

Canzler, Weert; Wentland, Alexander; Simon, Dagmar

Working Paper

Wie entstehen neue Innovationsfelder? Vergleich der Formierungs- und Formungsprozesse in der Biotechnologie und Elektromobilität

WZB Discussion Paper, No. SP III 2011-601

Provided in Cooperation with:

WZB Berlin Social Science Center

Suggested Citation: Canzler, Weert; Wentland, Alexander; Simon, Dagmar (2011) : Wie entstehen neue Innovationsfelder? Vergleich der Formierungs- und Formungsprozesse in der Biotechnologie und Elektromobilität, WZB Discussion Paper, No. SP III 2011-601, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/57092>

Standard-Nutzungsbedingungen:

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

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

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

Terms of use:

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

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

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

WZB

Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



Weert Canzler
Alexander Wentland
Dagmar Simon

Wie entstehen neue Innovationsfelder?
Vergleich der Formierungs- und
Formungsprozesse in der Biotechnologie und
Elektromobilität

Discussion Paper

SP III 2011-601

September 2011

**Wissenschaftszentrum Berlin für
Sozialforschung**

Forschungsschwerpunkt

Gesellschaftliche und wirtschaftliche Dynamik

Forschungsgruppe

Wissenschaftspolitik

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH
Reichpietschufer 50
10785 Berlin
www.wzb.eu

Copyright remains with the author(s).

Discussion papers of the WZB serve to disseminate the research results of work in progress prior to publication to encourage the exchange of ideas and academic debate. Inclusion of a paper in the discussion paper series does not constitute publication and should not limit publication in any other venue. The discussion papers published by the WZB represent the views of the respective author(s) and not of the institute as a whole.

Weert Canzler, Alexander Wentland, Dagmar Simon

Wie entstehen neue Innovationsfelder? Vergleich der Formierungs- und Formungsprozesse in der Biotechnologie und Elektromobilität

Discussion Paper SP III 2011–601

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (2011)

Zusammenfassung

Wie entstehen neue Innovationsfelder?

Vergleich der Formierungs- und Formungsprozesse
in der Biotechnologie und Elektromobilität

Von Weert Canzler, Alexander Wentland, Dagmar Simon

Technologische Neuerungen versprechen die Lösung drängender technisch-sozialer Probleme, aber auch wirtschaftliches Wachstum und sozialen Wohlstand in den zunehmend wissensgetriebenen Ökonomien der OECD-Welt. Die beiden Fälle Biotechnologie (bzw. Gentechnik) und Elektromobilität illustrieren exemplarisch, wie staatliche, wirtschaftliche und akademische Akteure dazu beitragen, dass neue Innovationsfelder entstehen und Bestand haben. Hierzu bedarf es robuster Netzwerke und Austauschbeziehungen, insbesondere zwischen Grundlagenforschung und Anwendung, aber auch zwischen Forschern aus verschiedenen akademischen Disziplinen, Ingenieuren, Managern und politischen Entscheidungsträgern. Derartige Konstellationen entstehen nicht über Nacht. Sie sind das Produkt von Aushandlungsprozessen, strategischen Weichenstellungen und Demarkationskämpfen an den Grenzen etablierter Branchen und Disziplinen, in der Regel begleitet von politischen Koordinations- und Regulierungsversuchen. Die Entstehung einer neuen Technik geht zudem oft einher mit bestimmten Nutzen- und Nutzervorstellungen, die ihre Genese mitbestimmen. Um auf diese Ebene analytisch vordringen zu können, müssen gängige Innovationsmodelle jedoch kulturalistisch erweitert werden. In diesem Discussion Paper beabsichtigen wir, analytische Schneisen für einen umfassenderen empirischen Vergleich emergenter Innovationsfelder zu schlagen. Eine solche Systematisierung könnte helfen, über die Einzelfalldarstellung hinaus Aussagen zu den Möglichkeiten und Grenzen von strukturorientierter Innovationspolitik zu treffen. Biotechnologie und Elektromobilität eignen sich als idealtypische Ausprägungen der „Triple-Helix“ aus Wissenschaft, Wirtschaft und Staat (Etzkowitz/Leydesdorff 2000), wie sich zeigen wird, trotz ihrer Verschiedenheit in besonderem Maße für diese Gegenüberstellung.

