rahmenbedingungen des Sektors angestoßen, die sich vor allem in eigenständigen gentechnischen Rechtsbestimmungen und Richtlinien niedergeschlagen haben.

Der durch diese Prozesse geprägte sektorale Wandel erfolgte allerdings nicht abrupt und in kurzer Frist, sondern in einem längeren Neustrukturierungsprozess, der Mitte der 1970er-Jahre begann und bis weit in die 1990er-Jahre hineinreichte (Dolata 1996, 2003; Henderson/Orsenigo/Pisano 1999; Barben 2007). Und er war auch über die Zeit nicht geprägt durch eine radikale Ab- beziehungsweise Auflösung des bestehenden soziotechnischen Profils, sondern durch selektive Revisionen, neuartige Kombinationen und substantielle Erweiterungen der Leitorientierungen und Technologien, der Organisationsstrukturen und Interaktionsmuster, der strukturellen und institutionellen Rahmenbedingungen.

Den Ausgangspunkt bildete in der zweiten Hälfte der 1970er-Jahre die Gründung biotechnologischer Start-up-Firmen in den USA, durch die die kommerzielle Erschließung der neuen Technologien angestoßen wurde. Die Pharmakonzerne selbst haben sich, von Ausnahmen abgesehen, zunächst zögerlich und tastend an dieses neue Technologiefeld angenähert und sich erst im Laufe der 1980er-Jahre sukzessive strategisch und organisatorisch neu positioniert. Sie haben in diesem Jahrzehnt ihre auf Verfahren der chemischen Synthese ausgerichtete Forschung, Wirkstoffentwicklung und Produktion allerdings keineswegs vollständig revidiert, sondern schrittweise um gentechnologische Methoden und Verfahren erweitert. Und sie haben sich sukzessive auf für sie neue Modi kooperativer Forschung eingelassen und ihre bis dahin weitgehend *inhouse*-orientierten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten um weitläufige Kooperationsgeflechte mit Start-up-Firmen und akademischen Forschungseinrichtungen ergänzt.

Zwischen Ende der 1970er- und der ersten Hälfte der 1990er-Jahre hat sich im Pharmasektor mit biotechnologischen Start-up-Firmen ein neuer Unternehmestyp etablieren können, den es zuvor nicht gab. Diese Unternehmen haben sich im Laufe der 1980er-Jahre zu wichtigen Innovationsträgern entwickelt und sind mit ihren flexiblen Forschungsstrukturen zu unabhkömmlichen Kooperationspartnern der etablierten Pharmakonzerne geworden. Allerdings befanden sich 2006 mit Amgen (Platz 14) und Genentech (Platz 19), das vollständig zu Hoffmann-LaRoche gehört, lediglich zwei Biotechnologieunternehmen unter den zwanzig umsatzstärksten Pharmakonzernen (MedAdNews [13]9, September 2007). Der weit überwiegende Teil der etwa 4.000 Biotechnologiefirmen aus Nordamerika und Westeuropa ist demgegenüber nicht über den Status von Zulieferern, Dienstleistern und forschungsintensiven Kooperationspartnern der Pharmakonzerne hinausgelangt (Roijsackers/Hagedoorn 2006). Biotechnologiefirmen haben das Akteurspektrum und die Interaktionsformen des Sektors zwar nachhaltig erweitert, die klassischen Pharmakonzerne als dominierende Kernakteure allerdings nicht abgelöst.

Die Gentechnik hat nicht nur die Industriestrukturen und Interaktionsmuster des Sektors substanziell verändert. Sie hat auch neue Produkte hervorgebracht und die Pharmamärkte nachhaltig beeinflusst. 1982 kam mit Humaninsulin ein erstes gentechnisch hergestelltes Therapeutikum auf den Markt. Fünfundzwanzig Jahre später waren mehrere Hundert Arzneimittel mit biotechnologisch gewonnenen Wirkstoffen weltweit auf dem Markt, von denen gut ein Dutzend als *blockbuster* Umsätze zwischen einer und fast vier Milliarden US-Dollar pro Jahr erzielten. Allerdings dominierten auch Mitte der 2000er-Jahre herkömmliche chemisch synthetisierte Therapeutika den weltweiten Arzneimittelmarkt. 2006 entfielen lediglich circa 10 Prozent des weltweiten Pharmaumsatzes von damals 643 Mrd. US-Dollar auf Arzneimittel mit biotechnologisch gewonnenen Wirkstoffen. Biotechnologische Medikamente haben chemisch synthetisierte nicht verdrängt, sondern diese sukzessive ergänzt und das Produktportfolio erweitert (Dolata 2007). Das gilt gleichermaßen für die paradigmatischen Leitorientierungen des Sektors. Bio- und Gentechnologien sind als zentrale Methoden und Verfahren seit den 1980er-Jahren vor allem aus der Pharmaforschung nicht mehr wegzudenken. Sie haben etablierte Forschungsmethoden und Produktionsverfahren wie Screening-Methoden und die chemische Synthese, die selbst einem dynamischen technischen Wandel unterliegen, allerdings nicht abgelöst. Typisch sind auch hier neuartige Kombinationen neuer mit alten Techniken (Drews 1999: 71–115).

Schließlich hat sich in den großen kapitalistischen Ländern und der Europäischen Gemeinschaft in Gestalt des Gentechnikrechts auch ein eigenständiger rechtlich-regulativer Rahmen für die Forschung, Entwicklung und Produktion

herausgebildet, der neben das klassische Arzneimittelrecht getreten ist. Auch dieser Prozess zog sich, von Land zu Land mit unterschiedlichen Akzentuierungen, über einen längeren Zeitraum hin, der sich von Ende der 1970er- bis in die 1990er-Jahre erstreckte und von kontroversen politisch-gesellschaftlichen Debatten um den Sinn und die Ausgestaltung dieser neuen rechtlichen Rahmenbedingungen begleitet wurde. In Deutschland etwa setzten die entsprechenden Diskussionen bereits Ende der 1970er-Jahre ein und mündeten erst 1990 in ein Gentechnikgesetz, das bereits 1993 substantiell novelliert wurde. Auch die parallel verlaufenden Aushandlungen in der Europäischen Union konkretisierten sich erst 1990 in der Verabschiedung mehrerer Richtlinien, die den Umgang mit der Gentechnik in den Mitgliedstaaten regeln sollten (Schenek 1995; Bandelow 1999). Typisch für die Entwicklung des rechtlich-regulativen Rahmens für das neue Technikfeld war nicht bloß der lange Diskussionsvorlauf, sondern bis in die jüngste Vergangenheit auch seine wiederholte Neujustierung.

Alles in allem zeichnet sich der Transformationsprozess des Pharmasektors also nicht durch radikale Zerstörungen, die Auf- beziehungsweise Ablösung bestehender Kompetenzen, Technikprofile, Akteurfigurationen, Strukturen und Institutionen aus, sondern durch substantielle Revisionen, Rekombinationen und Erweiterungen, die in ihrem Zusammenwirken den Sektor im Laufe der Zeit gleichwohl gravierend verändert haben.

Fall 2: Der Musiksektor und das Internet

Das Internet hat sich seit Mitte der 1990er-Jahre als *multi-purpose technology* in rasanter Geschwindigkeit zu einem neuen ubiquitären Informations-, Kommunikations- und Distributionsmedium entwickelt. Die klassischen Medienindustrien – die Musik- und Filmindustrie, der Buchhandel oder der Zeitungs- und Zeitschriftenmarkt – gehören zu den Bereichen, die durch das Internet und die Migration von digitalisier- und komprimierbaren Inhalten ins Netz in besonderer Weise herausgefordert werden. Die Musikindustrie war davon als erste betroffen. Das technologische Profil, die Märkte und die Distributionsmuster des Sektors verschieben sich seit einigen Jahren sukzessive von physischen Tonträgern hin zu digitalen Musik-Files, die nicht mehr über den stationären Handel, sondern über das Internet vertrieben werden. Die Interaktionsmuster, Konkurrenzbeziehungen und Machtstrukturen werden durch das Eindringen externer Akteure in den Sektor neu sortiert. Das Konsumverhalten vor allem jugendlicher Musikhörer hat sich mit der Möglichkeit des einfachen und nicht marktlichen Tauschs digitaler Musik signifikant in Richtung kostenlosen *file sharings* verändert. Unter diesen veränderten Bedingungen befinden sich etablierte wie neue kommerzielle Akteure auf der Suche nach wirtschaftlich tragfähigen

Geschäfts- und Erlösmodellen rund um die digitale Musik sowie nach Anpassungen der Rechte- und Verwertungsbeziehungen an die neuen Gegebenheiten (Peitz/Waelbroek 2006).

Obgleich der Wandel der Musikindustrie eine außerordentliche Dynamik entfaltet und das Internet die Grundfesten des Sektors nachhaltig erschüttert hat, handelt es sich auch in diesem Fall um eine längere, wohl mindestens fünfzehn Jahre dauernde Phase der zwar krisenhaften und im Ergebnis radikalen, insgesamt jedoch schrittweisen Veränderung seiner strukturellen, institutionellen und organisationalen Grundlagen, die Ende der 1990er-Jahre einsetzte und gut ein Jahrzehnt später noch keineswegs abgeschlossen ist (Dolata 2008a; Burkhardt/McCourt 2006). Sie wurde bis Mitte der 2000er-Jahre zunächst geprägt vom Aufschwung nicht marktlichen Musiktauschs über Musiktauschbörsen und massenhaften *file sharings* zwischen Musikkonsumenten, von ersten kommerziellen Download-Angeboten, insbesondere dem iTunes Store von Apple sowie von ebenso hilf- wie erfolglosen Versuchen der Musikkonzerne, ihr etabliertes Geschäft zu verteidigen und es weitgehend unbeschädigt in das Internetzeitalter hinüberzuretten.

In der zweiten Hälfte des Jahrzehnts hat das Geschäft mit digitalen Musik-Files aus dem Internet erste Konturen angenommen und ist mittlerweile in signifikante Größenordnungen hineingewachsen. Allerdings verschieben sich die Umsatzanteile auf den großen Musikmärkten nicht schlagartig, sondern sukzessive von physischen Tonträgern (vor allem CDs) zu digitaler Musik (Downloads, Online-Abonnements, Klingeltöne). Trotz eines enormen Aufschwungs des Verkaufs von digitaler Musik entfielen in 2009 auf physische Tonträger in den USA noch 59 Prozent und in Deutschland 91 Prozent des Jahresumsatzes (RIAA 2010; Bundesverband Musikindustrie 2010: 13). Auch wenn sich die Gewichte weiter zugunsten digitaler Musik verschieben werden, konnte bis dahin von einer radikalen Ablösung der CD durch Musik-Files noch keine Rede sein. Physische Tonträger und digitale Musik werden noch einige Jahre koexistieren und parallel vermarktet werden.

Seit Mitte der 2000er-Jahre haben auch die Musikkonzerne damit begonnen, sich auf die Veränderungen ihres Tätigkeitsfeldes einzulassen, ihr Geschäft neu zu ordnen und mit neuen internetbasierten Geschäftsmodellen zu experimentieren – etwa mit der Parallelvermarktung von Tonträgern und Musik-Files, mit dem Verkauf von Musik über Online-Abonnements, mit ihrer kostenlosen Bereitstellung und Refinanzierung über Werbung, Tourneen oder Handyverkäufe und mit der Komplettvermarktung der bei ihnen unter Vertrag stehenden Künstler (IFPI 2009, 2011). Diese organisationalen Revisionen erfolgten unter Bedingungen großer Unsicherheit über die weitere Entwicklung des Musikgeschäfts und waren Ende 2010 noch keineswegs abgeschlossen. Erst die

kommenden Jahre werden zeigen, ob beziehungsweise welche internetbasierten Geschäfts- und Erlösmodelle sich als tragfähig erweisen.

Die Kommerzialisierung digitaler Musik erfordert nicht nur das Austesten neuer Geschäftsmodelle und entsprechende organisationale Restrukturierungen, sondern auch eine weitreichende Neuordnung des Rechte- und Verwertungsrahmens, der bis in die Mitte der 2000er-Jahre auf physische Tonträger zugeschnitten war. Solche institutionellen Neujustierungen sind ausgesprochen zeit- und abstimmungsaufwendig, da sie zwischen einer größeren Zahl relevanter Akteure mit zum Teil stark auseinandergehenden Interessen ausgehandelt, ausprobiert und abgestimmt werden müssen – etwa zwischen den Musikunternehmen, den unter Vertrag stehenden Künstlern, den Gesellschaften für Aufführungs- und Vervielfältigungsrechte sowie den digitalen Musikanbietern im Internet. Auch die Herausbildung eines zu einem neuen Geschäft passenden Rechte- und Verwertungsrahmens kann nicht als großer und einmaliger Wurf erfolgen, sondern nur über schrittweise Veränderungen, die auch durch subversive Netzaktivisten immer wieder unterlaufen und zur Disposition gestellt werden (Rodriguez/Rothkirch/Heinz 2007).

Schließlich wird der Umbruch des Musiksektors von Veränderungen seiner Akteurfigurationen, Konkurrenzverhältnisse und Machtstrukturen geprägt. Dabei gibt es zwangsläufig Gewinner und Verlierer, allerdings auch in diesem Fall nicht unbedingt einen radikalen Austausch der Spieler. Die Musikkonzerne und die großen stationären Handelsketten, die den Kern der »alten« Musikindustrie ausmachten, sind nach wie vor dabei – und haben seit Mitte der 2000er-Jahre damit begonnen, ihr Geschäft auf die digitale Musik auszuweiten. Sie könnten als Produzenten, globale Promotoren, Rechteinhaber und etablierte Distributoren durchaus wichtige Akteure einer umstrukturierten Musikindustrie bleiben. Sie haben sich mittlerweile aber mit einer Reihe starker neuer Akteure auseinandersetzen, die sich nicht nur zu gleichberechtigten Verhandlungs- und Vertragspartnern der Musikkonzerne, sondern auch zu einer Herausforderung der großen stationären Handelsketten entwickelt haben. Diese kommen aus der Computerindustrie (Apple), der Telekommunikationsindustrie (T-Online), der Mobilfunk- und Handyindustrie (Vodafone, Nokia) oder aus dem Handel (Amazon, Wal-Mart), dominieren mit ihren Angeboten die internetbasierte Distribution digitaler Musik und sind die zentralen Treiber des netzbasierten Musikgeschäfts. Typisch ist auch in diesem Fall eine substanzielle Erweiterung des Akteurspektrums, die mit einer Neuordnung der Interaktionsmuster und Machtverhältnisse im Sektor einhergeht (Dolata 2008a).

Das alles weist auch den ohne Zweifel radikalen Umbruch der Musikindustrie als längeren Prozess der Neujustierung und -organisation des Sektors aus. Er wird geprägt von einer Diversifikation der Musikvermarktung, der Heraus-

bildung neuer Vertriebsformen, der Redefinition institutioneller Rahmenbedingungen, der Ausdifferenzierung des Akteurspektrums und von damit einhergehenden Veränderungen in den sektoralen Macht- und Einflusststrukturen.

6.3 Zwischen Kontinuität und Bruch: Institutionalistische Angebote zur Beseitigung eines blinden Flecks

Die hier skizzierten Beispiele sind typisch für Prozesse substanziellen sektoralen Wandels. Das, was für die Pharma- und Musikindustrie vorgebracht wurde, ließe sich in ähnlicher Weise etwa auch für den Einbruch des Internets in andere Mediensektoren – Film, Verlage, Zeitschriften und Zeitungen (Küng/Picard/Towse 2008; Currah 2006, 2009; OECD 2010; Schrape 2010, 2011; e-business Watch 2005a) –, für die Einführung von *e-commerce* in verschiedene Bereiche des Handels (Riehm et al. 2003), für den Übergang von Groß- zu (vernetzten) Mikrocomputern in der Computerindustrie der 1980er-Jahre (Bresnahan/Malerba 1999; Kenney/Curry 2001) oder für die in den 1980er- und 1990er-Jahren vollzogene Digitalisierung und Deregulierung von Telekommunikationsinfrastrukturen zeigen (Werle 1990; Schneider 2001; Mayntz 2009). Substanzieller Wandel zeichnet sich offenbar durch zwei generalisierbare Eigenheiten aus: Er dauert, umfasst eine Zeitspanne von ein bis zwei Jahrzehnten. Und er wird durch viele graduelle Veränderungen vorangebracht, die erst mit der Zeit in radikale Transformationen umschlagen – der Leitorientierungen und des technologischen Profils, der Märkte, Organisationsstrukturen und Akteurfigurationen, der Interaktionsmuster, Industriestrukturen und Institutionen eines Sektors.

Mit dichotomen Typisierungen, die lediglich zwischen langen Perioden der Stabilität und seltenen, durch exogene Schocks ausgelösten, ebenso abrupten wie radikalen Umbrüchen unterscheiden, lassen sich die realen Verläufe technikinduzierten sektoralen Wandels nicht angemessen erfassen.¹ Derartige Vorstellungen, die etwa in institutionalistischen Ansätzen und Pfadabhängigkeitskonzepten weite Verbreitung gefunden haben, blenden das eigentlich interessante

¹ Diese Vorstellung von Phasen lang anhaltender Kontinuität, die periodisch unterbrochen werden von radikalen Umbrüchen, ist weit verbreitet in institutionalistischen Ansätzen 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 hochgehängt: Unterhalb radikaler Umbrüche gibt es im Grunde nur Kontinuität; Prozesse kumulativen graduellen Wandels sind so nicht analysier- und erklärbar (kritisch dazu Greenwood/Hinings 1996; Beyer 2006; Walgenbach/Meyer 2008).

