



Sektoraler Wandel durch Technik

Ulrich Dolata

Inhalt

1	Einleitung	201
2	Stand der Forschung: Periods of mismatch, selection pressures, adaptive capacities	203
3	Weiterentwicklungen: Eingriffstiefe Technik und sektorale Adaptionsfähigkeit	207
4	Schluss: Sektoraler Wandel als graduelle Transformation	213
	Literatur	215

Zusammenfassung

Der Aufsatz geht der Frage nach, wie sich Wirtschaftssektoren unter dem Eindruck grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten, die dort ein enormes Entwicklungs- und Einsatzpotenzial haben, verändern und wie sich ein solcher sektoraler Wandel durch Technik analysieren lässt. Dazu werden zunächst ausgewählte Zugänge zum Thema und anschließend forschungspragmatische Überlegungen zur Untersuchung technikgeprägten sektoralen Wandels vorgestellt.

Schlüsselwörter

Wirtschaftssektoren · Soziotechnischer Wandel · Technologische Eingriffstiefe · Adaptionsfähigkeit · Graduelle Transformation

1 Einleitung

Im Zentrum der sozialwissenschaftlichen Innovationsforschung steht die Untersuchung der Entstehungszusammenhänge, Verbreitung und Etablierung von technologischen, in jüngster Zeit auch von im weiteren Sinne sozialen Innovationen. Betrachtet

U. Dolata (✉)

Institut für Sozialwissenschaften, Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

E-Mail: ulrich.dolata@sowi.uni-stuttgart.de

werden dabei insbesondere die verschiedenen Akteure, Interaktionsbeziehungen und sozialen Praktiken, in denen Innovationen hervorgebracht und gehärtet werden, die strukturellen beziehungsweise institutionellen Rahmenbedingungen, nationalen, regionalen oder sektoralen Kontexte, die Innovationsdynamiken fördern oder behindern, die Regulation von Innovationsprozessen etwa in Organisationen und Netzwerken oder durch die Politik sowie die Abschätzung ihrer potenziellen Folgen (Windeler 2016; Rammert 2010; Lüdtke 2016). Demgegenüber geht dieser Aufsatz der Frage nach, wie sich Prozesse sozioökonomischen Wandels vollziehen, die ganz wesentlich durch neue Technologien beziehungsweise weiter gefasste Technologiecluster angestoßen und von ihnen getragen werden. Konkreter: Wie sich Wirtschaftssektoren, also größere soziotechnische Felder, unter dem Eindruck grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten verändern und wie sich ein solcher sektoraler Wandel durch Technik analysieren lässt.

An Beispielen dafür mangelt es nicht: Die Gentechnik etwa hat seit Mitte der 1970er-Jahre nicht nur das technologische Profil und die Wissensbasis des Pharmasektors substanziell erweitert. Sie hat auch die Pharmaprodukte und -märkte verändert, signifikante Neuausrichtungen der etablierten Unternehmen angestoßen, den Aufbau systematischer Kooperationsbeziehungen zwischen Pharmakonzernen, Start-up-Firmen und Forschungseinrichtungen notwendig gemacht und zu substanziellen Veränderungen der regulativen Rahmenbedingungen des Sektors geführt (Henderson et al. 1999). Ähnliches lässt sich in jüngerer Zeit für die sozioökonomischen Wirkungen von Digitalisierung, Datenkomprimierung und Internet konstatieren. Dazu zählen beispielsweise radikale technikinduzierte Umbrüche in verschiedenen Mediensektoren (Küng et al. 2008; Dolata und Schrape 2013), Veränderungen des Sektors für (mobile) Kommunikationsgeräte durch die Entwicklung von Handys und Smartphones (Giachetti und Marchi 2017) oder der durch die Digitalisierung angestoßene Wandel in den Produktions- und Produktstrukturen der Automobilindustrie und anderer klassischer Industriesektoren, der unter den Stichworten Industrie 4.0 oder Smart Industry diskutiert wird (Athanasopolou et al. 2016).

Die folgenden Ausführungen nehmen damit einen Perspektivwechsel vor, der in der deutschen techniksoziologischen Diskussion in der ersten Hälfte der 2000er-Jahre von Raymund Werle (2005, 2012) angeregt worden ist. Pointiert formuliert: Nicht die Entstehungs- und Verbreitungskontexte, sondern die sozioökonomischen Wirkungen technologischer Innovationen stehen hier im Zentrum der Aufmerksamkeit und Argumentation. Dazu werden zunächst ausgewählte Zugänge zum Thema vorgestellt und daran anschließend forschungspragmatische Überlegungen zur Analyse technikgeprägten sektoralen Wandels angestellt, die ich seit Ende der 2000er-Jahre entwickelt habe. Dabei interessieren vor allem die Wirkungen sektoral besonders eingriffstiefer Technologiefelder, die dort ein enormes Entwicklungs- und Einsatzpotenzial haben, das sich allerdings nur über größere sozioökonomische beziehungsweise soziotechnische Veränderungen im Sektor realisieren lässt.

2 Stand der Forschung: Periods of mismatch, selection pressures, adaptive capacities

Auf den allgemeinen Zusammenhang von einschneidenden technologischen Innovationen und damit einhergehenden sozialen beziehungsweise sozioökonomischen Anpassungsprozessen hat bereits Heinrich Popitz hingewiesen:

„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“ (Popitz 1992, S. 39–40).

Das, was Popitz gesellschaftliche Korrelate genannt hat, hat Herbert Kitschelt mit Blick auf Wirtschaftssektoren als *match* bezeichnet. Er hat damit betont, dass sich Wirtschaftssektoren grundsätzlich durch eine Kompatibilität zwischen den Eigenheiten der vorhandenen Technologien und ihren sozioökonomischen Strukturen beziehungsweise Institutionen auszeichnen müssen, wenn sie funktionieren sollen. „Industrial sectors, identified by core technologies, efficiently operate only if governance structures match technological constraints“ (Kitschelt 1991, S. 468).