Abstract

Technological innovations promise solutions to urgent socio-material issues as well as growth and welfare in the increasingly knowledge-driven economies of the OECD countries. In this discussion paper, we would like to show how governmental, economic, and academic actors contribute to the creation and establishing of new fields of innovation. To this end, we will compare two prominent cases in current innovation policy: biotechnology (specifically, genetic engineering) and the electric vehicle network (EVN). Nascent areas of research and development require robust organizational networks and a high degree of interconnectedness in order to be successful. This is especially true for the alliance between basic science and its application, but also between various scientific disciplines, engineers, managers, and decision makers in politics. Such networks do not emerge overnight. They are the product of negotiations, strategic positioning, and demarcation work at the boundaries of established scientific disciplines and industrial sectors. Political actors seek to actively regulate and organize emerging fields as well. We are going to argue that the way in which participants imagine the uses and users of a certain technology has a strong impact on the shape it is going to take. In order to grasp this cultural dimension, the prevalent understanding of the innovation process must be extended. At this point, we cannot present final conclusions, since there is still a shortage of empirical data. We are, however, proposing several analytical trajectories based on the available literature as well as our own exploratory research on the subject. Both cases – biotechnology and the EVN – are being considered as perfect examples of the so-called triple helix, which is how some scholars of innovation refer to the close interdependencies of science, business, and politics (Etzkowitz/Leydesdorff 2000). The comparison of the two cases, both in and beyond this discussion paper, might offer general insights into the formation of new fields of innovation.

Inhalt

<i>Emergente Innovationsfelder in heterogenen Umwelten</i>	2
<i>Biotechnologie und Elektromobilität: Zweck eines Vergleiches</i>	4
<i>Etablierung durch Unterstützerkoalitionen</i>	7
<i>Legitimierung durch Nutzenversprechen</i>	12
<i>Konsolidierung durch die Bildung stabiler Organisationsnetzwerke</i>	18
<i>Ausblick</i>	24
<i>Literatur</i>	27

Emergente Innovationsfelder in heterogenen Umwelten

Technologische Neuerungen versprechen die Lösung drängender technisch-sozialer Probleme, vom Auslaufen fossiler Energieträger bis zur globalen Bekämpfung tödlicher Krankheitserreger. Mehr noch: in den zunehmend wissensgetriebenen Ökonomien der OECD-Welt verheißen sie wirtschaftliches Wachstum und sozialen Wohlstand. Das Ziel staatlicher Innovationspolitik ist daher die Etablierung, Legitimierung und langfristige Konsolidierung vielversprechender Hightech-Felder. Damit in diesen Feldern neue Erfindungen und Produkte entstehen können, bedarf es robuster Netzwerke und Austauschbeziehungen, insbesondere zwischen Grundlagenforschung und Anwendung, aber auch zwischen Forschern aus verschiedenen akademischen Disziplinen, Ingenieuren, Managern und politischen Entscheidungsträgern. Derartige Konstellationen entstehen nicht über Nacht. Sie sind das Produkt von Aushandlungsprozessen, strategischen Weichenstellungen und Demarkationskämpfen an den Grenzen etablierter Branchen und Disziplinen, oft begleitet von politischen Koordinations- und Regulierungsversuchen.

Zwei der prominentesten Innovationsfelder der letzten Jahre sind Biotechnologie und Elektromobilität (auch E-Mobility). In beiden Fällen verbinden sich soziale Nutzererwartungen mit ökonomischen Leitvorstellungen. Die Biotechnologie (bzw. Gentechnik) wird nicht nur in der Arzneimittelbranche als Grundlage für zukünftige (individualisierte) Pharmazeutika und Diagnostika betrachtet. Auch in der Landwirtschaft, der chemischen Industrie und der Umwelttechnik haben Hersteller das Anwendungspotenzial längst erkannt. Jenseits ethisch vorbelasteter Themen wie dem Anbau genetisch modifizierter Pflanzen und der Verwendung embryonaler Stammzellen in der medizinischen Forschung kommen biotechnologische Verfahren bereits jetzt bei der Herstellung von Kosmetika, Textilien, Reinigungsmitteln und anderen Alltagsprodukten zum Einsatz. Die dahinter steckende *Bioökonomie* wird von der OECD sowie in der Hightech-Strategie der Bundesregierung als zentrales Innovationsfeld identifiziert, auf das sich die Aufmerksamkeit staatlicher Förderpolitik richten soll (OECD 2009; BMBF 2010b).

Daneben steht als weiterer vielversprechender, aber in den nächsten Jahren unterstützungsbedürftiger Bereich die *Elektromobilität*, die seit dem Jahr 2008 im Zeichen des Klimawandels sowie knapper werdender fossiler Brennstoffe dramatisch an Bedeutung gewonnen hat. Durch die Verbreitung des neuen Antriebsaggregats zusammen mit alternativen Mobilitäts- und Nutzungsformen im Personenverkehr möchten die führenden Wirtschaftsnationen ihre Abhängigkeit vom Öl ebenso wie ihre Kohlendioxidemissionen verringern. Der technologische Rückstand deutscher Fahrzeughersteller hinter der internationalen Konkurrenz, insbesondere in der Batterietechnik, soll dadurch wettgemacht werden, dass auf einer staatlich initiierten Innovationsplattform im gesellschaftlichen Konsens Empfehlungen für eine künftige Forschungs- und Förderstrategie erarbeitet werden. Zudem erhoffen sich Unter-

nehmen aus näher rückenden Wirtschaftszweigen – insbesondere die Energienetzbetreiber – wachsende Märkte und Synergieeffekte (acatech 2010; NPE 2011).