Feld zwischen struktureller und institutioneller Stabilität einerseits und radikalen Systembrüchen andererseits aus.

Mittlerweile gibt es allerdings eine Reihe von Beiträgen, die sich von dieser einfachen Alternative zwischen radikalem Wandel und lang anhaltender Kontinuität gelöst und damit begonnen haben, das brachliegende Feld dazwischen zu vermessen (Thelen 2003; Streeck/Thelen 2005; Hall/Thelen 2009; Mahoney/Thelen 2010; Djelic/Quack 2003, 2007; Quack 2005; Campbell 2004, 2006; King 2007). Inhaltlich sind diese Beiträge zumeist weit vom hier verhandelten Thema entfernt. Was sie bieten, sind interessante konzeptionelle Hinweise, die für Untersuchungen technikinduzierten Wandels aufgegriffen und weiterentwickelt werden können.

Das gilt insbesondere für die von Kathleen Thelen entwickelte Idee gradueller institutioneller Transformationen und ihre Suche nach »modes of gradual but nevertheless transformative change« (Streeck/Thelen 2005: 19; Thelen 2003; Mahoney/Thelen 2010). Den Hintergrund, vor dem sie und ihre Ko-Autoren entsprechende Überlegungen entwickelt haben, bildet der seit den 1980er-Jahren beobachtbare institutionelle Wandel hoch entwickelter kapitalistischer Gesellschaften in Richtung Liberalisierung. Die eine wesentliche Eigenheit dieses Wandels ist es ihres Erachtens, dass er sich über einen längeren Zeitraum erstreckt und eher durch eine Vielzahl schrittweiser, subtiler und sich verstärkender Veränderungen als durch abrupte Einschnitte oder radikale Brüche geprägt wird. »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 graduellen Transformationen sind in ihrer Anhäufung über die Zeit allerdings alles andere als unbedeutend geblieben. Sie haben – das ist die zweite wesentliche Eigenheit des Wandels – in ihrer Kumulation sukzessive zu substanziellen Veränderungen der institutionellen Grundlagen kapitalistischer Gesellschaften geführt.

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. (ebd.: 5; zur Transformation des deutschen Kapitalismus ausführlich Streeck 2009: 31–89)

Ähnlich wie im hier verhandelten Zusammenhang substanziellen soziotechnischen Wandels werden also nicht radikale Brüche in kurzer Frist als typisch für gravierende Transformationen heutiger kapitalistischer Gesellschaften herausgestellt, sondern »a type of change that is *slow and transformative at the same time*« (ebd.: 15).

Um diese Art des Wandels genauer zu erfassen und abzubilden, ist es in einem ersten Schritt notwendig, typische Formen zu identifizieren, über die er sich vollziehen könnte: »modes of change going beyond the familiar but perhaps ultimately quite rare cases of institutional ›breakdown‹ or wholesale replacement« (Thelen 2003: 221). Kathleen Thelen und Wolfgang Streeck haben das versucht und auf der Basis empirischer Fallstudien fünf ihres Erachtens relevante *Modi graduellen Wandels*, über die sich mit der Zeit substanzielle institutionelle Veränderungen durchsetzen können, in die Diskussion eingeführt (Thelen 2003; Streeck/Thelen 2005: 18–33; Mahoney/Thelen 2010):

- *Layering*. Gravierender Wandel kann sich *erstens* vollziehen, indem neue Elemente an bestehende institutionelle Arrangements angefügt werden und durch ihren Bedeutungszuwachs deren Substanz sukzessive verändern. Etablierte Institutionen werden in diesem Fall nicht grundsätzlich infrage gestellt, sondern durch ihre Ergänzung und Erweiterung um neue Regeln, Normen und Orientierungen transformiert, die mit der Zeit gegenüber den bereits vorhandenen an Einfluss gewinnen.
- *Conversion*. Die Ziele, Funktionen und Zwecksetzungen vorhandener Institutionen können *zweitens* auch an neue Herausforderungen und veränderte Interessenlagen angepasst und entsprechend neu justiert werden. In diesem Fall vollzieht sich der institutionelle Wandel über die Veränderung der bestehenden Arrangements selbst und nicht über deren Erweiterung und Anreicherung um neue Elemente. »Institutions designed with one set of goals in mind are redirected to other ends« (Thelen 2003: 228).
- *Displacement*. Der institutionelle Rahmen eines Feldes oder Systems kann sich *drittens* auch dadurch ändern, dass zunächst unter- oder nachgeordnete Regelungen und Orientierungen, die an seinen Rändern entstanden sind, mit der Zeit an Bedeutung gewinnen, dominant werden und die alten sukzessive verdrängen. Der Wandel erfolgt dann nicht über die Erweiterung oder Veränderung der bereits etablierten Institutionen, sondern über den Bedeutungszuwachs alternativer institutioneller Arrangements, die quer zu den vorhandenen stehen und durch die Expansion neuer Akteure getragen werden.
- *Drift*. Etablierte Institutionen können *viertens* mit der Zeit an Relevanz verlieren, erodieren und verkümmern, weil Veränderungen politischer, ökonomischer und sozialer Rahmenbedingungen nicht rechtzeitig wahrgenommen worden sind und Neuausrichtungen an diese sich ändernden Bedingungen unterbleiben beziehungsweise unzureichend bleiben. Gradueller Wandel heißt in diesem Fall sukzessiver Bedeutungsverlust bestehender Institutionen aufgrund von Anpassungsunfähigkeit.

- *Exhaustion*. Während im Fall von *drift* die Institution, obwohl sie an Bedeutung verliert, formal bestehen bleibt, zeichnet sich diese *fünfte* Variante institutionellen Wandels schließlich durch den sukzessiven Kollaps und Zusammenbruch von Institutionen aus, deren Zwecke sich erschöpft haben und die obsolet geworden sind. Das ist nicht Niedergang aufgrund von Anpassungsunfähigkeit; die betroffenen Institutionen sind schlicht überflüssig geworden.

6.4 Radikaler Wandel als graduelle Transformation:

Eigenheiten und Varianten soziotechnischer Umbrüche

Mit diesen Modi lassen sich verschiedene Möglichkeiten substanziellen Wandels plausibilisieren, die nicht als radikale Brüche in kurzen Fristen daherkommen, sondern sich über eine Vielzahl sukzessiver Veränderungen Bahn brechen. Das macht den Reiz und die schnelle (Zitations-)Karriere aus, die diese Überlegungen in den vergangenen Jahren genommen haben.²

Das ist es auch, was das Konzept für den hier verhandelten Zusammenhang interessant macht. Wenn man größere soziotechnische Umbrüche als Transformationsperioden begreift, die sich in aller Regel über einen Zeitraum von fünfzehn, zwanzig, zum Teil dreißig Jahren erstrecken, dann stellt sich umgehend die Frage, wie derartige *periods of mismatch* konkret verlaufen beziehungsweise welche Formen und Varianten es gibt, über die sich mit der Zeit neue soziotechnische Realitäten herausbilden. Das geschieht offenkundig nicht als schneller und eindeutiger Zusammenbruch bestehender soziotechnischer Ordnungen und auch nicht in Form ihrer radikalen und reibungslosen Ablösung durch grundsätzlich neue technologische, organisationale und institutionelle Gegebenheiten.

² Der Auflistung der verschiedenen Formen gradueller Transformation haftet allerdings ein Hauch von Beliebigkeit und Austauschbarkeit an. So wird im erwähnten Aufsatz von Mahoney und Thelen (2010) auf den Modus *exhaustion* ohne weitere Begründung wieder verzichtet. Warum? Ausgesprochen (fahr-)lässig geht Wolfgang Streeck (2009: 15) mit den entwickelten Kategorien um: »We suggested a few more types of slow change, in particular »displacements«, »drift«, and »exhaustion«. Time will tell which of these will survive, and whether they were more than elaborations on the two original Thelen models.« Was dann übrig bleibt, ist nicht mehr als eine empirische Plausibilisierung dafür, dass es zwischen Kontinuität und Bruch in der Tat etwas Drittes gibt: »In any case, they may be regarded as an attempt to describe in empirically grounded institutionalist language »dialectical tendencies in social institutions undermining themselves in the course of their normal operation – the opposite of path-dependent reproduction.«

Wie also verlaufen soziotechnische Transformationsperioden? Lassen sich typische Varianten analytisch voneinander unterscheiden? Das Konzept von Thelen und Streeck und die von ihnen ins Spiel gebrachten Formen graduellen Wandels liefern erste Hinweise zur Beantwortung dieser Fragen, die allerdings in mehrfacher Hinsicht unzureichend bleiben.

Hier geht es nicht bloß um die Transformation sozialer Institutionen, die bei Streeck und Thelen im Vordergrund steht, sondern um das Zusammenspiel von weitreichenden technologischen Umbrüchen, deren (potenzielle) Radikalität außer Frage steht, und dadurch angestoßene, ineinander verschränkte Prozesse strukturellen, institutionellen und organisationalen Wandels. Transformationsprozesse, wie sie hier zur Debatte stehen, reichen also deutlich über institutionelle Veränderungen eines Feldes hinaus. Und sie erfolgen auch nicht über weite Strecken schleichend und unmerklich (*»almost imperceptibly«*; Streeck 2009: 15), sondern von Anfang an machtvoll und offenkundig, vorangetrieben durch das Aufkommen grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten, die sich all ihren Dynamiken zum Trotz gleichwohl erst über die Zeit in substanziellen soziotechnischen Neuausrichtungen niederschlagen. Eine Fokussierung auf Prozesse eher inkrementellen institutionellen Wandels ist für das hier verhandelte Thema also in zweierlei Hinsicht zu eng. Die soziotechnischen Felder, deren Transformation hier interessiert, stehen erstens unter einem massiven, zum Teil radikalen Veränderungsdruck, der sich zweitens sowohl auf ihre technologischen Grundlagen als auch – damit untrennbar verbunden – auf ihre strukturellen, institutionellen und organisationalen Fundamente erstreckt.

Wenn eine Transformationsperiode insgesamt rekonstruiert und als Typ auf den Begriff gebracht werden soll, dann genügt auch der Rückgriff auf einen der genannten Modi graduellen Wandels zur Erklärung nicht. Es ist eher unwahrscheinlich, dass länger andauernde Transformationsperioden mit all ihren heterogenen Einflussfaktoren, ausgreifenden Suchvorgängen und interessegeleiteten Auseinandersetzungen allein oder auch nur vornehmlich durch eine der beschriebenen Formen graduellen Wandels geprägt und charakterisiert werden könnten. Wesentlich plausibler scheint mir zu sein, dass in solchen Transformationsperioden mehrere Formen kombiniert auftreten, die sich wechselseitig verstärken oder auch miteinander konkurrieren können und deren Bedeutung und Beziehung zueinander sich überdies im Laufe der Zeit signifikant verändern kann. Erst über die spezifische Weise des Zusammenspiels verschiedener Formen graduellen Wandels lassen sich distinkte Varianten institutioneller oder, in unserem Fall, soziotechnischer Transformation als Typen herausarbeiten und voneinander unterscheiden. Derartige Kombinationen sind von den Protagonisten des Konzepts bislang nicht in Erwägung gezogen oder gar durchgespielt worden.

Eine letzte Sache kommt hinzu. Wenn substanzielle Veränderungen typischerweise als Ergebnis sukzessiver und kumulativer Prozesse begriffen werden, dann ist natürlich auch zu klären, was graduelle Transformation von dynamischer Reproduktion unterscheidet, wann also graduelle Transformation tatsächlich substanziell wird und systemverändernde Dimensionen annimmt – »in other words, where flexible reproduction through adaptation ends and the replacement of one social order with another begins« (Streeck 2009: 16).

Ich werde diese Fragen auf den folgenden Seiten diskutieren und präzisieren, wie sich substanzieller soziotechnischer Wandel als graduelle Transformation konzeptionalisieren lässt. Ich werde zunächst darlegen, was ich unter gradueller Transformation als der meines Erachtens typischen Verlaufsform substanziellen Wandels verstehe (*Präzisierung 1*). Daran anschließend begründe ich, warum sich soziotechnische Transformationsperioden in aller Regel durch Kombinationen unterschiedlicher Formen oder Modi graduellen Wandels auszeichnen (*Präzisierung 2*). Vor diesem Hintergrund identifiziere ich vier typische Varianten gradueller Transformation (*Präzisierung 3*), bevor ich abschließend wiederum Überlegungen zur forschungspragmatischen Handhabung des Konzepts anstelle.

Präzisierung 1: Soziotechnische Umbrüche als graduelle Transformation

Die Ausgangspunkte substanziellen Wandels sind, wie gesagt, in den hier vorliegenden Fällen nicht soziale Phänomene wie die von Thelen und Streeck in den Mittelpunkt gestellten Liberalisierungsdynamiken, sondern neue Technologien, genauer: paradigmatisch neue technologische Möglichkeiten, die sich nicht mehr umstandslos in die bestehenden Strukturen, Institutionen und Organisationsformen eines Sektors (oder eines anders umrissenen Feldes) einpassen lassen, sondern weitreichende soziotechnische Neujustierungen provozieren. Dass diese sich sukzessive, über einen längeren Zeitraum vollziehen, hat sowohl technologische als auch soziale Gründe, die eingangs bereits angedeutet worden sind.

Größere *technologische Umbrüche* zeichnen sich zwar immer durch historisch identifizierbare Zäsuren oder Entwicklungssprünge aus – etwa durch den Wechsel von Groß- zu Mikrocomputern Ende der 1970er-Jahre, durch die Digitalisierung von Telekommunikationsinfrastrukturen in der ersten Hälfte der 1980er-Jahre, durch den Durchbruch gentechnischer Methoden und Verfahren in der zweiten Hälfte der 1970er-Jahre oder durch den Aufschwung des World Wide Web und des Internets als neues Informations- und Kommunikationsmedium seit der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre. Derartige Umbruchsituationen münden allerdings nicht in kurzen Fristen in neue und stabile technologische Entwicklungspfade.

Das hängt einerseits am ausgesprochen ambigen Charakter neuer technologischer Möglichkeiten in ihrer Formierungsphase. Sie stimulieren zunächst den Aufbau von zum Teil großen Erwartungen, Versprechen und Visionen über ihre künftige Verwendbarkeit wie auch erste, nicht selten kontroverse Vorstellungen über mögliche beziehungsweise notwendig erscheinende institutionelle und organisationale Anpassungen. Diese Vorstellungen werden in vergleichsweise offenen Such- und Experimentierprozessen verfeinert, erneuert, umgedeutet oder auch revidiert und verstetigen sich erst mit der Zeit zu neuen handlungsprägenden Leitbildern, die oft deutlich von den frühen Visionen und Erwartungen abweichen (van Lente/Rip 1998; Bender 2006).

Typisch für neue Querschnittstechnologien – für die gesamte Palette moderner I&K-Techniken, die Biotechnologie oder die Nanotechnologie – ist darüber hinaus ihr auch nach ihrer Formierung anhaltend dynamisches und fluides Profil: Sie sind auch dann, wenn sie bereits in größerem Umfang praktisch genutzt und ökonomisch verwertet werden, nicht einmal fertig und einsatzbereit, sondern werden über längere Zeiträume immer wieder substanziell verändert und weiterentwickelt (Freeman 1994). Unterhalb sehr allgemeiner paradigmatischer Charakterisierungen – der Digitalisierung im Fall von I&K-Technologien oder der gezielten Rekombination von Naturprozessen in der Biotechnologie – zeichnen sich neue Technikfelder nicht durch frühe und einmalige Schließungsvorgänge aus, die einen neuen und stabilen technologischen Standard und Entwicklungspfad konstituieren, der als verlässlicher Rahmen für sozioökonomische und institutionelle Neustrukturierungen gelten könnte. Sie werden vielmehr durch länger anhaltende technologische Dynamiken, Unsicherheiten und Revisionen, neue Öffnungen und auch überraschende Sackgassen geprägt. Technologische *lock-ins* und Pfadabhängigkeiten sind unter diesen Bedingungen, wie zahllose 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 Gegenbeispiel 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 modifiziert werden (Beyer 2005).

Das gilt auch für die mit technologischen Umbrüchen einhergehenden *strukturellen, institutionellen und organisationalen Veränderungen*. Zwar lassen sich auch hier historische Zäsuren identifizieren, in denen die über längere Zeiträume stabi-

len sozioökonomischen Koordinaten von Sektoren 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 vergleichsweise stabile soziotechnische Arrangements aus, die mit dem Aufkommen grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten sukzessive erodiert sind.