Die *innovationsökonomische Literatur* der späten 1980er-Jahre hat demgegenüber technologische Dynamiken und dadurch ausgelöste sozioökonomische Veränderungen in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt und den Blick dafür geschärft, dass ein derartiger *match* in Zeiten größerer technologischer Umbrüche zunehmend erodiert. Den Hintergrund dafür bildeten vor allem die seit Ende der 1970er-Jahre beginnende gesellschaftsweite Verbreitung und anhaltend radikale Weiterentwicklung neuer digitaler Informations-, Kommunikations- und Vernetzungstechnologien, daneben auch die Gentechnik oder Nanotechnologien. Neue technologische Möglichkeiten ließen sich, so die Argumentation, je einschneidender sie sind, desto weniger im Rahmen der etablierten Organisationsmuster, Strukturen und Institutionen angemessen entwickeln und nutzen. Gravierende technologische Umbrüche führten 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, S. 11). Dies löse *periods of mismatch* aus, die mit einschneidenden Anpassungskrisen (*major crisis of adjustment*) einhergingen: mit längeren Phasen der Suche nach, des Experimentierens mit und der interessegeleiteten Auseinandersetzung um neue Organisationsmuster, Strukturen und institutionelle Arrangements, die zu den neuen Technologien passen. Im Ergebnis derartiger Anpassungsprozesse und -krisen käme 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 und Perez 1988, S. 38; ähnlich später auch Rip und Kemp 1998).

Diese Stilisierung soziotechnischer Transformationsprozesse zeichnet sich dadurch aus, dass Technologien dort nicht losgelöst von den sozioökonomischen Kontexten betrachtet werden, in denen sie entwickelt und eingesetzt werden und dass größere technologische Umbrüche und substanzielle Veränderungen organisationaler, struktureller und institutioneller Rahmenbedingungen in Bezug zueinander gesetzt werden. Darüber hinaus wird in diesem Zusammenhang betont, dass derartige Neustrukturierungen als „period of considerable confusion“ (Henderson und Clark 1990, S. 12) längere Zeit in Anspruch nehmen, bevor sich ein neuer und dann wieder vergleichsweise stabiler *match* zwischen Technik und sozioökonomischem Kontext herausgebildet hat.

Daran lässt sich anknüpfen, obgleich diese Stilisierung in verschiedener Hinsicht unbefriedigend geblieben ist. Sie hat erstens einen starken ökonomischen Bias. Soziale Kontexte und Veränderungen im Rahmen technologischer Umbrüche bleiben unterbelichtet. Sie bezieht sich zweitens vornehmlich auf die Meta-Ebene von Wirtschaftssystemen oder Gesellschaften. Differenzierende, etwa unterschiedliche sektorale Wirkungen desselben neuen Technologiefeldes geraten damit aus dem Blick. Und sie bleibt drittens vage in der Beantwortung der Fragen nach konkreten Verlaufsformen, typischen Mustern und Varianten derartiger *periods of mismatch*.

Einige dieser offenen Fragen sind von der neueren *soziotechnischen Transformationsforschung* behandelt worden. Dort ist versucht worden, unterschiedliche Transformationskontexte zu identifizieren und – darauf aufbauend – verschiedene soziotechnische Transformationspfade herauszuarbeiten und voneinander abzugrenzen (Smith et al. 2005; Geels und Schot 2007; Geels und Kemp 2007; Geels 2007). Adrian Smith et al. (2005) etwa haben ein Modell vorgestellt, das die konkrete Form des Wandels eines sozio-technischen Regimes aus dem Zusammenspiel von zwei Prozessen erklären möchte: Dem Selektionsdruck, dem ein Regime wodurch auch immer ausgesetzt ist und seinen adaptiven Fähigkeiten, also den 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“ (Adrian Smith et al. 2005, S. 1494).

Der Selektionsdruck, dem ein Regime ausgesetzt ist, kann dabei ebenso 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“ (Adrian Smith et al. 2005, S. 1496).

Je nachdem, wie der Selektionsdruck auf ein Regime und seine Adaptionsfähigkeit zusammenspielen, ergeben sich unterscheidbare Transformationsvarianten (ähnlich Geels und Schot 2007).

Systematisch ausgearbeitet worden sind diese Überlegungen 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 als mal stärker und mal schwächer 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. Das betrifft insbesondere deren Grundidee, dass sich soziotechnische Transformationsprozesse über das Zusammenspiel eines wie immer genau bestimmten Veränderungsdrucks (*selection pressure*) und der wie immer genau bestimmbareren Möglichkeiten des untersuchten Feldes (Regimes, Sektors), diesen Druck wahrzunehmen, aufzugreifen und zu verarbeiten (*adaptive capacity*) konkretisiert.

Gegenüber diesen instruktiven Zugängen zum Thema hat das seit der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre vor allem von Franco Malerba als eine Spielart des Ansatzes nationaler Innovationssysteme in die Diskussion gebrachte Konzept *sektoraler Innovationssysteme* (*sectoral systems of innovation*) vergleichsweise wenig zur Analyse technikbezogenen Wandels auf der Mesoebene von Wirtschaftssektoren beigetragen. Dies lag daran, dass sich die entsprechende Forschung auf sektorspezifische Charakteristika der Entwicklung und Produktion von Innovationen konzentriert hat, die maßgeblich von der jeweils vorfindlichen Wissens- und Technologiebasis, den dort handelnden Akteuren und Netzwerken sowie den je charakteristischen Institutionen geprägt würden (Breschi und Malerba 1997; Malerba 2002, 2004, 2005, 2006). Das Konzept bot damit zwar einen gut handhabbaren heuristischen Rahmen zur vergleichenden empirischen Analyse stabiler sektoraler Innovationssysteme und -prozesse (Mowery und Nelson 1999). Die hier interessierende Frage, wann, wie und wodurch Wirtschaftssektoren selbst instabil werden, welche Rolle das Aufkommen grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten dabei spielen kann und auf welche Weise(n) sich sektorale Transformationsprozesse vollziehen – und zwar nicht nur in Sektoren, die sich durch eine eigenständige technologische Innovationstätigkeit auszeichnen, sondern auch in all jenen, die vornehmlich systemextern entwickelte Technologien systemspezifisch nutzen – stand dagegen lange Zeit nicht im Fokus der Aufmerksamkeit.