Die Visionen hinter der Bioökonomie und E-Mobility stehen in direkter Abhängigkeit von wissenschaftlich-technischen Innovationen aus der akademischen Forschung. Seit den ersten Gehversuchen biotechnologischer Unternehmen waren molekularbiologische Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung wegbereitend für nahezu alle Anwendungsfelder (Fiechter/Beppu 2000). Da die angewandte Forschung und Entwicklung weitestgehend von der Wirtschaft ausgeführt wird, stehen beide Seiten in einem eng verzahnten (wenn auch nicht unbedingt unbeschwerten) Verhältnis zueinander (Vallas/Kleinman 2008). Im Fahrzeug- und Antriebsbau können Unternehmen auf eine lange Kooperationstradition zwischen ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten und industriellen Entwicklungsabteilungen zurückblicken. Zu diesem Verbindungsstrang kommt nun die Batterieforschung hinzu, die in der Bundesrepublik lange Zeit förderpolitisch vernachlässigt wurde. Die elektrochemische Grundlagenforschung ist hier gefragt, Speichertechnologien zu entwickeln, die dazu geeignet sind die bis dato eher geringen Fahrzeugreichweiten zumindest graduell an das Niveau konventioneller Fahrzeugsysteme heranzuführen.

Die Bundesregierung hat als eine treibende Kraft in beiden Innovationsfeldern die strategische Bedeutung der engen Vernetzung zwischen Grundlagenforschung, Entwicklung und Anwendung erkannt und forciert (BMBF 2010a, 2008, 2006). Durch finanzielle FuE-Anreize, eine regionale Bündelung der Wissensressourcen in Clustern sowie durch eine Verstärkung der universitären und außeruniversitären Forschung und Ausbildung soll ein Spitzenplatz im globalen Technologiewettbewerb erreicht werden. Dabei müssen nicht selten Vetospieler eingebunden und Beharrungskräfte geschwächt werden. Die Akzeptanz der neuen Technologien und ihrer Nutzungsformen in der breiten Öffentlichkeit, aber auch die Legitimierung neuer Strukturen gegenüber bestehenden Branchen und Disziplinen erfordern Initiative und strategisches Handeln. Darüber hinaus bemühen sich insbesondere die Ministerien um die nachhaltige Vernetzung der relevanten Akteure aus allen Bereichen. Zu jedem Innovationsfeld gehört auch ein stabiles (nationales) Organisationsnetzwerk, das aus Sicht der Unterstützer auch dann weiterbestehen soll, wenn die staatlichen Förderprogramme auslaufen (Stuart et al. 2007).

Die beiden Fälle Biotechnologie und Elektromobilität illustrieren exemplarisch, auf welchen Ebenen staatliche Akteure versuchen diese koordinierende Rolle wahrzunehmen, um neue Innovationsfelder zu stimulieren. Die zentralen Fragen hierbei lauten: Wie interagieren akademische Forschung und Industrie in den sich entwickelnden Feldern vor dem Hintergrund oft divergierender Interessen, unterschiedlicher Erwartungshaltungen und Referenzsysteme? Wie stabil sind die staatlich induzierten Netzwerke und Akteurskonstellationen und wie wirken sie auf bestehende Arrangements? Diese Problematik besteht insbesondere vor dem Hintergrund der relativen Autonomie der sozialen Handlungsfelder Wissenschaft und Wirtschaft (Weingart 2001). Und: Kann Innovationspolitik tatsächlich heterogene Communities

mit einer eigenen Identität und Wissenskultur schmieden, die sich in dieser Form sonst nicht formiert hätten? Die Fragen werden in diesem Discussion Paper nicht abschließend beantwortet, stattdessen werden analytische Schneisen für einen umfassenderen empirischen Vergleich emergenter Innovationsfelder geschlagen. Eine solche Systematisierung könnte helfen, über die Einzelfalldarstellung hinaus Aussagen zu den Möglichkeiten und Grenzen von strukturorientierter Innovationspolitik zu treffen. Biotechnologie und Elektromobilität eignen sich als repräsentative Felder staatlicher Interventionspolitik, wie sich zeigen wird, trotz ihrer Verschiedenheit in besonderem Maße für diese Gegenüberstellung.