Wie gezeigt wurde, verläuft der dadurch angestoßene sozioökonomische Wandel allerdings auch dort, wo der Veränderungsdruck gravierend ist, nicht als drastischer Umbruch in kurzen Fristen, der dann wiederum durch eine Phase der Kontinuität abgelöst wird. Etablierte Sektoren weisen mit ihrem strukturellen, institutionellen und organisationalen Gefüge eine hohe Stabilität auf und können schon aufgrund ihrer konfigurativen Komplexität nur schrittweise auf neue (technologische) Bedingungen ausgerichtet werden (North 1990). Entsprechende Neujustierungen erfolgen zudem oft nicht antizipativ, in Erwartung dessen, was technologisch kommen mag – keiner kann dies so recht wissen –, sondern erst in Reaktion auf einen zunehmenden und zunehmend unabwendbaren technologischen Veränderungsdruck. Und sie vollziehen sich auch nicht folgerichtig und reibungslos, sondern sind umstritten, provozieren kontroverse gesellschaftliche Debatten und konkretisieren sich in oft schwierigen und konfliktträchtigen Aushandlungs- beziehungsweise Konkurrenzprozessen zwischen heterogenen Akteuren. Hinzu kommt, dass sich ein Sektor im Wandel mit all den Neujustierungen, die dort passieren, nicht einfach schrittweise und nachholend an bereits stabile und nicht mehr infrage stehende neue technologische Gegebenheiten anpassen kann. Die neuen Technologien befinden sich selbst weiterhin in schneller Bewegung und stellen mit ihren Entwicklungsdynamiken die davon berührten Sektoren und deren Akteure über einen längeren Zeitraum immer wieder vor neue Herausforderungen.

Auch unter dem Druck radikal neuer technologischer Möglichkeiten nehmen Prozesse sektoraler Restrukturierung also Zeit in Anspruch, sind aufgrund der oft unbestimmbaren technologischen Dynamiken mit großen Unsicherheiten behaftet und angesichts der sehr unterschiedlichen Interessenlagen der involvierten Akteure zum Teil sehr umstritten und umkämpft. Besonders anschaulich zeigt sich das in den komplizierten und langwierigen Prozessen, in denen rechtlich-regulative Rahmenbedingungen auf neue technologische Bedingungen ausgerichtet werden – zum Beispiel bei der Herausbildung des Gentechnikrechts in den 1980er- und 1990er-Jahren oder bei der Neuformulierung urheberrechtlicher Bestimmungen in Folge der Digitalisierung und des Internets.

Die vermeintliche Paradoxie hat System. Obgleich größere soziotechnische Umbrüche, wie sie hier beschrieben wurden, in der Regel ausgesprochen dynamisch verlaufen, mit signifikanten Restrukturierungen einhergehen und im

Ergebnis oft radikal sind, lassen sie sich – *erste Präzisierung* – angemessen nur als Periode gradueller Transformation rekonstruieren und abbilden: als bei aller Dynamik und allem Veränderungsdruck vielschrittige und zeitlich gestreckte Herausbildung neuer soziotechnischer Realitäten. Weitreichende Veränderungen bestehender Organisationsstrukturen, Regeln und Rahmenbedingungen sind nicht im Handstreich zu haben. Sie werden vielmehr geprägt durch unsichere, zunächst oft experimentelle und umkämpfte Such-, Selektions- und Restrukturierungsvorgänge, über die sich erst mit der Zeit wesentlich andere, das untersuchte Feld in neuer Weise strukturierende technologische, institutionelle und organisationale Architekturen herausbilden.

Präzisierung 2: Graduelle Transformation als Kombination verschiedener Modi des Wandels

Damit ist noch nichts über typische Verlaufsformen gesagt, die derartige Perioden gradueller Transformation annehmen können. Die von Kathleen Thelen und Wolfgang Streeck unterschiedenen fünf Formen graduellen Wandels lassen sich zwar als Ausgangsmaterial verwenden, um solche Varianten auch in Prozessen technikinduzierten sektoralen Wandels aufzuspüren. Sie müssen dazu allerdings sowohl auf das Thema als auch aufeinander bezogen werden.

Wenn technikinduzierter sektoraler Wandel untersucht wird, dann scheint für Sektoren, die sich durch eine geringe Adaptionfähigkeit auszeichnen, am Beginn einer Transformationsperiode zunächst das charakteristisch zu sein, was dort als *drift* bezeichnet wird: eine unterentwickelte Wahrnehmungs- und Anpassungsfähigkeit der etablierten Akteure und Institutionen gegenüber sich verändernden technologischen Rahmenbedingungen, gekoppelt mit einer beträchtlichen Veränderungsresistenz. Die bestehenden Strukturen, Institutionen und Akteure geraten durch zögerliches Handeln oder durch Inaktivität in die Krise und verlieren an Bedeutung. Dadurch eröffnen sich Spielräume für neue Akteure, die mit alternativen Handlungsorientierungen in den Sektor drängen und dessen Restrukturierung vorantreiben. Man kann dies, die typisierten Formen des Wandels von Thelen und Streeck ergänzend, als *Expansion (expansion)* bezeichnen – als proaktiv betriebene Aufnahme und Entwicklung der neuen technologischen Möglichkeiten und als damit verbundene Herausbildung neuer, auf sie bezogener Akteurmilieus mit eigenen Interessen, Strategien, Institutionen und Strukturen.

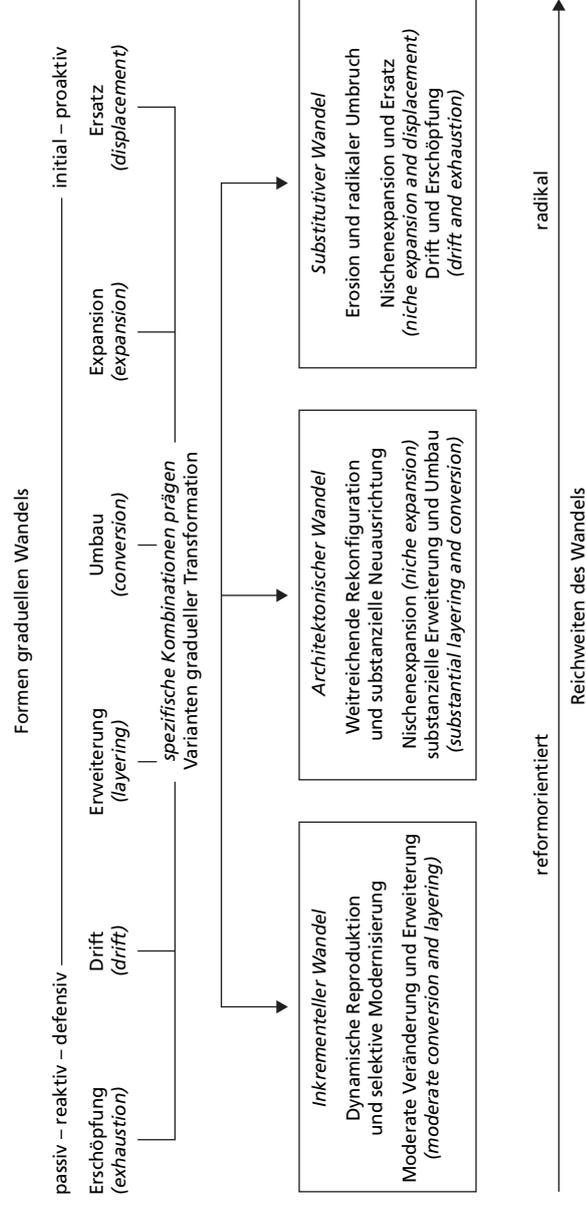
Die Kernphase einer (sektoralen) Transformationsperiode, in der neue technologische Möglichkeiten eine nicht mehr ignorierbare Relevanz erlangen und in der die wesentlichen strukturellen, institutionellen und organisationalen Veränderungen erfolgen – diese Kernphase wird maßgeblich durch die ersten drei oben skizzierten Modi graduellen Wandels geprägt: durch die sukzessive Neu-

definition organisationaler Handlungsorientierungen, kollektiver Regeln und sektoraler Leitorientierungen (*conversion*), durch signifikante Verschiebungen in den Akteurfigurationen, Konkurrenz- und Kooperationsmustern, Macht- und Einflussverhältnissen, die den Sektor bis dahin geprägt haben (*displacement*) und/oder durch die Neujustierung bestehender Strukturen, Institutionen und Organisationen im Sinne ihrer Erweiterung um neue Bestandteile (*layering*). Schließlich gehen derartige Veränderungen immer auch – mal stärker, mal moderat – mit dem Niedergang bestehender Strukturelemente, Institutionen und Organisationen einher, die im Zuge der Transformation obsolet geworden sind und verschwinden (*exhaustion*).

All das zeigt bereits, dass einzelne Modi des Wandels für sich genommen lediglich verschiedene Möglichkeiten darstellen, über die sich Prozesse gradueller Transformation konkretisieren können. Sie sind dagegen nicht dazu geeignet, eine Transformationsperiode insgesamt zu charakterisieren und sie als Typ auf den Begriff zu bringen. Es ist ausgesprochen unwahrscheinlich, dass eine Transformationsperiode, die sich über ein oder zwei Jahrzehnte hinzieht, von einem Modus allein oder maßgeblich geprägt werden könnte. Dazu sind die institutionellen und organisationalen Felder, um die es geht, zu komplex, die in den Wandel involvierten Akteure mitsamt ihren strategischen Zielsetzungen zu heterogen und die Transformationsverläufe selbst zu erratisch und zu verästelnd. Wesentlich wahrscheinlicher ist, dass derartige Transformationsperioden ihre typische Signatur erst durch spezifische *Kombinationen verschiedener Formen graduellen Wandels* erhalten, die sich in der einen oder anderen Weise aufeinander beziehen und ineinander verschränken und deren Bedeutung sich im Laufe der Zeit zudem nachhaltig verschieben kann. Die in diesem Text vorgebrachten Beispiele zeigen durchweg, dass sich mehrere Formen gradueller Transformation in der Regel überlagern und dass sich ihre Bedeutung und ihr Verhältnis zueinander im Zeitablauf auch verändern.

Die Transformation des Musiksektors ist ein sehr offenkundiger Fall: Sie lässt sich nicht durch einen dominanten Modus graduellen Wandels charakterisieren – etwa *displacement*, *layering* oder *conversion* –, sondern ist durch verschiedene, zum Teil komplementär wirkende, zum Teil aber auch widerstreitende Formen gekennzeichnet, die jeweils von verschiedenen Akteuren präferiert und eingebracht werden. Die Transformation des Sektors wird nicht nur beeinflusst von radikalen Infragestellungen der etablierten Institutionen und Organisationen des Feldes und von der Entwicklung beziehungsweise Expansion grundlegender institutioneller und organisationaler Alternativen zum herkömmlichen Musikgeschäft. Sie zeichnet sich zugleich durch Versuche der Etablierten aus, die durch die neuen Technologien ausgelösten Erschütterungen über moderate institutionelle und organisationale Veränderungen abzufedern – etwa über No-

Abbildung 5 Formen und Varianten gradueller Transformation



vellierungen bestehender institutioneller Rahmenbedingungen oder Erweiterungen traditioneller Geschäftsfelder um neue Geschäftsmodelle.

Alle anderen im Verlauf dieser Arbeit vorgestellten empirischen Fälle (und übrigens auch diejenigen, anhand derer Thelen und Streeck ihr Konzept verdeutlichen) zeigen ebenfalls sehr deutlich, dass derart lang gestreckte Neustrukturierungen komplex verfasster soziotechnischer Felder im Laufe einer Transformationsperiode in der einen oder anderen Weise sowohl durch die Ausbildung und das Vordringen herausfordernder Alternativen (*expansion* und *displacement*) als auch durch substanzielle Erweiterungen (*layering*) sowie durch gezielte Veränderungen der bestehenden organisationalen Strukturen und Regelungsmuster (*conversion*) geprägt werden, die überdies regelmäßig mit dem Bedeutungsverlust oder dem Niedergang anpassungsunfähiger Organisationen und institutioneller Segmente (*drift* und *exhaustion*) verbunden sind. Die Mischung ist entscheidend: Erst über das spezifische Zusammenspiel und die Gewichtung verschiedener Formen des Wandels erschließt sich ein Gesamtbild, die Signatur einer Transformationsperiode (Abbildung 5).

Als *zweite Präzisierung* ist daher festzuhalten: In längeren Umbruchperioden vermengen und verschränken sich regelmäßig verschiedene Formen graduellen Wandels in jeweils spezifischer Weise – und bilden erst durch ihr spezifisches Gewicht und ihre eigentümliche Kombination distinkte Varianten oder Muster aus, die eine Periode gradueller Transformation insgesamt als Typ auf den Punkt bringen können. Forschungspragmatisch gewendet heißt das: Die jeweils prägenden Modi graduellen Wandels sind fallweise zu identifizieren, zu gewichten und dynamisch, als sich über die Zeit verändernde Kombination aufeinander zu beziehen. Ihr spezifisches Zusammenspiel ergibt sich wiederum aus der sektoralen Eingriffstiefe der neuen Technologien und aus den soziotechnischen Rahmen- und Adaptionsbedingungen, die den unter Anpassungsdruck stehenden Sektor auszeichnen – seinen Struktureigentümlichkeiten, seinen institutionellen Arrangements und seiner (inter-)organisationalen Verfasstheit.³

3 Auch James Mahoney und Kathleen Thelen (2010: 15) versuchen, verschiedene Typen institutionellen Wandels zu identifizieren – und greifen zu ihrer Erklärung auf zwei ihres Erachtens relevante Kontextbedingungen des Wandels zurück: auf die politischen Rahmenbedingungen, unter denen er stattfindet, und auf die Eigenheiten der Institution, die unter Anpassungsdruck steht. »Here the characteristics of both the political context and the institution in question together drive the type of institutional change we can expect. Political context and institutional form have these effects because they shape the type of dominant change-agent that is likely to emerge and flourish in any specific institutional context, and the kinds of strategies this agent is likely to pursue to effect change.« Bei ihnen sind allerdings die skizzierten Modi gradueller Transformation zugleich die wesentlichen Typen institutionellen Wandels – sie versuchen also nicht, verschiedene Modi miteinander zu kombinieren. Außerdem konzentrieren sie sich auf die Identifizierung von Akteuren, die den Wandel tragen und voranbringen (*change-agents*) – und

Präzisierung 3: Varianten gradueller Transformation

Je nachdem, welche Technologie und welchen Sektor man betrachtet, können die soziotechnischen Bedingungen, die einer Transformationsperiode ihren Stempel aufdrücken, beträchtlich variieren. Dementsprechend unterscheiden sich unterhalb der Grundannahme, dass sich auch radikaler Wandel typischerweise als graduelle Transformation Bahn bricht, derartige Perioden, ihre Verläufe und Ergebnisse signifikant voneinander.

Die empirischen Beispiele, die im Laufe des Buches vorgebracht worden sind, unterstreichen das nachdrücklich. Das Internet hat im Automobilsektor eher moderate Veränderungen angestoßen, die von den etablierten Akteuren vorangebracht werden und den Kernbereich des industriellen Produktionsgefüges, die Funktionsgrundlagen und Machtkonstellationen der Hersteller-Zulieferer-Beziehungen modernisiert und zugleich gefestigt haben. Die erneuerbaren Energien haben in Deutschland eine typische Nischenkarriere gemacht und sich erst nach einer etwa zwanzig Jahre andauernden Expansionsphase zu einer ernst zu nehmenden Herausforderung für die fossil-atomar ausgerichtete Energiewirtschaft entwickelt, die die alternativen Technologien mittlerweile selektiv aufgreift und in das bestehende Stromversorgungssystem zu integrieren versucht. Die Gentechnik hat im Pharmasektor weitreichende soziotechnische Neustrukturierungen mit sich gebracht, die in den vergangenen dreißig Jahren aber nicht zu einer Auf- und Ablösung, sondern zu einer substanziellen Erweiterung und Neuausrichtung der wissenschaftlich-technischen Basis, der Institutionen und der Akteurfigurationen des Sektors geführt haben. Die Wirkungen der Digitalisierung und des Internets auf den Musiksektor schließlich lassen sich am ehesten als Erosion der etablierten Strukturen, Institutionen und Akteure beschreiben, die nachhaltig an Bedeutung beziehungsweise an Einfluss verlieren und – auch hier allerdings erst mit der Zeit – durch ein wesentlich anderes Regulationsmuster und andere Akteurfigurationen abgelöst werden.

All diese durch neue Technologien angestoßenen sektoralen Transformationsprozesse nehmen Zeit in Anspruch, vollziehen sich über eine Vielzahl von Veränderungen – und unterscheiden sich in ihrem Verlauf und in ihren Wirkungen doch gravierend voneinander. Das wirft die Frage nach distinkten Varianten gradueller Transformation mit jeweils typischen Merkmalen auf, die ich nun in meiner *dritten Präzisierung* als stilisierte Typen vorstelle.

lassen dabei all jene Akteure unberücksichtigt, die Prozesse des Wandels in ihrem Feld zu blockieren, zu verhindern und zu kanalisieren versuchen.

Variante 1: Dynamische Reproduktion und inkrementeller Wandel

Die erste Variante fällt aus dem Rahmen radikalen soziotechnischen Wandels. Sie ist für die Wirkungen grundlegend neuer Technologien mit einer relativ geringen sektoralen Eingriffstiefe charakteristisch. Die neuen technologischen Möglichkeiten ähneln in ihren sektoralen Wirkungen inkrementellen Innovationen, die bestehende Prozesse und Produkte zum Teil nachhaltig verbessern, ohne dass dazu größere soziotechnische Revisionen oder Restrukturierungen notwendig wären. Der technologische Anpassungs- und Veränderungsdruck ist in solchen Fällen also eher moderat. Das gilt beispielsweise für die beschriebenen Nutzungsmöglichkeiten und die Integration internetbasierter Technologien in die Produktionsstrukturen und Kooperationsbeziehungen des Automobilssektors.