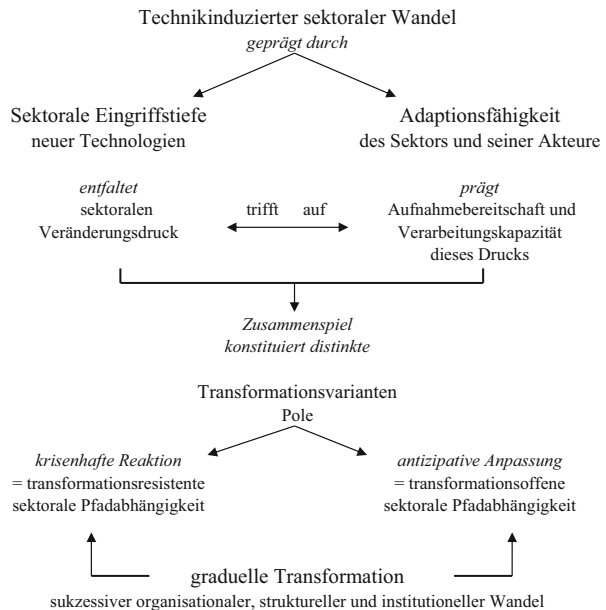
Dies hat sich erst in jüngster Zeit geändert – und zwar entlang der Beobachtung, dass es Wirtschaftssektoren und Firmen aus *latecomer countries* gelingen kann, sukzessive aufzuholen und selbst in den Rang international führender Industrien und Unternehmen hineinzuwachsen, die die bis dahin dominierenden Sektoren aus den *leadership countries* herausfordern (Malerba und Nelson 2012; Lee und Malerba 2017). Dazu müssen zwei Bedingungen gegeben sein. Zum einen müssen sich Gelegenheitsstrukturen (*windows of opportunity*) auftun, die von den Nachzüglern proaktiv aufgegriffen werden. Das können beispielsweise grundlegend neue Technolo-

gien oder radikale Innovationen sein, an denen sich Wirtschaftssektoren in *latecomer countries* früh und adaptiv neu ausrichten. Die Chance, tatsächlich aufzuholen, erhöht sich dann, wenn sich zum anderen die bis dahin international führenden Sektoren und ihre Akteure als anpassungsunfähig erweisen. „The incumbent then continues to use the current technology and tends to ignore the possible destructive potential of new technology or new products“ (Lee und Malerba 2017, S. 345). Kurzum: Der Wirtschaftssektor des einen Landes kann sich als anpassungsfähiger an neue Rahmenbedingungen etwa technologischer Art erweisen als derselbe Sektor eines anderen Landes und kann im Verlauf von *catch-up cycles* seine internationale Wettbewerbsposition verbessern. Unter welchen Bedingungen dies der Fall sein kann und wie dies geschieht bleibt allerdings auch in diesen neueren Arbeiten weitgehend unklar.

Anknüpfend an die hier skizzierten Diskussionen habe ich selbst seit Mitte der 2000er-Jahre einen *Ansatz sektoralen Wandels durch Technik* entwickelt, der den Anspruch hat, das Ausmaß und die Verlaufsformen technikgeprägten Wandels präziser zu analysieren (Dolata 2008, 2009, 2011, 2013). Er basiert auf drei zusammenhängenden Konzepten (Abb. 1).

Die (potenzielle) Reichweite technikgeprägter sektoraler Restrukturierungen hängt, so das *erste Konzept*, zunächst davon ab, in welchem Ausmaß neue technologische Möglichkeiten die Funktions- und Reproduktionsbedingungen eines Wirtschaftssektors berühren. Kurz gesagt: Je relevanter eine grundlegend neue Technologie oder ein Bündel neuer und komplementärer Technologien für die künftige Reproduktion eines Sektors werden und je weniger sie in den Rahmen der dort etablierten Organisationsmuster, Strukturen und Institutionen eingepasst werden können, desto größer wird der

Abb. 1 Technikinduzierter sektoraler Wandel – Analytische Kernkategorien



Veränderungsdruck, den sie auf den Sektor und seine 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 aufbaut und welche konkreten Muster der sektorale Wandel annimmt, das hängt, so das *zweite Konzept*, davon ab, wie neue Technologien und ihre Potenziale dort antizipiert, aufgegriffen und in konkrete Veränderungen umgesetzt werden. Das nenne ich *sektorale Adaptionfähigkeit*, die nicht einfach als reaktives Anpassungsvermögen an bereits gefestigte neue technologische Gegebenheiten begriffen wird, sondern als Art des Umgangs mit zunächst noch unfertigen und uneindeutigen neuen technologischen Möglichkeiten, die selbst einem permanenten Wandel unterliegen, und deren potenziellen sozioökonomischen Effekten über eine längere Zeitspanne.

Das führt zum *dritten Konzept*. Durch einschneidende technologische Umbrüche angestoßene Prozesse sektoralen Wandels verlaufen auch dort, wo der Veränderungsdruck gravierend ist, nicht als drastische Restrukturierungen in kurzen Fristen, die schnell durch eine neue Periode soziotechnischer Kontinuität abgelöst werden. Technikgeprägter sektoraler Wandel nimmt vielmehr regelmäßig die Gestalt lang gezogener, ein oder zwei Jahrzehnte andauernder soziotechnischer Such- und Selektionsvorgänge an, die die Strukturen, Institutionen und Akteurfigurationen eines Sektors durchaus gravierend verändern können – allerdings nicht in Form einmaliger und radikaler Brüche, sondern als Resultat einer Vielzahl organisationaler, struktureller und institutioneller Veränderungen, die sich über längere Zeit hinziehen. Das bezeichne ich als *graduelle Transformation*.

3 Weiterentwicklungen: Eingriffstiefe Technik und sektorale Adaptionfähigkeit

Wie lassen sich diese Konzepte forschungspragmatisch nutzen? In den folgenden Ausführungen werden wesentliche Bausteine einer Heuristik skizziert, die die konkrete Analyse und Rekonstruktion technikgeprägten sektoralen Wandels anleiten kann (ausführlich dazu Dolata 2011, 2013).