In solchen Fällen lässt sich die Einführung neuer Technologien als Prozess ihrer schrittweisen Implementation und weitgehenden Integration in bestehende Organisationen, Regeln und Strukturen analysieren, die in ihrem Kern nicht zur Disposition stehen. Sie wird maßgeblich von den etablierten Akteuren des Sektors getragen und erfolgt weitgehend im Rahmen der bestehenden Institutionen und Strukturen. Und sie wird geprägt von *moderaten Veränderungen und Erweiterungen (moderate conversion and layering)* vornehmlich der (inter-)organisationalen Strukturen, die mit dem Ziel der Modernisierung und Effizienzsteigerung betrieben werden.

Auch derartige auf neuen technologischen Möglichkeiten gründende Modernisierungsprojekte sind keineswegs triviale Vorgänge, wie etwa die Umstellung von EDI-Systemen auf internetbasierte Kommunikationsstrukturen im Automobilssektor zeigt. Sie nehmen Zeit in Anspruch, sind organisationsintensiv und erfordern oft hohe Investitionen. Sie bringen natürlich auch spürbare Veränderungen mit sich, sonst würden sie nicht unternommen. Diese Veränderungen zielen allerdings nicht auf radikale sektorale Erneuerungen, sondern auf »performance improvements« (Geels/Kemp 2007: 445), die auch für die kumulativen Wirkungen inkrementeller Innovationen typisch sind: »These processes take place within stable rule-sets and proceed in predictable directions (trajectories). Over time, accumulated incremental innovations in stable regimes can boost performance« (Geels/Schot 2007: 406).

Diese erste Variante gradueller Transformation lässt sich dementsprechend als Prozess *dynamischer Reproduktion und inkrementellen Wandels* beschreiben, der sich wesentlich unter Kontrolle der etablierten Akteure und im Rahmen bestehender und in ihrer Grundstruktur weitgehend stabil bleibender soziotechnischer Arrangements vollzieht.

Variante 2: Substanzielle Neuausrichtung und architektonischer Wandel

Das ist bei der zweiten Variante anders. Sie ist typisch für die Diffusion neuer eingriffstiefer Querschnittstechnologien – Informations- und Kommunikationstechnologien, Biotechnologien, Nanotechnologien – in adaptionsfähigen Sektoren.

Grundlegend neue und eingriffstiefe Technologien erfassen in diesem Fall vergleichsweise schnell den etablierten sektoralen Kern – auch dann, wenn sie aus einer Nische kommen, außerhalb beziehungsweise an den Rändern des Sektors entstanden sind und anfangs nicht im Fokus der saturierten Akteure standen. Die neu entstehenden soziotechnischen Konstellationen fordern den Kern heraus, allerdings ohne die ihn tragenden Akteure, Institutionen und Strukturen zu zerstören und ersetzen zu können. Sie wirken dort vielmehr stimulierend: Sie werden aufgegriffen, adaptiert und über öffnende Restrukturierungsprozesse mit weiter bestehenden Kernelementen der etablierten Konstellation auf neue Weise kombiniert. Der durch die Gentechnologie angestoßene Wandel des US-amerikanischen Pharmasektors zwischen Mitte der 1970er- und Mitte der 1990er-Jahre lässt sich hierfür beispielhaft anführen.

In seiner Initialphase wird der Transformationsprozess in solchen Fällen oft zunächst durch Impulse von den Rändern oder von außerhalb des Sektors geprägt, die durch neue beziehungsweise sektorexterne Akteure angestoßen werden. Allerdings sind auch die etablierten Akteure des Sektors in solchen Fällen adaptiv. Sie lassen sich auch dann, wenn sie nicht zu den frühen Pionieren der Entwicklung und Nutzung der neuen Technologien zählen, vergleichsweise schnell auf die damit verbundenen neuen Möglichkeiten ein. Sie greifen sie aktiv auf, reorientieren ihre Aktivitäten entsprechend und richten ihre Forschung, Produktion und Organisationsstrukturen an den veränderten Bedingungen aus.

Der Transformationsprozess wird unter diesen Bedingungen maßgeblich durch substanzielle und mehr oder minder geordnete Erweiterungen und Neugestaltungen (*substantial and orderly layering and conversion*) des technologischen Profils, der Organisationsstrukturen und interorganisationalen Beziehungen, der Produkte und Märkte, der sektoralen Strukturen und institutionellen Rahmenbedingungen geprägt. Das technologische Profil des Sektors verändert sich vor allem durch Erweiterung und Rekombination mit der Zeit signifikant: Die neuen Technologien gewinnen sukzessive an Relevanz, ohne dass sie in direkter Rivalität zu den alten stünden. Die etablierten Technologien müssen nicht abgelöst werden, sondern lassen sich mit den neuen Möglichkeiten produktiv verknüpfen. Das Akteurspektrum wird um neue Mitspieler ergänzt, die nicht bloß in der Initialphase, sondern auch während der Institutionalisierung der neuen Technologien zu wichtigen Impulsgebern des sektoralen Wandels werden. Neue

Formen interorganisationaler Kooperation werden ausprobiert, stabilisieren sich über die Zeit und binden die avantgardistischen Akteure in die Neuordnung des Sektors ein. Die sektoralen Akteurfigurationen werden also um wichtige neue Teilnehmer und Interaktionsbeziehungen ergänzt, ohne dass die etablierten Akteure in diesem Prozess deutlich an Einfluss verlieren oder obsolet werden würden. Die Ausrichtung und Arbeitsweise der Forschung und Entwicklung werden neu justiert, etablierte Produkte und Märkte werden nicht einfach ersetzt, sondern mit der Zeit um neue Varianten und Segmente erweitert. Schließlich werden auch die rechtlich-regulativen Rahmenbedingungen sukzessive an die neuen soziotechnischen Realitäten angepasst. Auch dies geschieht nicht in einem einmaligen Akt, sondern erfolgt mehrschrittig und angesichts anhaltender Innovationsdynamiken über einen längeren Zeitraum.

Andere Modi sektoralen Wandels spielen demgegenüber eine untergeordnete Rolle. Vor allem angesichts der adaptiven Orientierungen der etablierten Akteure des Feldes bleiben *drift* und *exhaustion*, also das durch Anpassungsunfähigkeiten geprägte Hineingleiten in eine Periode krisenhaften Umbruchs und die damit einhergehende Obsoleszenz maßgeblicher Akteure, Institutionen und Strukturelemente Randphänomene des Transformationsprozesses. Auch ein radikaler Austausch und Ersatz (*displacement*) bestehender Akteure, Institutionen und Strukturen ist weitgehend untypisch für diese Variante gradueller Transformation.

Insgesamt lässt sich der Transformationsprozess in solchen Fällen als *substanzielle Neuausrichtung und architektonischer Wandel* beschreiben, in dessen Verlauf das bestehende soziotechnische Gefüge des Sektors nicht durch ein grundlegend neues ersetzt, sondern nachhaltig erweitert und mit neuen Elementen (re-)kombiniert wird: »New regimes grow out of old regimes through cumulative adjustments and reorientations« (Geels/Schot 2007: 407). Die neu entstehenden soziotechnischen Konstellationen fordern den etablierten Kern des Sektors heraus, allerdings ohne die ihn tragenden Akteure, Institutionen und Strukturen zu zerstören und ersetzen zu können.

Variante 3: Erosion, radikaler Umbruch und substitutiver Wandel

Die dritte Variante gradueller Transformation ist demgegenüber typisch für adaptionsunfähige Sektoren, in denen veränderungsresistente Akteure und Institutionen mit neuen Querschnittstechnologien konfrontiert werden. Der Einfall des Internets in den Musiksektor kann hierfür als Beispiel dienen.

Typischerweise kommen die neuen Technologien von außerhalb oder von den Rändern des Sektors. Ähnlich wie in der soeben beschriebenen Variante lassen sie sich vergleichsweise leicht aufgreifen, nutzen und weiterentwickeln – von

wem auch immer. Allerdings treffen die neuen technologischen Möglichkeiten hier auf adaption sunfähige Akteure und Institutionen. Gleichzeitig ist das bestehende technologische Profil des Sektors von Anfang an ausgesprochen anfällig gegenüber grundlegenden Innovationen und fällt als Schutzmechanismus gegen schnelle und substanzielle Veränderungen weitgehend aus. Die veränderungsresistenten Akteure und die institutionellen Gefüge, in denen sie sich bewegen, verlieren dadurch schnell an Kontrolle über den Transformationsprozess. Dadurch wird die Aneignung, Nutzung und Kommerzialisierung der neuen Technologien Newcomern überlassen, die den sektoralen Wandel nicht nur anstoßen, sondern auch dessen weiteren Verlauf wesentlich (mit-)prägen können.

Unter diesen Bedingungen wird der sektorale Transformationsprozess nicht nur in seiner initialen Phase, sondern darüber hinaus maßgeblich vorangetrieben durch die *Expansion (expansion)* neuer Akteure mit eigenen Interessen und Handlungsorientierungen, die eigene Strukturen und Regeln herausbilden können, welche quer zu den vorhandenen stehen. Sie zielen, mehr oder minder bewusst inszeniert, auf einen weitreichenden *Ersatz und Austausch (displacement)* der den Sektor bis dahin prägenden Institutionen und Organisationen. Demgegenüber weigern sich die saturierten Akteure zunächst, im neuen Spiel aktiv mitzuspielen, versuchen, die neuen Entwicklungen zu blockieren und reagieren erst zeitverzögert mit Formen systemkonformer Anpassung und Erneuerung. Sie geraten zunächst durch Nichthandeln in eine für sie neue Situation, die sie nicht mehr kontrollieren (*drift*) und bemühen sich dann nachholend, über *moderate Anpassungen, Erweiterungen und Veränderungen (moderate layering and conversion)* ihrer organisationalen Profile und der institutionellen Rahmenbedingungen ins Spiel zurückzufinden. Im Laufe dieser Auseinandersetzung zwischen radikaler Erneuerung und moderater Veränderung, die den sektoralen Transformationsprozess in diesem Fall bestimmt, verlieren die bestehenden Akteure, Institutionen und Strukturen vor allem aufgrund ihrer Adaption sdefizite signifikant an Bedeutung.

Auch in dieser Variante schälen sich neue Technologien, Produkte, Märkte, Akteure, Interaktions- und Regelungsmuster sukzessive, im Schatten der vorhandenen und zunächst weiterhin funktionierenden Konstellation heraus. Sie gewinnen aber schnell an Bedeutung, gehen mit dem Aufbau eigenständiger Regeln und Strukturen einher und lassen sich – dies ist der Unterschied zur zweiten Variante – nicht mehr über bloß rekonfigurierende Anpassungen und Erweiterungen in die bestehenden sektoralen Zusammenhänge einbinden, sondern treten schnell in eine rivalisierende und substitutive Konkurrenz zu ihnen. Im Verlauf der Transformation führt dies aufgrund der zunehmenden Überlegenheit und Akzeptanz der neuen Technologien sowie der Adaption sunfähigkeit des alten sektoralen Kerns zu einer radikalen Neuordnung und Neugewichtung der Akteurfigurationen, Institutionen und Strukturen des Sektors.

Im Vergleich zur zweiten Variante gradueller Transformation zeichnet diese sich also dadurch aus, dass konstitutive Bestandteile des organisationalen und institutionellen Gefüges mit der Zeit erodieren, obsolet werden (*exhaustion*) und durch neue Akteure, Interaktionsmuster, Institutionen und Strukturen ersetzt werden (*displacement*). Das lässt sich als *radikaler Umbruch und substitutiver Wandel* auf den Punkt bringen.

Variante 4: Lang anhaltende Koexistenz, substitutiver oder architektonischer Wandel

Typisch für die vierte und letzte Variante schließlich ist eine (Ausgangs-)Konstellation von hoher technischer und sozialer Stabilität und Persistenz, in deren Schatten sich sukzessive ein alternativer soziotechnischer Pfad als Nische mit eigenen Strukturmerkmalen, Regeln und Akteuren konstituiert und ausbreitet. Er wird allerdings nicht schnell zu einer existenziellen Herausforderung des etablierten sektoralen Kerns, sondern entwickelt sich über einen längeren Zeitraum unabhängig und parallel zum etablierten Pfad (Braun-Thürmann 2005: 46–51; Kemp/Rip/Schot 2001). Das trifft vor allem für engmaschig vernetzte, kapital- und organisationsintensive großtechnische Infrastrukturen zu, wie sie zum Beispiel im deutschen Energiesektor heute noch anzutreffen sind (Voß/Bauknecht 2007). Je organisationsintensiver, technologisch komplexer und vermachteter die vorherrschenden soziotechnischen Systemstrukturen sind, desto voraussetzungsvoller und langwieriger ist deren radikale Veränderung.

Sektorale Transformationsprozesse werden in solchen Fällen zunächst über längere Zeit von Nischendynamiken geprägt, über die sich parallel zu und unabhängig von den bestehenden Systemstrukturen ein alternativer soziotechnischer Entwicklungspfad herausbildet, der oft durch politische Protektion und Intervention gefördert und geschützt wird – die Geschichte erneuerbarer Energien ist ein solcher Fall. Die dominierende Form des Wandels lässt sich in dieser Phase als *Expansion* der Nische bezeichnen, durch die die Dominanz und die Funktionslogiken der bestehenden sektoralen Kernstrukturen zunächst allerdings noch nicht herausgefordert und infrage gestellt werden. Es bildet sich eine anfangs sehr asymmetrisch verfasste Koexistenz zwischen unterschiedlichen Entwicklungspfaden heraus, die wenig miteinander gemein haben und bemerkenswert unabhängig voneinander existieren. Diese asymmetrische Koexistenz kann sich erst dann zu einer rivalisierenden Koexistenz entwickeln, wenn sich die Nische zu einer funktionierenden und weithin akzeptierten soziotechnischen Alternative sowie zu einer marktrelevanten Größe entwickelt hat.

Im weiteren Transformationsverlauf, der durch zunehmend direkte Rivalitäten zwischen dem Kern und der emanzipierten Nische geprägt wird, sind dann zwei unterschiedliche Entwicklungsrichtungen möglich.

Die Koexistenz kann zum einen in einen Prozess *substitutiven Wandels* übergehen – das ist die radikale Möglichkeit. Das dominante soziotechnische System und seine Akteure geraten in diesem Fall nicht nur durch überlegene und expandierende technologische Alternativen, sondern auch durch entsprechende politische oder gesellschaftliche Präferenzen und Weichenstellungen derart unter Druck, dass ihre Legitimation und Funktionsberechtigung erodieren. Die sukzessive *Erschöpfung* (*exhaustion*) der dominanten Technologien und der sie tragenden Institutionen und Akteure geht einher mit ihrem schrittweisen *Ersatz* (*displacement*) durch eine substanziell neue soziotechnische Konstellation – mit anderer technologischer Basis, anderen Institutionen und neuen beziehungsweise strategisch grundlegend neu orientierten Akteuren, die sie tragen.

Alternativ denkbar und keineswegs unwahrscheinlicher ist ein Transformationsverlauf, der sich demgegenüber wiederum als *architektonischer Wandel* bezeichnen lässt. In diesem Fall werden die neuen technologischen Möglichkeiten, die sich in der Nische herausgebildet und stabilisiert haben, gezielt vom unter Druck geratenen etablierten Kern des Sektors adaptiert. Die bestehende soziotechnische Konstellation löst sich nicht auf, sondern wird durch die selektive Aufnahme und Einbettung alternativer technologischer Möglichkeiten substanziell erweitert (*substantial layering*) und selektiv umgebaut (*selective conversion*). *Substanzielle Erweiterung* und *selektiver Umbau* meinen, dass mit der Transformation neue (Teil-)Märkte entstehen, das Produktportfolio ergänzt wird, organisationale Strukturen daran ausgerichtet und bestehende institutionelle Arrangements an die veränderten soziotechnischen Bedingungen angepasst werden. Auch die damit verbundenen Veränderungen können über die Zeit durchaus weitreichend sein. Sie markieren allerdings keinen radikalen Bruch mit den bestehenden Technologien, dem Regulationsmuster und den Akteuren des Sektors, sondern zielen auf deren Reform und Rekonfiguration.

Welche dieser beiden Transformationsmöglichkeiten großtechnischer Systeme – substitutiver oder architektonischer Wandel – sich letztlich durchsetzt, ist keineswegs nur oder vornehmlich das Ergebnis von Marktprozessen. Sektorale Machtkonstellationen sowie die Entfaltung politischen und gesellschaftlichen Veränderungsdrucks können hier auch eine wichtige Rolle als Einflussfaktoren des Transformationsverlaufs spielen. In jedem Fall zeichnet sich diese Variante durch besonders langwierige Transformationsprozesse aus, die sowohl die Phase des Nischenwachstums technologischer Alternativen als auch die Phase ihrer rivalisierenden Koexistenz mit der bestehenden soziotechnischen Konstellation betrifft.

6.5 Graduelle Transformation als forschungspragmatisches Konzept

Mit dem *Konzept gradueller Transformation* lassen sich die konkreten Verlaufsformen und Varianten größerer soziotechnischer Umbrüche, die zunächst eher unbestimmt als »period of mismatch« (Dosi et al. 1988: 11) oder als »period of considerable confusion« (Henderson/Clark 1990: 12) beschrieben worden sind, genauer analysieren. Die Blackbox wird geöffnet: Der Blick richtet sich auf die spezifischen Einflussfaktoren, Abläufe und Dynamiken derartiger Umbruchperioden, die nun als langgezogene und vielstimmige, oft umstrittene und umkämpfte Such-, Selektions- und Neujustierungsvorgänge nicht mehr nur bezeichnet, sondern auch präzise rekonstruiert und kategorial abgebildet werden können. Sie werden geprägt von

- der sukzessiven Diffusion neuer Technologien, deren Eigenheiten sich noch im Laufe des Transformationsprozesses zum Teil gravierend verändern können;
- der schrittweisen Herausbildung daran ausgerichteter neuer Märkte und nicht marktlicher Beziehungen, Konkurrenz- und Kooperationsmuster;
- der allmählichen Erneuerung der Strukturen und institutionellen Gefüge des beobachteten Feldes; sowie
- der damit einhergehenden Veränderung der vorhandenen Akteurfigurationen, Macht- und Einflussbeziehungen.

»Transformation« heißt: Im Ergebnis radikale Neuausrichtung eines Feldes, durch die sich sowohl dessen technologisches Profil als auch – damit verbunden – dessen soziale Koordinaten substanziell verändern. »Graduell« betont demgegenüber die wesentliche prozessuale Eigenheit derartiger Umbrüche, die sich grundsätzlich schrittweise, als Kumulation zahlreicher Transformationsimpulse vollziehen und über einen längeren Zeitraum erstrecken.

Das hier vorgestellte Konzept geht über die allgemeine Aussage hinaus, dass sich auch substanzieller soziotechnischer Wandel typischerweise als graduelle Transformation vollzieht. Es liefert darüber hinaus konkrete Handhabe, wie sich solche Umbruchperioden analysieren und einordnen lassen. Mithilfe der beschriebenen Formen graduellen Wandels, präziser: über relevante Kombinationen verschiedener Formen können distinkte Transformationspfade herausgearbeitet und typische Muster gradueller Transformation identifiziert werden. Dabei lassen sich zwei idealtypische Kombinationen, die dem Transformationsprozess in unterschiedlicher Weise ihren Stempel aufdrücken können, voneinander unterscheiden.

Die *erste Kombination* ist *Erweiterung – Umbau* (*layering – conversion*). Auch wenn die wesentlichen Ausgangsimpulse des Wandels von den Rändern des Sektors oder von außerhalb kommen, werden sie in diesem Fall vom etablierten Kern vergleichsweise früh und proaktiv aufgegriffen. Der Transformationsprozess vollzieht sich vornehmlich über strategische Neuorientierungen der etablierten Akteure, als signifikante Erweiterung und Umgestaltung vorhandener Organisationsmuster, Institutionen und Strukturen, in die neue Elemente und Akteure eingefügt und mit den weiter bestehenden auf neue Weise kombiniert werden. Das ist die *reformorientierte Variante gradueller Transformation*, die nicht auf Substitution, sondern – je nachdem, wie eingriffstief die neuen Technologien sind – auf inkrementelle Anpassungen oder weiter reichende architektonische Veränderungen hinausläuft und für adaptionsfähige Sektoren typisch ist.

Alternativ dazu steht die *zweite Kombination* *Expansion – Ersatz* (*expansion – displacement*). Die Schwäche der etablierten Akteure, sich auf grundlegend neue Technologien einzulassen, sie aufzugreifen und zu adaptieren, korrespondiert in diesem Fall mit einem signifikanten Bedeutungszuwachs avantgardistischer Akteure, die den sektoralen Umbruch durch ihre Aktivitäten nicht nur anstoßen, sondern auch im weiteren Verlauf dessen wesentliche Träger und Impulsgeber bleiben. Ihre Expansion geht einher mit dem Aufbau alternativer Regelungsmuster und Strukturen, die quer und in Konkurrenz zu den bereits vorhandenen stehen, diese sukzessive destabilisieren und mit der Zeit weitgehend ersetzen. Das ist die *radikale Variante gradueller Transformation*, die auf eine weitreichende Erosion und Substitution der bestehenden Regulationsmuster hinausläuft und für adaptionsunfähige Sektoren typisch ist.

In beiden Varianten gradueller Transformation findet sich in unterschiedlicher Ausprägung auch die *dritte Kombination* *Drift – Erschöpfung* (*drift – exhaustion*). Für die radikale Variante ist sie konstitutiv. Die Expansion neuer Akteure und der Aufbau alternativer institutioneller Arrangements und Strukturen gehen hier mit der Anpassungsunfähigkeit der etablierten Akteure einher. Die bestehenden Institutionen und Strukturen werden obsolet und im Laufe des Transformationsprozesses sukzessive durch wesentlich andersartige abgelöst. Nur so ist *exhaustion*, also Obsoleszenz und Auflösung als Modus des Wandels überhaupt sinnvoll: Tragende Institutionen, Strukturen und Akteure werden nur dann wirklich überflüssig, wenn Neues bereitsteht und sie zu ersetzen vermag.

Auch die reformorientierte Variante gradueller Transformation ist immer mit dem Niedergang einzelner Akteure, die dem Veränderungsdruck nicht standhalten, verbunden, sowie mit sektoralen Erneuerungsprozessen, durch die Teilbereiche des bestehenden institutionellen und strukturellen Gefüges an Bedeutung verlieren und ersetzt werden. Das ist in dieser Variante allerdings eher eine Begleiterscheinung architektonischer Veränderungen, die durch Erweite-

rungs- und Umgestaltungsprozesse bestehender Arrangements geprägt werden und in deren Umfeld immer auch einzelne Regelungsbereiche und Strukturelemente fallen gelassen und ersetzt werden.

Im konkreten Prozess soziotechnischer Transformation lassen sich sämtliche hier vorgestellten Formen und idealtypischen Kombinationen graduellen Wandels regelmäßig auffinden – allerdings in jeweils unterschiedlicher Mischung und Gewichtung. Die durch *layering* und *conversion* geprägte reformorientierte Variante wird natürlich auch durch die Expansion neuer Akteure und den Ersatz vorhandener Regeln und Strukturelemente beeinflusst. Umgekehrt laufen in der durch *expansion* und *displacement* geprägten radikalen Variante immer auch Versuche mit, die Erosion des bestehenden Regulationsmusters über moderate Erneuerungsimpulse aufzuhalten beziehungsweise zu kanalisieren.

Eine letzte wichtige und zugegeben schwer zu beantwortende Frage bleibt: Wann schlagen derartige Prozesse gradueller Transformation in neue Systemqualitäten um? Wann werden die vielen technologischen und sozioökonomischen Veränderungen tatsächlich substanziell und lösen jene »cumulative commitments« (Pierson 2000: 76) ab, die den Sektor bis dahin geprägt, seine Stabilität und Reproduktion garantiert haben?

Während sich der Beginn einer soziotechnischen Transformationsperiode noch vergleichsweise klar festmachen lässt, sind eindeutige Umschlagpunkte im Laufe des Transformationsprozesses selbst erheblich schwerer zu identifizieren. Das wesentliche Charakteristikum gradueller Transformation ist es ja gerade, dass sich neue, substanziell andere sektorale Regulationsmuster nicht abrupt und in kurzer Frist herausbilden, sondern sukzessive, als Kumulation zahlreicher Ereignisse entstehen und sich erst mit der Zeit stabilisieren. Selbst exogene Schocks wie etwa der Einbruch des Internets in die bis dahin fest gefügte Welt der Musikindustrie sind lediglich Ausgangspunkte einer Umbruchperiode und stoßen all jene Such-, Selektions- und Neujustierungsvorgänge an, die ihren Verlauf prägen und ihre Ergebnisse vorbereiten.

All das ändert nichts daran, dass sich im Prozess gradueller Transformation wichtige sektorale Koordinaten mit der Zeit signifikant verschieben und ein neues Regulationsmuster entsteht. Ab wann kann davon gesprochen werden? Allgemein formuliert ist das dann der Fall, wenn sich sowohl das technologische Profil des Sektors als auch seine sozioökonomischen Grundlagen – die Akteurfiguren, Institutionen und Strukturen – nicht nur substanziell verändern, sondern sich darüber hinaus in ihrer veränderten Form als neue, zumindest im Grundsatz nicht mehr reversible soziotechnische Realität derart gefestigt haben, dass sie handlungsleitend für seine Akteure und konstitutiv für die Reproduktionsfähigkeit des Sektors insgesamt geworden sind. Dann kann von der *relativen*

Stabilisierung eines neuen beziehungsweise neu arrangierten sektoralen Regulationsmusters gesprochen werden.

Die neuen Technologien müssen dazu die alten nicht abgelöst haben. Sie müssen sich aber als nicht mehr zu ignorierende neue Realitäten im Sektor festgesetzt haben. In von Fall zu Fall unterschiedlicher Gewichtung heißt das:

- Sie haben sich als unabhömmliche Basis neuer Forschungsmethoden, Produktionsverfahren oder Vertriebsstrukturen etabliert, ohne die die Reproduktion des Sektors nicht mehr gewährleistet werden kann.
- Sie haben sich in Form neuer Angebote aus experimentellen Nischen emanzipiert, sind zu einer festen Marktgröße mit relevanten Umsatzanteilen geworden und bestimmen die künftigen Strukturierungen und Dynamiken der sektoralen Märkte.
- Sie üben einen prägenden Einfluss auf die Strukturierung der Nachfrage, auf Konsummuster und lebensweltliche Zusammenhänge aus.

Darüber hinaus muss die Suche nach dazu passenden Organisations-, Interaktions- und Regelungsmustern so weit fortgeschritten sein, dass daraus neue verbindliche und handlungsprägende sozioökonomische Rahmenbedingungen im Sektor entstanden sind, die sich nicht einfach wieder rückgängig machen und auflösen lassen. Dazu gehören (wiederum in von Fall zu Fall verschiedener Ausprägung):

- die Etablierung neuer sektoraler Kernakteure, die sich aus ihrem Nischendasein emanzipiert, als konstitutive Bestandteile des neu strukturierten organisationalen Feldes gefestigt und als Träger des Innovationsprozesses behauptet haben;
- die Festigung veränderter, an den neuen Technologien ausgerichteter Organisationsmuster bei den verbliebenen traditionellen Akteuren des Sektors, die ihren Neuorientierungs- und Umstrukturierungsprozess weitgehend abgeschlossen haben;
- die Stabilisierung neuartiger, zuvor nicht vorhandener kompetitiver wie kooperativer Interaktionsbeziehungen zwischen den beteiligten Akteuren, die den Austausch zwischen ihnen nicht mehr bloß fallweise und situativ regeln, sondern konstitutiv geworden sind;
- schließlich die Institutionalisierung wesentlich anderer Regeln und Strukturen – Recht, Normen, Standards –, die das Handeln auf neuer Grundlage strukturieren und die Reproduktionsbedingungen des betreffenden Sektors nunmehr prägen.

Im Pharmasektor beispielsweise war ein solcher Umschlagpunkt etwa Mitte der 1990er-Jahre erreicht. Die pharmazeutische Forschung und Entwicklung war

nun ohne die konstitutiven Beiträge neuer biotechnologischer Methoden nicht mehr denkbar, Biotechnologiefirmen hatten sich als neuer Unternehmenstyp im Sektor stabilisiert und das organisationale Feld erweitert, neue Formen der Kooperation zwischen den großen Pharmaunternehmen, Biotechnologiefirmen und akademischen Forschungseinrichtungen hatten sich als zentrales neues Interaktionsmuster etabliert, die Dynamiken der pharmazeutischen Märkte wurden durch gentechnisch gewonnene Medikamente, Impfstoffe und Diagnostika maßgeblich (mit-)geprägt, ein neuer rechtlich-regulativer Rahmen für die gentechnologische Forschung und Produktion hatte sich sowohl in nationalen Zusammenhängen als auch im Rahmen der Europäischen Union und internationaler Regimes herausgebildet (Dolata 1996, 2003; Barben 2007).

Relative Stabilisierung eines neuen sektoralen Regulationsmusters heißt also nicht Ersatz alter durch neue Technologien und Ablösung alter durch neue Akteure, Interaktionsmuster, Institutionen und Strukturen. Entscheidend ist vielmehr, dass im Zuge gradueller Transformation sowohl der Entwicklungsstand und die Nutzung der neuen Technologien als auch die damit einhergehenden sozioökonomischen Restrukturierungsleistungen so weit fortgeschritten und gefestigt sind, dass sie die Handlungsbedingungen und -orientierungen innerhalb des Sektors und dessen weitere Entwicklungsdynamik prägen. Relative Stabilisierung heißt darüber hinaus, dass der Transformationsprozess an einem solchen Umschlagpunkt noch nicht zu Ende und abgeschlossen sein muss. Angesichts der oft anhaltenden technologischen Dynamiken muss die Stabilisierung eines neuen sektoralen Regulationsmusters nicht zwingend in eine neue Phase der Kontinuität mit dann nur noch geringen Modifikationen und Feinjustierungen münden. Sie kann als temporäre Stabilisierung auch den Ausgangspunkt einer weiteren Runde gradueller Transformation bilden, die den Sektor aufs Neue signifikant verändert. Ob das so ist oder nicht – das ist eine empirische Frage, die am konkreten Fall durchgespielt und beantwortet werden muss.

Abbildungen

1	Wirtschaftssektoren als soziotechnische Felder	34
2	Technikinduzierter Wandel: Analytische Kernkategorien	43
3	Sektorale Eingriffstiefe neuer Technologien	69
4	Sektorale Adaptionfähigkeit	78
5	Formen und Varianten gradueller Transformation	141

Literatur

- Ahuja, Gautam/Curba Morris Lampert/Vivek Tandon, 2008: Moving Beyond Schumpeter: Management Research on the Determinants of Technological Innovation. In: *The Academy of Management Annals* 2(1), 1–98.
- Amburgey, Terry L./Dawn Kelly/William P. Barnett, 1993: Resetting the Clock: The Dynamics of Organizational Change and Failure. In: *Administrative Science Quarterly* 38(1), 51–73.
- Anderson, Philip/Michael Tushman, 2001: Organizational Environments and Industry Exit: The Effects of Uncertainty, Munificence and Complexity. In: *Industrial and Corporate Change* 10(3), 675–711.
- Arthur, Brian W., 1989: Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events. In: *The Economic Journal* 99(394), 116–131.
- Audretsch, David B., 2003: The Role of Small Firms in US Biotechnology Clusters. In: Gerhard Fuchs (ed.), *Biotechnology in Comparative Perspective*. London: Routledge, 14–32.
- Bandelow, Nils, 1999: *Lernende Politik: Advocacy-Koalitionen und politischer Wandel am Beispiel der Gentechnologiepolitik*. Berlin: edition sigma.
- Barben, Daniel, 2007: *Politische Ökonomie der Biotechnologie: Innovation und gesellschaftlicher Wandel im internationalen Vergleich*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Bargheer, Margo, 2006: Open Access und Universitätsverlage: Auswege aus der Publication Crisis? In: Svenja Hagenhoff (Hg.), *Internetökonomie in der Medienbranche*. Göttingen: Universitätsverlag, 173–199.
- Bauer, Martin (ed.), 1995: *Resistance to New Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Beckert, Jens, 1996: Was ist soziologisch an der Wirtschaftssoziologie? Ungewißheit und die Einbettung wirtschaftlichen Handelns. In: *Zeitschrift für Soziologie* 25(2), 125–146.
- , 2010: How Do Fields Change? The Interrelations of Institutions, Networks, and Cognition in the Dynamics of Markets. In: *Organization Studies* (31)5, 605–627.
- Bender, Gerd, 2006: *Technologieentwicklung als Institutionalisierungsprozess: Zur Entstehung einer soziotechnischen Welt*. Berlin: edition sigma.
- , 2007: Wechselwirkung zwischen Technik und institutionellen Strukturen versus Technologieentwicklung als Institutionalisierungsprozess. In: Ulrich Dolata/Raymund Werle (Hg.), *Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Frankfurt a.M.: Campus, 45–62.
- Benkler, Yochai, 2006: *The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Bergman, Sherrie S., 2006: The Scholarly Communication Movement: Highlights and Recent Developments. In: *Collection Building* (25)4, 108–128.