3.1 Technologische Eingriffstiefe als relationales und dynamisches Konzept

Dazu ist es zunächst notwendig, den spezifischen sektoralen Veränderungsdruck (*selection pressure*) zu identifizieren, den größere technologische Umbrüche anstoßen können. In diesem Zusammenhang ist danach zu fragen, welche Verwendungspotenziale radikal 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 Neustrukturie-

rungen erforderlich sind. Zu untersuchen ist dann, in welchem Maße diese neuen technologischen Möglichkeiten

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

Eingriffstiefe ist damit 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 ein neues Technologiefeld eröffnet, als auch aus der strukturellen und institutionellen Verfasstheit des Sektors, dem es sich anbietet. Technologische Innovationen 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. Erst aus dieser Spannung zwischen dem technologisch Möglichen und dem unter den gegebenen sozioökonomischen Verhältnissen Machbaren ergeben sich die Eingriffstiefe neuer Technologien und der durch sie ausgelöste Veränderungsdruck.

Darüber hinaus ist technologische Eingriffstiefe ein *dynamisches* Konzept. Neue technologische Möglichkeiten sind nicht einfach da und erzeugen einen einmaligen sektoralen Veränderungsdruck, der dann abgearbeitet wird, sondern entstehen, konkretisieren und verändern sich im Zusammenspiel von oft über einen längeren Zeitraum anhaltenden technologischen Innovationsdynamiken und sozioökonomischen Such-, Selektions- und Aneignungsprozessen. Das heißt: Der durch neue technologische Möglichkeiten ausgelöste Druck auf einen Sektor baut sich sukzessive auf und stößt eine Periode mehr oder minder weitreichender und erfolgreicher soziotechnischer Neusortierungen im Sektor an, innerhalb derer sich sowohl dessen technologische Basis als auch seine sozioökonomischen Grundlagen schrittweise verändern. Er baut sich im Zuge der Verstetigung und sozioökonomischen Einfassung der neuen Technologien aber auch wieder ab, wie sich beispielhaft an der maßgeblich durch die Gentechnik angestoßenen Transformation des Pharmasektors zwischen Mitte der 1970er- und Mitte der 1990er-Jahre zeigen lässt (Dolata 2003, S. 143–237).

3.2 Adaptionst ahigkeit der Akteure und institutionelle Adaptionbedingungen

Wie ein solcher Transformationsprozess konkret von statten geht, 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.

Dazu ist zunächst natürlich die *Adaptionst ahigkeit der etablierten Kernakteure* in den Blick zu nehmen. Es ist keineswegs außergewöhnlich, dass die saturierten Akteure eines Sektors 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 und sich in einer *incumbent trap* verfangen. Die Arbeiten zum strukturellen Beharrungsvermögen und zum Scheitern etablierter Organisationen liefern dazu zahlreiche Hinweise und Erklärungen (Chandy und Tellis 2000; Christensen 1997; Hannan und Freeman 1977, 1984; Mellahi und Wilkinson 2004). Bereits etablierte Akteure können sich aber auch – das ist das andere Ende des Möglichen – früh, aufgeschlossen und initiativ auf grundlegend neue technologische Möglichkeiten einlassen, sie eigenständig weiterentwickeln und um sie herum neue Tätigkeits- und Geschäftsfelder aufbauen.

Ob sich etablierte Akteure – in unserem Zusammenhang vor allem die führenden Unternehmen des Sektors – als adaptionst ahig erweisen oder nicht, hängt ganz wesentlich von ihrer organisationsinternen Verfasstheit und von der Gestalt ihrer Umweltbeziehungen ab. Adaptionst ordernd sind beispielsweise

- die systematische Integration kreativer Spielflächen in den Organisationszusammenhang – etwa über die Etablierung autonomer Einheiten innerhalb der Organisation oder in Form von Ausgründungen (Ahuja et al. 2008, S. 51–59);
- kommunikative Durchlässigkeiten innerhalb der Organisation, also „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 und Stalker 1961, rev. Edition 1994, S. 121);
- kognitive Offenheiten innerhalb der Organisationsf uhrung, die die Arbeit auf den kreativen Spielflächen ernstnehmen und in der Lage sind, deren Ergebnisse und Empfehlungen proaktiv aufzugreifen, ohne dabei in die immer weit geöffnete Falle unternehmensstrategischer Beliebigkeit und organisationaler Fluidität und zu gehen (Cohen und Levinthal 1990; Schreyögg und Sydow 2010); sowie
- der Aufbau systematischer Kooperationsbeziehungen zu innovativen neuen Akteuren wie Start-up-Firmen, die offen und durchlässig sind für neue technolo-

gische, ökonomische und soziale Entwicklungen jenseits des Etablierten (Rothaermel 2001).

Der Blick auf seine Kernakteure reicht zur Untersuchung der Adaptionfähigkeit eines Sektors allerdings nicht aus. Die etablierten Akteure werden in ihrer Antizipations- und Adaptionfähigkeit auch durch die bestehenden Institutionen und Strukturen ihres Sektors und ihres Landes beeinflusst. Dazu zählen die jeweils charakteristischen Industrie-, Markt- und Forschungsstrukturen, Innovationsstile, (Un-)Durchlässigkeiten und Vernetzungsmuster zwischen heterogenen Akteuren, rechtlich-regulative Rahmenbedingungen, kollektiv geteilte Regeln, Normen, Routinen und Lektorientierungen, die die Wahrnehmung und Verarbeitung grundlegend neuer technologischer Möglichkeiten ebenfalls fördern, behindern oder auch blockieren können (Hollingsworth 2000, S. 626–630).

Sektoren verfügen über institutionelle und strukturelle Mechanismen, die die Adaptionfähigkeit und den proaktiven Umgang mit neuen technologischen Möglichkeiten zumindest erleichtern können,

- wenn deren Industriestrukturen durch eine Koexistenz verschiedener Unternehmenstypen geprägt sind – Großunternehmen, mittelständische Firmen und technologieorientierte Start-up-Firmen;
- wenn es dort institutionell 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 wenn sie 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* (Mowery und Nelson 1999; O’Mahoney und Bechky 2008; Ahuja et al. 2008; Mazzucato 2013).

Diese jeweils spezifischen *strukturellen und institutionellen Adaptionsbedingungen* bestimmen mit darüber, ob ein Sektor und seine Akteure sich proaktiv auf neue technologische Herausforderungen einlassen (können) oder nicht. Entscheidend ist, in welchem Maße sie nicht nur die Stabilität eines Sektors garantieren, sondern darüber hinaus auch pfadabweichende Entwicklungen und neue Akteure (wie z. B. risikobereite Entrepreneure oder Start-up-Firmen) regulativ und normativ unterstützen und positiv sanktionieren. Adaptionsunfähige Sektoren zeichnen sich vor allem in der Anfangsphase soziotechnischer Umbrüche sowohl auf der Ebene der Kernakteure als auch auf der Ebene der bestehenden Strukturen und Institutionen durch rigide organisationale, strukturelle und institutionelle *lock-ins* aus, die Anpassungen aus dem Sektor heraus zunächst blockieren beziehungsweise behindern (*transformationsresistente Pfadabhängigkeit*). Das ist in adaptionsfähigen Sektoren anders. Auch sie haben natürlich spezifische soziotechnische Entwicklungspfade ausge-

prägt, ohne die sie nicht funktionieren würden. Ihre Kernakteure beziehungsweise ihre Strukturen und Institutionen sind allerdings zugleich mit nicht bloß situativ oder zufällig wirkenden, sondern mit verallgemeinerbaren Transformationsmechanismen ausgestattet, die technikinduzierten Wandel aus dem Sektor heraus fördern und gezielte Pfadmodifikationen beziehungsweise -wechsel erleichtern (*transformationsoffene Pfadabhängigkeit*).

3.3 Sektorale Kernstrukturen und ihre Peripherien

Es wäre allerdings zu eng, entsprechende Analysen auf die etablierten Kernstrukturen und -akteure eines Sektors zu begrenzen. Insbesondere in zunächst adaptionsunfähigen Sektoren werden oft Akteure, die bis dahin nicht zu seinem Kern gehört haben, zu den frühen Treibern und Impulsgebern des technikinduzierten Wandels. Das können 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 z. B. Apple im Unterhaltungs-, Kommunikations- und Musiksektor). Dazu zählen auch nicht beziehungsweise kaum organisierte kollektive Akteure, die außerhalb der bestehenden Institutionen und Strukturen mit neuen technologischen Möglichkeiten zu spielen beginnen, sie unkonventionell nutzen und eigenwillig weiterentwickeln (wie z. B. informationstechnische *subcommunities* und *outlaw innovators*; Flowers 2008).

Vor allem aber gehören dazu neu gegründete Firmen, die sich um ein neues Technologiefeld herum formieren und mit ihren Aktivitäten bestehende Strukturen und Akteurfigurationen aufbrechen. In wichtigen neuen Spitzentechnologiesektoren waren regelmäßig nicht saturierte Großunternehmen, sondern Start-up-Firmen die Pioniere und frühen Impulsgeber, die die kommerzielle Nutzung grundlegend neuer technischer Möglichkeiten als Erste erkundet und den sektoralen Wandel angestoßen haben. So wurde der Aufschwung der US-amerikanischen PC- und Softwareindustrie in den späten 1970er- und frühen 1980er-Jahren durch den Eintritt einer großen Zahl neuer forschungsintensiver Firmen getragen und geprägt (Bresnahan und Malerba 1999; Mowery 1999; Cloudt et al. 2010). Auch die wesentlichen Anstöße zur kommerziellen Entwicklung gentechnisch veränderter Arzneimittel, Impfstoffe und Diagnostika kamen zunächst nicht von den etablierten Pharmakonzernen, sondern von neuen Start-up-Firmen (Henderson et al. 1999; Roijackers und Hagedoorn 2006). Die kommerzielle Erschließung des Internets erfolgte seit Mitte der 1990er-Jahre ebenfalls vor allem durch Start-up-Firmen, die als Erste neue Möglichkeiten etwa des netzbasierten Handels oder der Werbung ausgelotet und die saturierten Akteure dieser Sektoren unter Anpassungsdruck gesetzt haben (Dolata 2018).

Diese „parties from the fringes of an interorganizational field“ (Leblebici et al. 1991, S. 358) nutzen die sich ihnen durch die neuen technologischen Möglichkeiten bietenden *windows of opportunity* proaktiv (Perez und Soete 1988). Sie orientieren sich in ihrem Handeln nicht mehr an bestehenden Technologien, Institutionen und Strukturen, sondern stellen diese mehr oder minder radikal infrage, entwickeln und folgen neuen Regeln und Konventionen, bilden eigenständige Kommunikations-

und Interaktionszusammenhänge aus und tragen mit alldem direkt oder indirekt zur Veränderung der bestehenden Akteurfigurationen, Institutionen und Strukturen des Sektors bei. Das ist insbesondere dann zu beobachten, wenn sich dessen etablierter Kern zunächst als adaptionsunfähig erweist. Dementsprechend wichtig ist es, bei der Analyse technikbezogenen Wandels die „totality of relevant actors“ (DiMaggio und Powell 1983, S. 143) in den Blick zu nehmen und zwischen der Adaptionfähigkeit des Kerns und derjenigen der Peripherie eines Sektors zu unterscheiden.

3.4 Initiale und prozessuale Adaptionfähigkeit

Auch Adaptionfähigkeit ist kein statisches, sondern ein dynamisches Konzept. Die etablierten Akteure (und mit ihnen die bestehenden Institutionen) bleiben in aller Regel nicht über längere Zeit passiv und veränderungsresistent. Mit zunehmendem Anpassungsdruck, der sich durch neue technologische Möglichkeiten aufbaut, versuchen auch sie regelmäßig, in das neue Spiel mit eigenen Restrukturierungsinitiativen 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 (Cohen und Levinthal 1990). Der umgekehrte Fall ist ebenfalls möglich und tritt immer wieder auf: Zunächst adaptionsfähige Akteure können im Verlauf des Transformationsprozesses auftretende neue Entwicklungen auch unterschätzen oder ignorieren und adaptionsunfähig werden. Um derartige Wahrnehmungs- und Verarbeitungsverschiebungen im Zeitverlauf zu analysieren ist es sinnvoll, zwischen *initialer* und *prozessualer Adaptionfähigkeit* zu unterscheiden.