- Beyer, Jürgen, 2005: Pfadabhängigkeit ist nicht gleich Pfadabhängigkeit! Wider den impliziten Konservatismus eines gängigen Konzepts. In: *Zeitschrift für Soziologie* (34)1, 5–21.
- , 2006: *Pfadabhängigkeit: Über institutionelle Kontinuität, anfällige Stabilität und fundamentalen Wandel*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Böhle, Knut, 2007: Sektoraler Wandel als Technikfolge. In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* (16) 2, 102–106.
- Bontrup, Heinz J./Ralf M. Marquardt, 2010: *Kritisches Handbuch der deutschen Elektrizitätswirtschaft*. Berlin: edition sigma.
- Braun-Thürmann, Holger, 2005: *Innovation*. Bielefeld: Transcript.
- Bravermann, Harry, 1977: *Die Arbeit im modernen Produktionsprozess*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Breschi, Stefano/Franco Malerba, 1997: Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics, and Spatial Boundaries. In: Charles Edquist (ed.), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter, 130–156.
- Bresnahan, Timothy F./Franco Malerba, 1999: Industrial Dynamics and the Evolution of Firms' and Nations' Competitive Capabilities in the World Computer Industry. In: David C. Mowery/Richard R. Nelson (eds.), *Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries*. Cambridge: Cambridge University Press, 79–132.
- BRIE-IGCC E-economy Project (ed.), 2001: *Tracking a Transformation: E-commerce and the Terms of Competition in Industries*, Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Buchholz, Klaus, 1979: Die gezielte Förderung und Entwicklung der Biotechnologie. In: Wolfgang van den Daele/Wolfgang Krohn/Peter Weingart (Hg.), *Geplante Forschung: Vergleichende Studien über den Einfluß politischer Programme auf die Wissenschaftsentwicklung*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 64–116.
- Bundesverband Musikindustrie, 2010: *Jahreswirtschaftsbericht 2009*. Berlin: Bundesverband Musikindustrie.
- Burkart, Patrick, 2005: Loose Integration in the Popular Music Industry. In: *Popular Music and Society* 28(4), 489–500.
- Burkart, Patrick/Tom McCourt, 2006: *Digital Music Wars: Ownership and Control of the Celestial Jukebox*. Oxford: Rowman & Littlefield.
- Burkhard, Hans-Dieter, 2003: Autonome Agenten und Roboter. In: Thomas Christaller/Josef Wehner (Hg.), *Autonome Maschinen*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 160–185.
- Burns, Tom, 1961/62: Micropolitics: Mechanisms of Institutional Change. In: *Administrative Science Quarterly* 6(3), 257–281.
- Burns, Tom/George M. Stalker, 1994[1961]: *The Management of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Burns, Tom/Marcus Carson, 2002: Actors, Paradigms, and Institutional Dynamics: The Theory of Social Rule Systems Applied to Radical Reforms. In: J. Rogers Hollingsworth/Karl H. Müller/Ellen Jane Hollingsworth (eds.), *Advancing Socio-Economics: An Institutional Perspective*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 109–145.
- Buss, Klaus-Peter/Volker Wittke, 2000: Mikrochips für Massenmärkte – Innovationsstrategien der europäischen und amerikanischen Halbleiterhersteller in den 90er Jahren. In: Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung (Hg.), *Internationalisierung von Innovations- und Produktionsprozessen: Berichte aus den Verbundprojekten*. Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung, Mitteilungen Heft 22/2000. München: Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V., 9–50.

- Campbell, John L., 2004: *Institutional Change and Globalization*. Princeton: Princeton University Press.
- , 2006: What's New? General Patterns of Planned Macro-institutional Change. In: Jerald Hage/Marius Meeus (eds.), *Innovation, Science, and Institutional Change*. Oxford: Oxford University Press, 505–524.
- Casper, Steven, 2000: Institutional Adaptiveness, Technology Policy, and the Diffusion of New Business Models: The Case of German Biotechnology. In: *Organization Studies* 21(5), 887–914.
- Catenhusen, Wolf-Michael/Hanna Neumeister (Hg.), 1987: *Chancen und Risiken der Gentechnologie. Dokumentation des Berichts an den Deutschen Bundestag*. München: J. Schweitzer.
- Chandler, Alfred D., Jr., 1977: *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*. Cambridge, MA: Belknap Press.
- Chandler, Alfred D., 2001: *Inventing the Electronic Century: The Epic Story of the Consumer Electronics and Computer Industries*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Christaller, Thomas/Josef Wehner, 2003: Autonomie der Maschinen – Einführung in die Diskussion. In: Thomas Christaller/Josef Wehner (Hg.), *Autonome Maschinen*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 9–35.
- Christensen, Clayton M., 1997: *The Innovator's Dilemma*. Harvard, MA: Harvard Business School Press.
- Christensen, Clayton M./Joseph L. Bower, 1996: Customer Power, Strategic Investment, and the Failure of Leading Firms. In: *Strategic Management Journal* 17(3), 197–218.
- 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.
- Currah, Andrew, 2006: Hollywood versus the Internet: The Media and Entertainment Industries in a Digital and Networked Economy. In: *Journal of Economic Geography* 6(4), 439–468.
- , 2007: Hollywood, the Internet and the World: A Geography of Disruptive Innovation. In: *Industry & Innovation* 14(4), 359–384.
- , 2007a: Managing Creativity: The Tensions between Commodities and Gifts in a Digital Networked Environment. In: *Economy and Society* 36(3), 467–494.
- , 2009: *What's Happening to Our News: An Investigation into the Likely Impact of the Digital Revolution on the Economics of News Publishing in the UK*. Oxford: Reuters Institute.
- Cusumano, Michael A./Yiorgos Mylonadis/Richard Rosenbloom, 1992: Strategic Maneuvering and Mass-Market Dynamics: The Triumph of VHS over Beta. In: *The Business History Review* 66(1), 51–94.
- Cyert, Richard M./James G. March, 1963: *A Behavioral Theory of the Firm*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Dacus, Gerald F., et al. (eds.), 2005: *Social Movements and Organization Theory*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- David, Paul A., 1985: Clio and the Economics of QWERTY. In: *American Economic Review* 75(2), 332–337.
- , 1992: Heroes, Herds and Hysteresis in Technological History: Thomas Edison and »The Battle of the Systems« Reconsidered. In: *Industrial and Corporate Change* 1(1), 129–180.
- DiMaggio, Paul J., 1986: Structural Analysis of Organizational Fields: A Blockmodel Approach. In: *Research in Organizational Behaviour* 8, 335–370.

- DiMaggio, Paul.J./Walter W. Powell, 1983: The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. In: *American Sociological Review* (48)2, 147–160.
- Djelic, Marie-Laure/Sigrid Quack (eds.), 2003: *Globalization and Institutions: Redefining the Rules of the Economic Game*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- , 2007: Overcoming Path Dependency: Path Generation in Open Systems. In: *Theory and Society* 36(2), 161–186.
- (eds.), 2010: *Transnational Communities. Shaping Global Economic Governance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dobusch, Leonhard/Sigrid Quack, 2010: Epistemic Communities and Social Movements: Transnational Dynamics in the Case of Creative Commons. In: Marie-Laure Djelic/Sigrid Quack (eds.), *Transnational Communities: Shaping Global Economic Governance*. Cambridge: Cambridge University Press, 226–251.
- Dolata, Ulrich, 1992: *Weltmarktorientierte Modernisierung: Die ökonomische Regulierung des wissenschaftlich-technischen Umbruchs in der Bundesrepublik*. Frankfurt a.M.: Campus.
- , 1996: *Politische Ökonomie der Gentechnik: Konzernstrategien, Forschungsprogramme, Technologiewettläufe*. Berlin: edition sigma.
- , 2001: Risse im Netz. Macht, Konkurrenz und Kooperation in der Technikentwicklung und -regulierung. In: Georg Simonis/Renate Martinsen/Thomas Saretzki (Hg.), *Politik und Technik: Analysen zum Verhältnis von technologischem, politischem und staatlichem Wandel am Anfang des 21. Jahrhunderts*. Politische Vierteljahresschrift, Sonderheft 31. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 37–54.
- , 2003: *Unternehmen Technik: Akteure, Interaktionsmuster und strukturelle Kontexte der Technikentwicklung: Ein Theorierahmen*. Berlin: edition sigma.
- , 2005: Reflexive Stimulation or Disjointed Incrementalism? Readjustments of National Technology and Innovation Policy. In: *STI-Studies* (1)1, 59–76.
- , 2006: Technologie- und Innovationspolitik im globalen Wettbewerb: Veränderte Rahmenbedingungen, institutionelle Transformationen und politische Gestaltungsmöglichkeiten. In: *Zeitschrift für Politikwissenschaft* (16)2, 427–455.
- , 2007: 25 Jahre kommerzielle Gentechnik. In: *Blätter für deutsche und internationale Politik* (52)11, 1395–1397.
- , 2008: Technologische Innovationen und sektoraler Wandel. Eingriffstiefe, Adaptionfähigkeit, Transformationsmuster: Ein analytischer Ansatz. In: *Zeitschrift für Soziologie* (37)1, 44–61.
- , 2008a: Das Internet und die Transformation der Musikindustrie: Rekonstruktion und Erklärung eines unkontrollierten Wandels. In: *Berliner Journal für Soziologie* (18)3, 344–369.
- , 2008b: Musik per Download. In: *Blätter für deutsche und internationale Politik* (53)6, 115–117.
- , 2009: Technological Innovations and Sectoral Change. Transformative Capacity, Adaptability, Patterns of Change: An Analytical Framework. In: *Research Policy* (38)6, 1066–1076.
- Dolata, Ulrich/Raymund Werle (Hg.), 2007: *Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Frankfurt a.M.: Campus.
- , 2007a: »Bringing Technology back in«: Technik als Einflussfaktor sozioökonomischen und institutionellen Wandels. In: Ulrich Dolata/Raymund Werle (Hg.), *Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Frankfurt a.M.: Campus, 15–43.

- Dörrenbächer, Christoph, 1999: *Vom Hoflieferanten zum Global Player: Unternehmensreorganisation und nationale Politik in der Welttelekommunikationsindustrie*. Berlin: edition sigma.
- Dosi, Giovanni, et al. (eds.), 1988: *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.
- Drews, Jürgen, 1999: *In Quest of Tomorrow's Medicines*. New York: Springer.
- e-business watch, 2005: *ICT and Electronic Business in the Automotive Industry: ICT Adoption and E-Business Activity in 2005*. <http://ec.europa.eu/enterprise/archives/e-business-watch/studies/sectors/transport_automotive/documents/Automotive_2005.pdf>
- , 2005a: *ICT and Electronic Business in the Publishing & Printing Industry: Key Issues and Case Studies*. <www.attitudeweb.be/doc/resources/studies/ict_electronic_business_publishing_printing_industry.pdf>
- Ernst & Young, 2008: *Auf gutem Kurs. Deutscher Biotechnologie-Report 2008*. <[http://ey.mobi/Publication/vwLUAssets/Deutscher_Biotechnology_Report_2008_-_Auf_gutem_Kurs/\\$FILE/Report_AufgutemKurs2008_final.pdf](http://ey.mobi/Publication/vwLUAssets/Deutscher_Biotechnology_Report_2008_-_Auf_gutem_Kurs/$FILE/Report_AufgutemKurs2008_final.pdf)>
- Fligstein, Neil, 2001: *The Architecture of Markets*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Flowers, Stephen, 2008: Harnessing the Hackers: The Emergence and Exploitation of Outlaw Innovation. In: *Research Policy* 37(2), 177–193.
- Freeman, Christopher, 1991: Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues In: *Research Policy* 20(5), 499–514.
- , 1994: The Economics of Technical Change. In: *Cambridge Journal of Economics* 18(5), 463–514.
- Freeman, Christopher/Carlota Perez, 1988: Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour. In: Giovanni Dosi et al. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, 38–66.
- Garud, Raghu/Peter Karnoe, 2001: Path Creation as a Process of Mindful Deviation. In: Raghu Garud/Peter Karnoe (eds.), *Path Dependence and Creation*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 1–40.
- Garud, Raghu/Preveen R. Nayyar, 1994: Transformative Capacity: Continual Structuring by Intertemporal Technology Transfer. In: *Strategic Management Journal* (15)5, 365–385.
- 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(6–7), 897–920.
- , 2005: *Technological Transitions and System Innovations: A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis*. Cheltenham: Edward Elgar.
- , 2007: Analyzing the Breakthrough of Rock'n'Roll (1930–1970): Multi-Regime Interaction and Reconfiguration in the Multi-Level Perspective. In: *Technological Forecasting & Social Change* 74(8), 1411–1431.
- Geels, Frank W./René Kemp, 2007: Dynamics in Socio-Technical Systems: Typology of Change Processes and Contrasting Case Studies. In: *Technology in Society* 29(4), 441–455.
- Geels, Frank W./Johan Schot, 2007: Typology of Sociotechnical Transition Pathways. In: *Research Policy* 36(3), 399–417.
- Giddens, Anthony, 1984: *The Constitution of Society*. Cambridge: Polity Press.
- Giasecke, Susanne, 2000: The Contrasting Roles of Government in the Development of Bio-Technology Industry in the US and Germany. In: *Research Policy* 29(2), 205–223.
- , 2001: *Von der Forschung zum Markt: Innovationsstrategien und Forschungspolitik in der Biotechnologie*. Berlin: edition sigma.

- Greenwood, Royston/C. R. Hinings, 1996: Understanding Radical Organizational Change: Bringing together the Old and the New Institutionalism. In: *The Academy of Management Review* (21)4, 1022–1054.
- Hage, Jerald, 2006: Institutional Change and Societal Change: The Impact of Knowledge Transformations. In: Jerald Hage/Marius Meeus (eds.), *Innovation, Science, and Institutional Change*. Oxford: Oxford University Press, 465–504.
- Hall, Peter A./Kathleen Thelen, 2009: Institutional Change in Varieties of Capitalism. In: *Socio-Economic Review* 7(1), 7–34.
- Hanekop, Heidemarie/Volker Wittke, 2006: Das wissenschaftliche Journal und seine möglichen Alternativen: Veränderungen der Wissenschaftskommunikation durch das Internet. In: Svenja Hagenhoff (Hg.), *Internetökonomie in der Medienbranche*. Göttingen: Universitätsverlag, 187–219.
- , 2007: Der Einfluss des Internets auf die Rekonfiguration des Systems wissenschaftlichen Publizierens. In: Ulrich Dolata/Raymund Werle (Hg.), *Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Frankfurt a.M.: Campus, 201–220.
- Hannan, Michael T./John Freeman, 1977: The Population Ecology of Organizations. In: *American Journal of Sociology* 83(5), 929–964.
- , 1984: Structural Inertia and Organizational Change. In: *American Sociological Review* 49(2), 149–164.
- Heinze, Thomas, 2006: *Die Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft: Das Beispiel Nanotechnologie*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Heinze, Thomas/Stefan Kuhlmann, 2008: Across Institutional Boundaries? Research Collaboration in German Public Sector Nanoscience. In: *Research Policy* 37(5), 888–899.
- Helper, Susan/John Paul Mac Duffie, 2001: E-Volving the Auto Industry: E-Business Effects on Consumer and Supplier Relationships. In: BRIE-IGCC E-economy Project (ed.), *Tracking a Transformation: E-Commerce and the Terms of Competition in Industries*. Washington, DC: Brookings Institution Press, 178–213.
- Henderson, Rebecca, 2006: The Innovator's Dilemma as a Problem of Organizational Competence. In: *Journal of Product Innovation Management* 23(1), 5–11.
- Henderson, Rebecca/Kim B. Clark, 1990: Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Existing Firms. In: *Administrative Science Quarterly* (35)1, 9–30.
- Henderson, Rebecca/Luigi Orsenigo/Gary P. Pisaano, 1999: The Pharmaceutical Industry and the Revolution in Molecular Biology: Interactions among Scientific, Institutional, and Organizational Change. In: David C. Mowery/Richard R. Nelson (eds.), *Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries*. Cambridge: Cambridge University Press, 267–311.
- Hertwig, Markus, 2008: *Wege der Technikdiffusion: Effizienz und Legitimität bei der Einführung von E-Business in der Automobilzulieferindustrie*. Berlin: edition sigma.
- Hess, Thomas, et al., 2007: *Open Access & Science Publishing: Results of a Study on Researchers' Acceptance and Use of Open Access Publishing*. Management Report 1/2007. München: Ludwig-Maximilians-Universität. <http://openaccess-study.com/Hess_Wigand_Mann_Walter_2007_Open_Access_Management_Report.pdf>
- Hirsch, Paul M./Michael Lounsbury, 1997, Ending the Family Quarrel. Toward a Reconciliation of »Old« and »New« Institutionalisms. In: *American Behavioral Scientist* 40(4), 406–418.