Initiale Adaptionfähigkeit bezieht sich auf die Wahrnehmung und Verarbeitung der Potenziale und Herausforderungen neuer Technologien in ihrer Formierungsphase, in der deren (sektorale) Möglichkeiten und Struktureffekte erst schemenhaft erkennbar sind. Die Art und Weise, wie die neue Technologie in dieser Phase durch die verschiedenen Akteure und Institutionen eines Sektors aufgegriffen und behandelt wird, konstituiert die Ausgangsbedingungen und beeinflusst die weiteren Verlaufsformen des technikgeprägten Wandels.

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 im Rahmen ebenso unspezifischer Suchprozesse reduzierbar, sondern wird in zunehmendem Maße zu intentionaler Institutionalisierungsfähigkeit: der Fähigkeit zur Organisation, Kommunikation und Umsetzung gezielter soziotechnischer Selektions- und Implementierungsprozesse.

Die Etablierung der neuen Technologien und die daran geknüpften organisationalen, institutionellen und strukturellen Veränderungen werden nun in der Regel nicht mehr allein oder vornehmlich von den Initiativen neuer Akteure getragen,

sondern auch von den neu aufgestellten etablierten Akteuren aktiv mit beeinflusst, die die initiale Phase überstanden haben. Neue Akteure sind zwar oft die ersten Katalysatoren sektoraler Transformationsprozesse – und einige wenige von ihnen (wie Microsoft, Intel, Amgen, Amazon oder Apple) können sich regelmäßig auch als relevante oder dominante Spieler im neu strukturierten Kern des jeweiligen Sektors festsetzen. Auch in adaptionsunfähigen Sektoren findet in aller Regel allerdings kein radikaler Austausch der Akteure statt, wie dies etwa in den frühen Arbeiten zur *structural inertia* saturierter Organisationen unterstellt worden ist (Hannan und Freeman 1977, 1984). 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 nieder (Leblebici et al. 1991).

4 Schluss: Sektoraler Wandel als graduelle Transformation

Auch radikaler soziotechnischer Wandel vollzieht sich – dies legt bereits das anfangs erwähnte Konzept der *periods of mismatch* nahe – typischerweise vielschrittig, als graduelle Transformation. *Transformation* heißt: im Ergebnis radikale Neuausrichtung eines Sektors, durch die sich sowohl dessen technologisches Profil als auch – damit verbunden – dessen soziale Korrelate substanziell verändern. *Graduell* betont demgegenüber die wesentliche prozessuale Eigenheit derartiger Umbrüche, die sich grundsätzlich schrittweise, als Kumulation zahlreicher Transformationsaktivitäten vollziehen und über einen längeren Zeitraum erstrecken.

Anknüpfend an Arbeiten von Kathleen Thelen und Kollegen (Streeck und Thelen 2005; Mahoney und Thelen 2010) lassen sich verschiedene *Modi graduellen Wandels* identifizieren, mit deren Hilfe typische Muster und Verlaufsformen sektoraler Transformation präziser analysiert werden können. Sektoraler Wandel kann sich zum einen durch die *Erweiterung (layering)* oder den schrittweisen *Umbau (conversion)* der bestehenden Organisationen, Institutionen und Strukturen des Sektors vollziehen, die sich an neue technologische Gegebenheiten dadurch anpassen, dass sie ihren Handlungsradius beziehungsweise Regelungsbereich entsprechend ausweiten und an den neuen soziotechnischen Bedingungen ausrichten. Zum anderen kann sektoraler Wandel durch Technik auch durch die *Expansion (expansion)* neuer Akteure erfolgen, die den neuen technologischen Möglichkeiten gegenüber sehr aufgeschlossen sind und um sie herum eigenständige Milieus mit alternativen Strukturen, Regeln und Handlungsorientierungen herausbilden, die die bestehenden Verhältnisse herausfordern, zur Disposition stellen und sie mit der Zeit durchaus auch *ersetzen* können (*displacement*). Und schließlich gehen diese Formen graduellen Wandels immer auch einher mit einem mehr oder minder ausgeprägten *Nieder-gang* etablierter Organisationen, Strukturen und Institutionen, die durch Anpas-

sungsunfähigkeit oder Obsoleszenz mit der Zeit an Einfluss verlieren oder sich schlicht *erschöpfen (drift and exhaustion)*.

Allein für sich genommen kann freilich keine dieser Formen graduellen Wandels einer sich über ein oder zwei Jahrzehnte hinziehenden sektoralen Umbruchperiode ihren Stempel aufdrücken. In der Regel zeichnen sich Prozesse gradueller Transformation sowohl durch die Ausbildung und das Vordringen herausfordernder Alternativen als auch durch substanzielle Weiterungen und gezielte Veränderungen der etablierten Organisationen und Institutionen aus, die überdies regelmäßig mit dem Bedeutungsverlust beziehungsweise dem Niedergang anpassungsunfähiger Akteure und Institutionen einhergehen. Die konkrete Mischung macht es aus: Erst über das spezifische Zusammenspiel, die Kombination und Gewichtung der verschiedenen Formen graduellen Wandels lassen sich die spezifische Signatur einer (sektoralen) Umbruchperiode und distinkte Transformationspfade herausarbeiten (ausführlicher Dolata 2013, S. 104–120).

Wann schlagen derartige Prozesse gradueller Transformation in neue Systemqualitäten um? Wann werden die vielen technologischen und sozioökonomischen Veränderungen tatsächlich substanziell und lösen jene Strukturen und Regeln ab, die den Sektor bis dahin geprägt, seine Stabilität und Reproduktion garantiert haben?

Allgemein formuliert ist das dann der Fall, wenn sich sowohl das technologische Profil des Sektors als auch seine sozioökonomischen Grundlagen – die Organisationen, Institutionen und Strukturen – nicht nur substanziell verändern, sondern sich darüber hinaus in ihrer veränderten Form als neue, zumindest im Grundsatz nicht mehr reversible neue soziotechnische Realität derart gefestigt haben, dass sie handlungsleitend für die Akteure und konstitutiv für die Reproduktion(sfähigkeit) des Sektors insgesamt geworden sind. Dann kann von der *relativen Stabilisierung einer neuen beziehungsweise neu arrangierten sektoralen Regelungsstruktur* oder einem neuen soziotechnischen *match* gesprochen werden.