- Hirsch, Paul M./Michael Lounsbury, 1997a: Putting the Organization Back into Organization Theory: Action, Change, and the »New« Institutionalism. In: *Journal of Management Inquiry* 6(1), 79–88.
- Hollingsworth, J. Rogers, 2000: Doing Institutional Analysis: Implications for the Study of Innovations. In: *Review of International Political Economy* 7(4), 595–644.
- , 2002: On Institutional Embeddedness. In: J. Rogers Hollingsworth/Karl H. Müller/ Ellen Jane Hollingsworth (eds.), *Advancing Socio-Economics: An Institutionalist Perspective*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 87–107.
- Hollingsworth, J. Rogers/Wolfgang Streeck, 1994: Countries and Sectors: Concluding Remarks on Performance, Convergence and Competitiveness. In: J. Rogers Hollingsworth et al. (eds.), *Governing Capitalist Economies: Performance and Control of Economic Sectors*. New York: Oxford University Press, 270–300.
- Hughes, Jerald/Karl Reiner Lang, 2003: If I Had a Song: The Culture of Digital Community Networks and Its Impact on the Music Industry. In: *The International Journal on Media Management* (5)3, 180–189.
- Hughes, Thomas P., 1983: *Networks of Power: Electrification in Western Society 1880–1930*. Baltimore: J. Hopkins University Press.
- , 1987: The Evolution of Large Technological Systems. In: Wiebe E. Bijker/Thomas P. Hughes/Trevor J. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, MA: The MIT Press, 51–82.
- Ichbiah, Daniel/Susan L. Knepper, 1991: *The Making of Microsoft*. Rockland, MA: Prima Publishing.
- IFPI (ed.), 2007: *The Recording Industry in Numbers '07*. London: IFPI.
- (ed.), 2008: *IFPI Digital Music Report 2008*. London: IFPI.
- (ed.), 2009: *Digital Music Report 2009*. London: IFPI.
- (ed.), 2011: *IFPI Digital Music Report 2011*. London: IFPI.
- Joerges, Bernward, 1989: Technische Normen – Soziale Normen? In: *Soziale Welt* 40(1/2), 242–258.
- Jürgens, Ulrich, 2003: Industriegovernance und Produktionskonzepte. In: Weert Canzler/Gert Schmidt (Hg.), *Das zweite Jahrhundert des Automobils: Technische Innovationen, ökonomische Dynamik und kulturelle Aspekte*. Berlin: edition sigma, 15–41.
- Jürgens, Ulrich/Heinz-Rudolf Meißner, 2005: *Arbeiten am Auto der Zukunft: Produktinnovationen und Perspektiven der Beschäftigten*. Berlin: edition sigma.
- Kemp, René/Arie Rip/Johan Schot, 2001: Constructing Transition Paths through the Management of Niches. In: Raghu Garud/Peter Karnoe (eds.), *Path Dependence and Creation*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 269–299.
- Kenney, Martin, 1986: *Biotechnology: The University-Industrial Complex*. New Haven, CT: Yale University Press.
- , 2001: Venture Capital. In: Neil J. Smelser/Paul B. Baltes (eds.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, Vol. 24. Amsterdam: Elsevier, 16158–16161.
- Kenney, Martin/James Curry, 2001: The Internet and the Personal Computer Value Chain. In: BRIE-IGCC E-economy Project (ed.), *Tracking a Transformation: E-Commerce and the Terms of Competition in Industries*. Washington, DC: Brookings Institution Press, 151–177.
- Kern, Horst/Michael Schumann, 1970: *Industriearbeit und Arbeiterbewußtsein*. Frankfurt a.M.: Europäische Verlagsanstalt.

- Kieser, Alfred/Michael Woywode, 2006: Evolutionstheoretische Ansätze. In: Alfred Kieser/Mark Ebers (Hg.), *Organisationstheorien*. Stuttgart: Kohlhammer, 309–352.
- King, Roger, 2007: *The Regulatory State in an Age of Governance: Soft Words and Big Sticks*. Basingstoke, UK: Palgrave MacMillan.
- Kitschelt, Herbert, 1991: Industrial Governance Structures, Innovation Strategies, and the Case of Japan: Sectoral or Cross-National Comparative Analysis? In: *International Organization* 45(4), 453–493.
- Knorr Cetina, Karin/Urs Bruegger, 2002: Global Microstructures: The Virtual Societies of Financial Markets. In: *American Journal of Sociology* 107(4), 905–950.
- Krasner, Stephen D., 1988: Sovereignty: An Institutional Perspective. In: *Comparative Political Studies* 21(1), 66–94.
- Küng, Lucy/Robert G. Picard/Ruth Towse (eds.), 2008: *The Internet and the Mass Media*. London: Sage.
- Lam, Alice, 2005: Organizational Innovation. In: Jan Fagerberg/David C. Mowery/Richard R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 115–147.
- Langlois, Richard/Paul Robertson, 1992: Networks and Innovation in a Modular System: Lessons from the Microcomputer and Stereo Component Industries. In: *Research Policy* 21(4), 297–313.
- Langlois, Richard/W. Edward Steinmueller, 1999: The Evolution of Competitive Advantage in the Worldwide Semiconductor Industry, 1947–1996. In: David C. Mowery/Richard R. Nelson (eds.), *Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries*. Cambridge: Cambridge University Press, 19–78.
- Larédo, Philippe/Philippe Mustar (eds.), 2001: *Research and Innovation Policies in the New Global Economy: An International Comparative Analysis*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Latour, Bruno, 1995: Mixing Humans and Nonhumans Together: The Sociology of a Door-Closer. In: Susan Leigh Star (ed.), *Ecologies of Knowledge: Work and Politics in Science and Technology*. New York: State University of New York Press, 257–277.
- , 2005: *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford: University Press.
- Leblebici, Huseyin, et al., 1991: Institutional Change and the Transformation of Interorganizational Fields: An Organizational History of the U.S. Radio Broadcasting Industry. In: *Administrative Science Quarterly* (36)3, 333–363.
- Lente, Harro van/Arie Rip, 1998: The Rise of Membrane Technology: From Rhetorics to Social Reality. In: *Social Studies of Science* 28, 221–254.
- Lessig, Lawrence, 1999: *CODE and Other Laws of Cyberspace*. New York: Basic Books.
- Levinthal, Daniel A., 1998: The Slow Pace of Rapid Technological Change: Gradualism and Punctuation in Technological Change. In: *Industrial and Corporate Change* 7(2), 217–247.
- Leyshon, Andrew, et al., 2005: On the Reproduction of the Musical Economy after the Internet. In: *Media, Culture & Society* 27(2), 177–209.
- Linde, Hans, 1972: *Sachdominanz in Sozialstrukturen*. Tübingen: J. C. B. Mohr.
- Lüthje, Boy, 2007: »Making Moore's Law Affordable«: Modularisierung und vertikale Reintegration in der Chipentwicklung. In: Ulrich Dolata/Raymund Werle (Hg.), *Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Frankfurt a.M.: Campus, 179–199.

- Lynn, Leonard H./N. Mohan Reddy/John D. Aram, 1996: Linking Technology and Institutions: The Innovation Community Framework. In: *Research Policy* 25(1), 91–106.
- Mahoney, James, 2000: Path Dependence in Historical Sociology. In: *Theory and Society* 29(4), 507–548.
- Mahoney, James/Kathleen Thelen, 2010: A Theory of Gradual Institutional Change. In: James Mahoney/Kathleen Thelen (eds.), *Explaining Institutional Change: Ambiguity, Agency, and Power*. Cambridge: Cambridge University Press, 1–37.
- Malerba, Franco (ed.), 2004: *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Malerba, Franco, 2002: Sectoral Systems of Innovation and Production. In: *Research Policy* 31(2), 247–264.
- , 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* 14(1–2), 63–82.
- Mann, Florian, et al., 2009: Open Access Publishing in Science: Why It Is Highly Appreciated But Rarely Used. In: *Communications of the ACM* 52(3), 135–139.
- Matthes, Felix Chr./Sabine Poetsch/Katherina Grashoff, 2005: *Power Generation Market Concentration in Europa 1996–2004: An Empirical Analysis*. Berlin: Öko-Institut.
- Mautz, Rüdiger, 2007: The Expansion of Renewable Energies in Germany between Niche Dynamics and System Integration – Opportunities and Restraints. In: *Science, Technology & Innovation Studies* 3(2), 113–131.
- , 2008: *Soziale Dynamik der Energiewende in der Stromversorgung: Weder Bruch noch Pfadkontinuität*. Konferenzbeitrag. 34. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Soziologie, Jena, 8. Oktober 2008.
- Mautz, Rüdiger/Andreas Byzio/Wolf Rosenbaum, 2008: *Auf dem Weg zur Energiewende: Die Entwicklung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Deutschland*. Göttingen: Universitätsverlag Göttingen.
- Mayntz, Renate, 1993: Große technische Systeme und ihre gesellschaftstheoretische Bedeutung. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 45(1), 97–108.
- , 2002: Zur Theoriefähigkeit makro-sozialer Analysen. In: Renate Mayntz (Hg.), *Akteure – Mechanismen – Modelle: Zur Theoriefähigkeit makro-sozialer Analysen*. Frankfurt a.M.: Campus, 7–43.
- , 2009: The Changing Governance of Large Technical Infrastructure Systems. In: Renate Mayntz, *Über Governance: Institutionen und Prozesse politischer Regulierung*. Frankfurt a.M.: Campus, 121–150.
- Mayntz, Renate/Thomas P. Hughes (Hg.), 1988: *The Development of Large Technological Systems*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Mayntz, Renate/Fritz W. Scharpf, 1995: Der Ansatz des akteurzentrierten Institutionalismus. In: Renate Mayntz/Fritz W. Scharpf (Hg.), *Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung*. Frankfurt a.M.: Campus, 39–72.
- Mellahi, Kamel/Adrian Wilkinson, 2004: Organizational Failure: A Critique of Recent Research and a Proposed Integrative Framework. In: *International Journal of Management Reviews* 5–6(1), 21–41.

- Meyer, Uli/Cornelius Schubert, 2005: *Die Konstitution technologischer Pfade: Überlegungen jenseits der Dichotomie von Pfadabhängigkeit und Pfadkreation*. Technical University Technology Studies Working Paper 6-2005. Berlin: Berlin Institute of Technology.
- Mokyr, Joel, 2002: Innovation in an Historical Perspective: Tales of Technology and Evolution. In: Benn Steil/David G. Victor/Richard R. Nelson (eds.), *Technological Innovation and Economic Performance*. Princeton: Princeton University Press, 23–46.
- Mowery, David C./Richard R. Nelson (eds.), 1999: *Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mowery, David C./Nathan Rosenberg, 1993: The U.S. National Innovation System. In: Richard R. Nelson (ed.), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. New York: Oxford University Press, 29–75.
- Mühge, Gernot, 2005: E-Business und der organisatorische Wandel in der Automobilzulieferindustrie: Gibt es einen empirischen Zusammenhang? In: Ludger Pries/Markus Hertwig (Hg.), *Deutsche Autoproduktion im globalen Wandel: Altindustrie im Rückwärtsgang oder Hightech-Branche mit Zukunft?* Berlin: edition sigma, 167–185.
- Mühge, Gernot/Markus Hertwig/Hellen Teckenberg, 2004: More Competition, More Cooperation: E-Business and Transition of the Automobile Supply Industry. In: *International Journal of Automotive Technology and Management* 4(4), 308–323.
- North, Douglass C., 1990: *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- , 1991: Institutions. In: *Journal of Economic Perspectives* 5(1), 97–112.
- O'Mahoney, Siobhán/Beth A. Bechky, 2008: Boundary Organizations: Enabling Collaboration among Unexpected Allies. In: *Administrative Science Quarterly* (53)3, Special Issue: Social Movements in Organizations and Markets, 422–459.
- OECD, 2010: *The Evolution of News and the Internet*.
<www.oecd.org/dataoecd/30/24/45559596.pdf>
- Orsenigo, Luigi, 1989: *The Emergence of Biotechnology: Institutions and Markets in Industrial Innovation*. London: Pinter.
- Ortmann, Günther, 1992: Macht, Spiel, Konsens. In: Willi Küpper/Günther Ortmann (Hg.), *Mikropolitik: Rationalität, Macht und Spiele in Organisationen*. Opladen: Westdeutscher Verlag, 13–26.
- , 1995: *Formen der Produktion: Organisation und Rekursivität*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- , 2003: *Regel und Ausnahme: Paradoxien sozialer Ordnung*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- , 2009: *Management in der Hypermoderne: Kontingenz und Entscheidung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Oudshoorn, Nelly/Trevor Pinch (eds.), 2003: *How Users Matter: The Co-Construction of Users and Technology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Peitz, Martin/Patrick Waelbroek, 2006: Digital Music. In: Gerhard Illing/Martin Peitz (eds.), *Industrial Organization and the Digital Economy*. Cambridge, MA: MIT Press, 71–144.
- Pempel, T. J., 1998: *Regime Shift: Comparative Dynamics of the Japanese Political Economy*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Perez, Carlota, 2002: *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Perrow, Charles, 1984: *Normal Accidents, Living with High-Risk Technologies*. New York: Basic Books.

- Perrow, Charles, 1986: *Complex Organizations: A Critical Essay*. Third edition. New York: McGraw-Hill.
- , 1989: Eine Gesellschaft von Organisationen. In: *Journal für Sozialforschung* 29(1), 3–19.
- Pierson, Paul, 2000: Nut Just What, but When: Timing and Sequence in Political Processes. In: *Studies in American Political Development* 14(1), 72–92.
- Pisano, Gary P., 2002: Pharmaceutical Biotechnology. In: Ben Steil/David G. Victor/Richard R. Nelson (eds.), *Technological Innovation and Economic Performance*. Princeton: Princeton University Press, 347–366.
- Popitz, Heinrich, 1992: *Der Aufbruch zur artifiziellen Gesellschaft: Zur Anthropologie der Technik*. Tübingen: J. C. B. Mohr.
- Powell, Walter W./Paul J. DiMaggio (eds.), 1991: *The New Institutionalism in Organizational Analysis*. Chicago: University of Chicago Press.
- Powell, Walter W./Stine Grodal, 2005: Networks of Innovators. In: Jan Fagerberg/David C. Mowery/Richard R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 56–85.
- 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* 41(1), 116–145.
- Praetorius, Barbara, et al., 2008: *Innovation for Sustainable Electricity Systems: Exploring the Dynamics of Energy Transitions*. Dordrecht, NL: Springer.
- Prevezer, Martha, 2003: The Development of Biotechnology Clusters in the USA from the Late 1970s to the Early 1990s. In: Gerhard Fuchs (ed.), *Biotechnology in Comparative Perspective*. London: Routledge, 33–55.
- Priddat, Birger P., 2009: *Politik unter Einfluss: Netzwerke, Öffentlichkeiten, Beratungen, Lobby*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Pries, Ludger, 2005: Renaissance oder Agonie der deutschen und europäischen Automobilindustrie? In: Ludger Pries/Markus Hertwig (Hg.), *Deutsche Autoproduktion im globalen Wandel: Altindustrie im Rückwärtsgang oder Hightech-Branche mit Zukunft?* Berlin: edition sigma, 15–37.
- Quack, Sigrid, 2005: Zum Werden und Vergehen von Institutionen – Vorschläge für eine dynamische Governanceanalyse. In: Gunnar Folke Schuppert (Hg.), *Governance-Forschung: Vergewisserung über Stand und Entwicklungslinien*. Baden-Baden: Nomos, 346–370.
- Rammert, Werner, 2003: Technik in Aktion: Verteiltes Handeln in soziotechnischen Konstellationen. In: Thomas Christaller/Josef Wehner (Hg.), *Autonome Maschinen*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 289–315.
- , 2007: *Technik – Handeln – Wissen*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- 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 (Hg.), *Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik*. Frankfurt a.M.: Campus, 11–64.
- RIAA, 2010: *2009 Year-End Shipment Statistics*. New York: RIAA.
- Riehm, Ulrich, et al., 2003: *E-Commerce in Deutschland: Eine kritische Bestandsaufnahme zum elektronischen Handel*. Berlin: edition sigma.
- Rip, Arie/René Kemp, 1998: Technological Change. In: Steve Rayner/Elizabeth L. Malone (eds.), *Human Choice and Climate Change*, Vol. 2: *Resources and Technology*. Columbus, OH: Battelle Press, 328–399.

- Rodriguez, Tina/Michael von Rothkirch/Oliver Heinz (Hg.), 2007: *www.musikverkaufen.de. Die digitale Musikwirtschaft*. München: Musikmarkt Verlag.
- Rohracher, Harald, 2007: Die Wechselwirkung technischen und institutionellen Wandels in der Transformation von Energiesystemen. In: Ulrich Dolata/Raymund Werle (Hg.), *Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Frankfurt a.M.: Campus, 133–151.
- Roijakkers, Nadine/John Hagedoorn, 2006: Inter-Firm Partnering in Pharmaceutical Biotechnology since 1975: Trends, Patterns, and Networks. In: *Research Policy* 35(3), 431–446.
- Ropohl, Günter, 1996: *Ethik und Technikbewertung*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp
- Scharpf, Fritz W., 2000: *Akteurzentrierter Institutionalismus in der Politikforschung*. Opladen: Leske + Budrich.
- Scheneck, Matthias, 1995: *Das Gentechnikrecht der Europäischen Gemeinschaft: Gemeinschaftliche Biotechnologiepolitik und Gentechnikregulierung*. Berlin: Duncker & Humblot.
- Schmidt, Susanne K./Raymund Werle, 1998: *Coordinating Technology: Studies in the International Standardization of Telecommunications*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Schmoch, Ulrich, 2003: *Hochschulforschung und Industrieforschung: Perspektiven der Interaktion*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Schneider, Volker, 2001: *Die Transformation der Telekommunikation: Vom Staatsmonopol zum globalen Markt (1800–2000)*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Schneider, Volker/Renate Mayntz, 1995: Akteurzentrierter Institutionalismus in der Technikforschung: Fragestellungen und Erklärungsansätze. In: Jost Halfmann/Gotthard Bechmann/Werner Rammert (Hg.), *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 8: Theoriebausteine der Techniksoziologie*. Frankfurt a.M.: Campus, 107–130.
- Schrape, Jan-Felix, 2010: *Neue Demokratie im Netz? Eine Kritik an den Visionen der Informationsgesellschaft*. Bielefeld: Transcript.
- , 2011: *Der Wandel des Buchhandels durch Digitalisierung und Internet*. SOI Discussion Paper 2011-01. Stuttgart: Stuttgarter Beiträge zur Organisations- und Innovationsforschung.
- Schulz-Schaeffer, Ingo, et al., 2006: Introduction: What Comes after Constructivism in Science and Technology Studies? In: *Science, Technology & Innovation Studies. Special Issue 1/2006*, 1–9.
- Scott, W. Richard, 2001: *Institutions and Organizations*. London: Sage.
- Scott, W. Richard/John W. Meyer, 1991: The Organization of Societal Sectors: Propositions and Early Evidence. In: Walter W. Powell/Paul J. DiMaggio (eds.), *The New Institutionalism in Organizational Analysis*. Chicago: University of Chicago Press, 108–140.
- Smith, Adrian/Andy Stirling/Frans Berkhout, 2005: The Governance of Sustainable Socio-Technical Transitions. In: *Research Policy* 34(10), 1491–1510.
- Smith, George D., 1985: *The Anatomy of Business Strategy: Bell, Western Electric, and the Origins of the American Telephone Industry*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Stobbe, Antje/Tobias Just, 2006: *IT, Telekom & Neue Medien: Am Beginn der technologischen Konvergenz*. Deutsche Bank Research E-economics 56. Frankfurt a.M.: Deutsche Bank Research.
- Streeck, Wolfgang, 2009: *Re-Forming Capitalism: Institutional Change in the German Political Economy*. Oxford: Oxford University Press.
- Streeck, Wolfgang/Kathleen Thelen, 2005: Introduction: Institutional Change in Advanced Political Economies. In: Wolfgang Streeck/Kathleen Thelen (eds.), *Beyond Continuity: Institutional Change in Advanced Political Economies*. Oxford: Oxford University Press, 1–39.

- Sydow, Jörg/Georg Schreyögg/Jochen Koch, 2005: *Organizational Paths: Path Dependency and Beyond*. Konferenzbeitrag, 21st EGOS Colloquium, Berlin, 30. Juni–2. Juli 2005.
- Thelen, Kathleen, 2003: How Institutions Evolve: Insights From Comparative Historical Analysis. In: James Mahoney/Dietrich Rueschemeyer (eds.), *Comparative Historical Analysis in the Social Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 208–240.
- Thomas, Steve, 2006: The Grin of the Cheshire Cat. In: *Energy Policy* 34(15), 1974–1983.
- Tschmuck, Peter, 2006: *Creativity and Innovation in the Music Industry*. Dordrecht, NL: Springer.
- Utterback, James M., 1996: *Mastering the Dynamics of Innovation*. Boston: Harvard Business School.
- Voß, Jan-Peter/Dierk Bauknecht, 2007: Der Einfluss von Technik auf Governance-Innovationen: Regulierung zur gemeinsamen Netznutzung in Infrastruktursystemen. In: Ulrich Dolata/Raymund Werle (Hg.), *Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Frankfurt a.M.: Campus, 109–131.
- Waarden, Frans van/Herman Oosterwijk, 2006: Turning Tracks? Path Dependency, Technological Paradigm Shifts, and Organizational and Institutional Change. In: Jerald Hage/Marius Meeus (eds.), *Innovation, Science, and Institutional Change*. Oxford: Oxford University Press, 443–463.
- Walgenbach, Peter, 2006: Neoinstitutionalistische Ansätze in der Organisationstheorie. In: Alfred Kieser/Mark Ebers (Hg.), *Organisationstheorien*. Stuttgart: Kohlhammer, 353–401.
- Walgenbach, Peter/Renate R. Meyer, 2008: *Neoinstitutionalistische Organisationstheorie*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Werle, Raymund, 1990: *Telekommunikation in der Bundesrepublik: Expansion, Differenzierung, Transformation*. Frankfurt a.M.: Campus.
- , 2001: Liberalisierung und politische Techniksteuerung. In: Georg Simonis/Renate Martinen/Thomas Saretzki (Hg.), *Politik und Technik: Analysen zum Verhältnis von technologischem, politischem und staatlichem Wandel am Anfang des 21. Jahrhunderts*. Politische Vierteljahresschrift, Sonderheft 31. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 407–424.
- , 2002: Technik als Akteurfiktion. In: Werner Rammert/Ingo Schulz-Schaeffer (Hg.), *Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik*. Frankfurt a.M.: Campus, 119–139.
- , 2005: Institutionelle Analyse technischer Innovation. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 57(2), 308–332.
- , 2007: Pfadabhängigkeit. In: Arthur Benz/Susanne Lütz/Uwe Schimank (Hg.), *Handbuch Governance: Theoretische Grundlagen und empirische Anwendungsfelder*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 119–131.
- Weyer, Johannes, 2005: Staatliche Förderung von Großtechnikprojekten: Ein dysfunktionaler Anachronismus im Zeitalter der Globalisierung? In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 14(1), 18–25.
- Winner, Langdon, 1985: Do Artifacts Have Politics? In: Donald MacKenzie/Judy Wajcman (Hg.), *The Social Shaping of Technology*. Milton Keynes, UK: Open University Press, 26–38.
- Wullweber, Joscha, 2010: *Hegemonie, Diskurs und Politische Ökonomie: Das Nanotechnologie-Projekt*. Baden-Baden: Nomos.

- Renate Mayntz, Bernd Rosewitz,
Uwe Schimank, Rudolf Stichweh
**Differenzierung und
Verselbständigung**
Zur Entwicklung gesellschaftlicher
Teilsysteme
1988. 329 Seiten
- Renate Mayntz, Thomas P. Hughes (Eds.)
**The Development of Large
Technical Systems***
1988. 299 Seiten
(copublished with Westview Press)
- Clemens Schumacher-Wolf
**Informationstechnik, Innovation
und Verwaltung**
Soziale Bedingungen der Einführung
moderner Informationstechniken
1988. 339 Seiten
- Volker Schneider
**Technikentwicklung zwischen
Politik und Markt**
Der Fall Bildschirmtext
1989. 293 Seiten
- Bernd Rosewitz, Douglas Webber
**Reformversuche und Reform-
blockaden im deutschen
Gesundheitswesen**
1990. 349 Seiten
- Raymund Werle
**Telekommunikation in der
Bundesrepublik**
Expansion, Differenzierung,
Transformation
1990. 409 Seiten
- Hans-Willy Hohn, Uwe Schimank
**Konflikte und Gleichgewichte im
Forschungssystem**
Akteurkonstellationen und Entwick-
lungspfade in der staatlich finanzierten
außeruniversitären Forschung
1990. 444 Seiten
- Bernd Marin, Renate Mayntz (Eds.)
Policy Networks
Empirical Evidence and
Theoretical Considerations
1991. 331 Seiten
(copublished with Westview Press)
- Jens Alber, Brigitte Bernardi-Schenkluhn
**Westeuropäische Gesundheits-
systeme im Vergleich**
Bundesrepublik Deutschland, Schweiz,
Frankreich, Italien, Großbritannien
1992. 700 Seiten
- Arthur Benz, Fritz W. Scharpf,
Reinhard Zintl
Horizontale Politikverflechtung
Zur Theorie von Verhandlungssystemen
1992. 205 Seiten
- Fritz W. Scharpf (Ed.)
**Games in Hierarchies and
Networks**
Analytical and Empirical Approaches
to the Study of Governance
Institutions
1993. 448 Seiten
(copublished with Westview Press)
- Andreas Stucke
**Institutionalisierung der
Forschungspolitik**
Entstehung, Entwicklung
und Steuerungsprobleme des
Bundesforschungsministeriums
1993. 297 Seiten
- Susanne Lütz
**Steuerung industrieller
Forschungskooperation**
Funktionsweise und Erfolgs-
bedingungen des staatlichen Förder-
instrumentes Verbundforschung
1993. 251 Seiten

- Uwe Schimank, Andreas Stucke (Eds.)
Coping with Trouble
How Science Reacts to Political Disturbances of Research Conditions
1994. 401 Seiten
(copublished with St. Martin's Press)
- Edgar Grande, Jürgen Häusler
Industrieforschung und Forschungspolitik
Staatliche Steuerungspotentiale in der Informationstechnik
1994. 566 Seiten
- Philip Manow
Gesundheitspolitik im Einigungsprozeß
1994. 195 Seiten
- Katrin Behaghel
Kostendämpfung und ärztliche Interessenvertretung
Ein Verbandssystem unter Streß
1994. 326 Seiten
- Renate Mayntz (unter Mitarbeit von Hans-Georg Wolf)
Deutsche Forschung im Einigungsprozeß
Die Transformation der Akademie der Wissenschaften der DDR
1989 bis 1992
1994. 301 Seiten
- Renate Mayntz (Hg.)
Aufbruch und Reform von oben
Ostdeutsche Universitäten im Transformationsprozeß
1994. 312 Seiten
- Frank Thomas
Telefonieren in Deutschland
Organisatorische, technische und räumliche Entwicklung eines großtechnischen Systems
1995. 415 Seiten
- Uwe Schimank
Hochschulforschung im Schatten der Lehre
1995. 357 Seiten
- Philipp Genschel
Standards in der Informationstechnik
Institutioneller Wandel in der internationalen Standardisierung
1995. 237 Seiten
- Renate Mayntz, Fritz W. Scharpf (Hg.)
Gesellschaftliche Selbstregelung und politische Steuerung*
1995. 368 Seiten
- Helmut Voelzkow
Private Regierungen in der Techniksteuerung
Eine sozialwissenschaftliche Analyse der technischen Normung
1996. 380 Seiten
- Jochen Gläser, Werner Meske
Anwendungsorientierung von Grundlagenforschung?*
Erfahrungen der Akademie der Wissenschaften der DDR
1996. 424 Seiten
- Gerhard Krauss
Forschung im unitarischen Staat
Abhängigkeit und Autonomie der staatlich finanzierten Forschung in Frankreich
1996. 239 Seiten
- Hans-Georg Wolf
Organisationsschicksale im deutschen Vereinigungsprozeß*
Die Entwicklungswege der Institute der Akademie der Wissenschaften der DDR
1996. 375 Seiten
- Dietmar Braun
Die politische Steuerung der Wissenschaft
Ein Beitrag zum »kooperativen Staat«
1997. 450 Seiten

- Renate Mayntz
Soziale Dynamik und politische Steuerung*
Theoretische und methodologische Überlegungen
1997. 342 Seiten
- Marian Döhler
Die Regulierung von Professionsgrenzen*
Struktur und Entwicklungsdynamik von Gesundheitsberufen im internationalen Vergleich
1997. 248 Seiten
- Jürgen Wasem
Vom staatlichen zum kassenärztlichen System*
Eine Untersuchung des Transformationsprozesses der ambulanten ärztlichen Versorgung in Ostdeutschland
1997. 333 Seiten
- Roland Czada, Gerhard Lehmruch (Hg.)
Transformationspfade in Ostdeutschland*
Beiträge zur sektoralen Vereinigungspolitik
1998. 421 Seiten
- Jelle Visser, Anton Hemerijck
Ein holländisches Wunder?*
Reform des Sozialstaates und Beschäftigungswachstum in den Niederlanden
1998. 272 Seiten
- Susanne K. Schmidt
Liberalisierung in Europa*
Die Rolle der Europäischen Kommission
1998. 403 Seiten
- Tobias Robischon
Telekommunikationspolitik im deutschen Einigungsprozeß
Steuerung und Eigendynamik sektoraler Transformation
1998. 254 Seiten
- Hans-Willy Hohn
Kognitive Strukturen und Steuerungsprobleme der Forschung*
Kernphysik und Informatik im Vergleich
1998. 354 Seiten
- Wolfgang Streeck (Hg.)
Internationale Wirtschaft, nationale Demokratie*
Herausforderungen für die Demokratietheorie
1998. 209 Seiten
- Reiner Grundmann
Transnationale Umweltpolitik zum Schutz der Ozonschicht*
USA und Deutschland im Vergleich
1999. 402 Seiten
- Fritz W. Scharpf
Regieren in Europa*
Effektiv und demokratisch?
1999. 201 Seiten
- Jens Altemeier
Föderale Finanzbeziehungen unter Anpassungsdruck*
Die Regelung vereinigungsbedingter Verteilungskonflikte in der Verhandlungsdemokratie
1999. 279 Seiten
- Raymund Werle, Uwe Schimank (Hg.)
Gesellschaftliche Komplexität und kollektive Handlungsfähigkeit*
2000. 319 Seiten
- Werner Eichhorst
Europäische Sozialpolitik zwischen nationaler Autonomie und Marktfreiheit*
Die Entsendung von Arbeitnehmern in der EU
2000. 333 Seiten

- Volker Schneider
Die Transformation der Telekommunikation*
Vom Staatsmonopol zum globalen Markt (1800–2000)
2001. 344 Seiten
- Renate Mayntz (Hg.)
Akteure – Mechanismen – Modelle*
Zur Theoriefähigkeit makro-sozialer Analysen
2002. 236 Seiten
- Susanne Lütz
Der Staat und die Globalisierung von Finanzmärkten*
Regulative Politik in Deutschland, Großbritannien und den USA
2002. 354 Seiten
- Philipp Genschel
Steuerwettbewerb und Steuerharmonisierung in der Europäischen Union*
2002. 313 Seiten
- Renate Mayntz, Wolfgang Streeck (Hg.)
Die Reformierbarkeit der Demokratie*
Innovationen und Blockaden
2003. 367 Seiten
- Martin Höpner
Wer beherrscht die Unternehmen?*
Shareholder Value, Managerherrschaft und Mitbestimmung in Deutschland
2003. 265 Seiten
- Wolfgang Streeck, Martin Höpner (Hg.)
Alle Macht dem Markt?*
Fallstudien zur Abwicklung der Deutschland AG
2003. 289 Seiten
- Britta Rehder
Betriebliche Bündnisse für Arbeit in Deutschland*
Mitbestimmung und Flächentarif im Wandel
2003. 296 Seiten
- Henrik Enderlein
Nationale Wirtschaftspolitik in der europäischen Währungsunion*
2004. 228 Seiten
- Steffen Ganghof
Wer regiert in der Steuerpolitik?*
Einkommensteuerreform in Deutschland zwischen internationalem Wettbewerb und nationalen Verteilungskonflikten
2004. 195 Seiten
- Oliver Treib
Die Bedeutung der nationalen Parteipolitik für die Umsetzung europäischer Sozialrichtlinien*
2004. 298 Seiten
- Miriam Hartlapp
Die Kontrolle der nationalen Rechtsdurchsetzung durch die Europäische Kommission*
2005. 254 Seiten
- Steffen Ganghof, Philip Manow (Hg.)
Mechanismen der Politik
Strategische Interaktion im deutschen Regierungssystem
2005. 277 Seiten
- Simone Leiber
Europäische Sozialpolitik und nationale Sozialpartnerschaft*
2005. 281 Seiten
- Lothar Krempel
Visualisierung komplexer Strukturen
Grundlagen der Darstellung mehrdimensionaler Netzwerke
2005. 216 Seiten
- Armin Schäfer
Die neue Unverbindlichkeit*
Wirtschaftspolitische Koordinierung in Europa
2005. 259 Seiten

- Jürgen Beyer
Pfadabhängigkeit*
Über institutionelle Kontinuität,
anfällige Stabilität und fundamentalen
Wandel
2006. 291 Seiten
- Jens Beckert, Bernhard Ebbinghaus,
Anke Hassel, Philip Manow (Hg.)
Transformationen des Kapitalismus
Festschrift für Wolfgang Streeck zum
sechzigsten Geburtstag
2006. 465 Seiten
- Ulrich Dolata, Raymund Werle (Hg.)
**Gesellschaft und die Macht
der Technik**
Sozioökonomischer und institutioneller
Wandel durch Technisierung
2007. 312 Seiten
- Simone Burkhart
Blockierte Politik
Ursachen und Folgen von »Divided
Government« in Deutschland
2008. 223 Seiten
- Martin Höpner, Armin Schäfer (Hg.)
**Die Politische Ökonomie der
europäischen Integration**
2008. 451 Seiten
- Renate Mayntz
Über Governance
Institutionen und Prozesse politischer
Regelung
2009. 171 Seiten
- Renate Mayntz
Sozialwissenschaftliches Erklären
Probleme der Theoriebildung
und Methodologie
2009. 182 Seiten
- Fritz W. Scharpf
Föderalismusreform
Kein Ausweg aus der
Politikverflechtungsfalle?
2009. 174 Seiten
- Marius R. Busemeyer
Wandel trotz Reformstau
Die Politik der beruflichen Bildung
seit 1970
2009. 252 Seiten
- Christine Trampusch
Der erschöpfte Sozialstaat
Transformation eines Politikfeldes
2009. 268 Seiten
- Saskia Freye
Führungswechsel
Die Wirtschaftselite und das Ende der
Deutschland AG
2009. 227 Seiten
- Fritz W. Scharpf
Community and Autonomy
Institutions, Policies and Legitimacy in
Multilevel Europe
2010. 391 Seiten
- Birgit Apatzsch
**Flexible Beschäftigung, neue
Abhängigkeiten**
Projektarbeitsmärkte und ihre
Auswirkungen auf Lebensverläufe
2010. 256 Seiten
- Sascha Münnich
Interessen und Ideen
Die Entstehung der Arbeitslosen-
versicherung in Deutschland und
den USA
2010. 436 Seiten
- Philipp Klages
**Wirtschaftliche Interessen und
juristische Ideen**
Die Entwicklung des Aktienrechts in
Deutschland und den USA
2010. 216 Seiten
- Mark Lutter
Märkte für Träume
Die Soziologie des Lottospiels
2010. 296 Seiten
- * = Titel steht im Internet zum
Download (pdf) zur Verfügung:
www.mpifg.de/pu/mpifg_books.asp