Die neuen Technologien, um die es geht, müssen dazu die alten nicht abgelöst haben. Sie müssen sich aber als nicht mehr hintergehbare neue Realitäten im Sektor festgesetzt haben. 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

- die Etablierung neuer sektoraler Kernakteure, die sich aus ihrem Nischendasein emanzipiert und als konstitutive Bestandteile des neu strukturierten Feldes etabliert haben;
- die Festigung veränderter, an den neuen Technologien ausgerichteter Organisationsmuster bei den verbliebenen klassischen 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 Aus-

tausch zwischen ihnen nicht mehr bloß fallweise und situativ regeln, sondern konstitutiv geworden sind;

- schließlich die Institutionalisierung wesentlich anderer Regeln – Recht, Normen, Standards, Leitorientierungen –, die das Handeln auf neuer Grundlage strukturieren und die Reproduktionsbedingungen des betreffenden Sektors nunmehr 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 einer neuen sektoralen Struktur nicht zwingend in eine neue Phase der Kontinuität mit dann nur noch inkrementellen 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.

Literatur

- Ahuja, Gautam, Curba M. Lampert, und Vivek Tandon. 2008. Moving beyond Schumpeter: Management research on the determinants of technological innovation. *The Academy of Management Annals* 2(1): 1–98.
- Athanasopoulou, Alexia, Harry Bouwman, Fatemeh Nikayin, und Mark de Reuver. 2016. The disruptive impact of digitalization on the automotive ecosystem: A research agenda on business models, platforms and consumer issues. In *29th Bled eConference ‚Digital Economy‘*. Bled: Manuscript.
- Breschi, Stefano, und Franco Malerba. 1997. Sectoral innovation systems: Technological regimes, schumpeterian dynamics, and spatial boundaries. In *Systems of innovation. Technologies, institutions and organizations*, Hrsg. Charles Edquist, 130–156. London/Washington: Pinter.
- Bresnahan, Timothy F., und Franco Malerba. 1999. Industrial dynamics and the evolution of firms’ and nations’ competitive capabilities in the world computer industry. In *Sources of industrial leadership. Studies of seven industries*, Hrsg. David C. Mowery und Richard R. Nelson, 79–132. Cambridge: Cambridge University Press.
- Burns, Tom, und G. M. Stalker. 1961 (rev. version 1994). *The management of innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Chandy, Rajesh K., und Gerard J. Tellis. 2000. The incumbent’s curse? Incumbency, size, and radical product innovation. *Journal of Marketing* 64(3): 1–17.
- Christensen, Clayton M. 1997. *The innovator’s dilemma*. Harvard: Harvard Business School Press.
- Cloodt, Myriam, John Hagedoorn, und Nadine Roijakkers. 2010. Inter-firm R&D networks in the global software industry: An overview of major trends and patterns. *Business History* 52(1): 120–149.
- Cohen, Wesley M., und Daniel A. Levinthal. 1990. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly* 35:128–152.
- DiMaggio, Paul J., und Walter W. Powell. 1983. The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Sociological Review* 48(2): 147–160.
- Dolata, Ulrich. 2003. *Unternehmen Technik. Akteure, Interaktionsmuster und strukturelle Kontexte der Technikentwicklung: Ein Theorierahmen*. Berlin: Edition Sigma.
- Dolata, Ulrich. 2008. Technologische Innovationen und sektoraler Wandel. Eingriffstiefe, Adaptionsfähigkeit, Transformationsmuster: Ein analytischer Ansatz. *Zeitschrift für Soziologie* 37(1): 44–61.

- Dolata, Ulrich. 2009. Technological innovations and sectoral change. Transformative capacity, adaptability, patterns of change. An analytical framework. *Research Policy* 38(6): 1066–1076.
- Dolata, Ulrich. 2011. *Wandel durch Technik. Eine Theorie soziotechnischer Transformation*. Frankfurt/New York: Campus.
- Dolata, Ulrich. 2013. *The transformative capacity of new technologies. A theory of sociotechnical change*. London/New York: Routledge.
- Dolata, Ulrich. 2018. Internet companies: Market concentration, competition and power. In *Collectivity and power on the internet. A sociological perspective*, Hrsg. Ulrich Dolata und Jan-Felix Schrape, 85–108. Cham: Springer.
- Dolata, Ulrich, und Jan-Felix Schrape, Hrsg. 2013. Medien in transformation. Radikaler Wandel als schrittweise Rekonfiguration. In *Internet, Mobile Devices und die Transformation der Medien. Radikaler Wandel als schrittweise Rekonfiguration*, 9–36. Berlin: Edition Sigma.
- Dosi, Giovanni, Christopher Freeman, Richard Nelson, Gerald Silverberg, und Luc Soete, Hrsg. 1988. *Technical change and economic theory*. London/New York: Pinter.
- Flowers, Stephen. 2008. Harnessing the hackers: The emergence and exploitation of outlaw innovation. *Research Policy* 37:177–193.
- Freeman, Christopher, und Carlota Perez. 1988. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. In *Technical change and economic theory*, Hrsg. Giovanni Dosi, Christopher Freeman, Richard Nelson, Gerald Silverberg und Luc Soete, 38–66. London/New York: Pinter.
- Geels, Frank W. 2007. Analyzing the breakthrough of rock'n'roll (1930–1970). Multi-regime interaction and reconfiguration in the multi-level perspective. *Technological Forecasting & Social Change* 74:1411–1431.
- Geels, Frank, und René Kemp. 2007. Dynamics in socio-technical systems: Typology of change processes and contrasting case studies. *Technology in Society* 29:441–455.
- Geels, Frank W., und Johan Schot. 2007. Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36:399–417.
- Giachetti, Claudio, und Gianluca Marchi. 2017. Successive changes in leadership in the worldwide mobile phone industry: The role of windows of opportunity and firms' competitive action. *Research Policy* 46:352–364.
- Hannan, Michael T., und John Freeman. 1977. The population ecology of organizations. *American Journal of Sociology* 83:929–964.
- Hannan, Michael T., und John Freeman. 1984. Structural inertia and organizational change. *American Sociological Review* 49:149–164.
- Henderson, Rebecca, und Kim B. Clark. 1990. Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of existing firms. *Administrative Science Quarterly* 35(1): 9–30.
- Henderson, Rebecca, Luigi Orsenigo, und Gary P. Pisano. 1999. The pharmaceutical industry and the revolution in molecular biology: Interactions among scientific, institutional, and organizational change. In *Sources of industrial leadership. Studies of seven industries*, Hrsg. David C. Mowery und Richard R. Nelson, 267–311. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hollingsworth, J. Rogers. 2000. Doing institutional analysis: Implications for the study of innovations. *Review of International Political Economy* 7:595–644.
- Kitschelt, Herbert. 1991. Industrial governance structures, innovation strategies, and the case of Japan: Sectoral or cross-national comparative analysis? *International Organization* 4:453–493.
- Küng, Lucy, Robert G. Picard, und Ruth Towse, Hrsg. 2008. *The internet and the mass media*. Los Angeles/London: Sage.
- Leblebici, Huseyin, Gerald R. Salancik, Anne Copay, und Tom King. 1991. Institutional change and the transformation of interorganizational fields: An organizational history of the U.S. radio broadcasting industry. *Administrative Science Quarterly* 36(3): 333–363.
- Lee, Keun, und Franco Malerba. 2017. Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. *Research Policy* 46:338–351.

- Lüdtke, Nico. 2016. Die Praxis der Innovationsforschung – im Spannungsfeld von Wissenschaft, Ökonomie, Steuerung und Organisation. *Soziologische Revue* 39(1): 74–90.
- Mahoney, James, und Kathleen Thelen, Hrsg. 2010. A theory of gradual institutional change. In *Explaining institutional change: Ambiguity, agency, and power*, 1–37. Cambridge: Cambridge University Press.
- Malerba, Franco. 2002. Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy* 31: 247–264.
- Malerba, Franco. 2004. *Sectoral systems of innovation. Concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Malerba, Franco. 2005. Sectoral systems of innovation: A framework for linking innovation to the knowledge base, structure and dynamics of sectors. *Economics of Innovation and New Technology* 14(1–2): 63–82.
- Malerba, Franco. 2006. Innovation and the evolution of industries. *Journal of Evolutionary Economics* 16:3–23.
- Malerba, Franco, und Richard R. Nelson. 2012. *Economic development as a learning process: Variation across sectoral systems*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Mazzucato, Mariana. 2013. *The entrepreneurial state. Debunking public vs. private sector myths*. London/New York/Delhi: Anthem Press.
- Mellahi, Kamel, und Adrian Wilkinson. 2004. Organizational failure: A critique of recent research and a proposed integrative framework. *International Journal of Management Reviews* 5/6(1): 21–41.
- Mowery, David C. 1999. The computer software industry. In *Sources of industrial leadership. Studies of seven industries*, Hrsg. David C. Mowery und Richard R. Nelson, 133–168. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mowery, David C., und Richard R. Nelson. 1999. *Sources of industrial leadership. Studies of seven industries*. Cambridge: Cambridge University Press.
- O’Mahoney, Siobhán, und Beth A. Bechky. 2008. Boundary organizations: Enabling collaboration among unexpected allies. *Administrative Science Quarterly* 53(3): 422–459.
- Perez, Carlota, und Luc Soete. 1988. Catching up in technology: Entry barriers and windows of opportunity. In *Technical change and economic theory*, Hrsg. Giovanni Dosi, Christopher Freeman, Richard Nelson, Gerald Silverberg und Luc Soete, 458–479. London/New York: Pinter.
- Popitz, Heinrich. 1992. *Der Aufbruch zur Artifizialen Gesellschaft. Zur Anthropologie der Technik*. Tübingen: J.C.B. Mohr.
- Rammert, Werner. 2010. Die Innovationen der Gesellschaft. In *Soziale Innovation. Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma*, Hrsg. Jürgen Howaldt und Heike Jacobsen, 21–51. Wiesbaden: Springer VS.
- Rip, Arie, und René Kemp. 1998. Technological change. In *Human choice and climate change. Volume two: Resources and technology*, Hrsg. Steve Rayner und Elizabeth L. Malone, 328–399. Columbus: Batelle Press.
- Roijakkers, Nadine, und John Hagedoorn. 2006. Inter-firm partnering in pharmaceutical biotechnology since 1975: Trends, patterns, and networks. *Research Policy* 35:431–446.
- Rothaermel, Frank T. 2001. Incumbent’s advantage through exploiting complementary assets via interfirm cooperation. *Strategic Management Journal* 22(6/7): 687–699.
- Schreyögg, Georg, und Jörg Sydow. 2010. Organizing for fluidity? Dilemmas of new organizational forms. *Organization Science* 21(6): 1251–1262.
- Smith, Adrian, Andy Stirling, und Frans Berkhout. 2005. The governance of sustainable socio-technical transitions. *Research Policy* 34:1491–1510.
- Streeck, Wolfgang, und Kathleen Thelen, Hrsg. 2005. Introduction: Institutional change in advanced political economies. In *Beyond continuity. Institutional change in advanced political economies*, 1–39. Oxford: Oxford University Press.
- Werle, Raymund. 2005. Institutionelle Analyse technischer Innovation. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 57(2): 308–332.

-
- Werle, Raymund. 2012. Institutions and systems: Analysing technical innovation processes from an institutional perspective. In *Innovation policy and governance in high-tech industries. The complexity of coordination*, Hrsg. Johannes Bauer, Achim Lang und Volker Schneider, 23–47. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Windeler, Arnold. 2016. Reflexive innovation. Zur Innovation in der radikalisierten Moderne. In *Innovationsgesellschaft heute. Perspektiven, Felder und Fälle*, Hrsg. Werner Rammert, Arnold Windeler, Hubert Knoblauch und Michael Hutter, 69–110. Wiesbaden: Springer VS.