Biotechnologie und Elektromobilität: Zweck eines Vergleiches

Beide Innovationsfelder sind in ihrer modernen Form neu. Ihr Entstehen war dabei weder technikdeterministisch vorprogrammiert, noch ein Produkt des Zufalls. Biotechnologie und Elektromobilität lassen sich im Lichte aktueller Debatten in der Innovationsforschung zunächst exemplarisch als enge Verquickung wissenschaftlicher, wirtschaftlicher und politischer Dynamiken in einer *Triple Helix* betrachten, aus der heraus sie sich entwickelt haben (Etzkowitz/Leydesdorff 1997; Etzkowitz/Leydesdorff 2000; Etzkowitz 1998). An den Verknüpfungsstellen dieser idealtypisch getrennten Domänen entstehen neue Verbindungsstrukturen und Triebkräfte, aber auch Verwerfungen und Konfliktpotentiale. Durch die zunehmende Verschränkung und wechselseitige Infragestellung verschiedener Handlungslogiken, Normen und Leitbilder verändern sich an den Schnittstellen auch etablierte Akteurskonstellationen und disziplinäre Landkarten. Politische Initiativen können in diesem Prozess wichtige Weichen stellen, obwohl nach wie vor gilt, dass direkte Steuerung weder in der Wissenschaft noch in der Wirtschaft möglich ist (Jansen 2010). Wandel wird vor allem dann wahrscheinlich, wenn die Kontingenz in einem Bereich der Triple Helix zunimmt, sich also neue Entwicklungspfade eröffnen und technologische und ökonomische Gewissheiten in Frage gestellt werden.

In diesem Sinne ist Elektromobilität nicht nur eine alternative Antriebstechnik, die den bisher dominierenden Verbrennungsmotor substituieren kann.¹ Sie könnte den Verkehr insgesamt revolutionieren, denn sie unterscheidet sich wesentlich von konventioneller Automobilität. Nicht nur, dass Elektrofahrzeuge – zumindest am Ort ihres Einsatzes – keine Abgase und kaum Lärm emittieren. Mit drastisch geringeren Reichweiten einerseits und gegenüber dem Tanken viel längeren Ladezeiten andererseits bedeuten sie einen faktischen Abschied vom jederzeit einsetzbaren Universalfahrzeug. Hintergrund der politischen Förderung der Elektromobilität ist zum einen die absehbare Verknappung des „billigen Öls“ und zum anderen die Notwendigkeit, die für den Klimawandel verantwortlichen CO₂-Emissionen auch im Verkehr

¹ Die Technik der Elektrotraktion ist keineswegs neu, vielmehr wurde sie bereits Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts verwendet. Sie musste sich in der Konkurrenz mit dem Verbrennungsmotor jedoch geschlagen geben und überlebte lediglich in Nischen (Mom 2005 und Black 2006).

wirksam zu begrenzen. Insbesondere die beschlossenen EU-Grenzwerte für CO₂, die eine Obergrenze von durchschnittlich 130g/km für Herstellerflotten bis spätestens 2015 vorsieht, sind mit konventioneller Verbrennungsmotortechnik allein kaum zu erreichen. Für Autohersteller ist es hingegen möglich, Fahrzeuge mit einem Emissionswert von weniger als 50 Gramm je Kilometer in den Jahren bis 2015 mit einer Mehrfachwertung in die Berechnung des Flottenverbrauchs einzubringen. Umgekehrt sind die Automobilhersteller zusätzlich motiviert, Elektrofahrzeuge bzw. so genannte plugin-Hybridfahrzeuge auf den Markt zu bringen.

Besonders in Deutschland steht die Autoindustrie unter erheblichem Druck, auf dem Innovationsweg der Elektromobilität voran zu gehen und neue Forschungs- und Entwicklungsprojekte aufzulegen (Acatech 2010; NPE 2011). Die Diagnose wird weit- hin geteilt, dass Deutschland „(...) derzeit in der besonders wichtigen Schlüsseltech- nologie der Fahrzeugbatterien und auch im Bereich der fahrzeugbezogenen Leis- tungselektronik schlecht aufgestellt (ist)“ (EFI 2010: 13). Im Vergleich zu anderen Au- tos produzierenden Ländern wird ein erheblicher Rückstand der deutschen Autoher- steller insbesondere in der Batterietechnik gesehen. Deshalb soll gerade in diesem Feld die Forschung auch durch eine Aufstockung und Bündelung öffentlicher For- schungsmittel verstärkt werden (ebd. und Acatech 2010). Das Ziel der zu forcieren- den Batterieforschung müsse es sein, die Speicherleistung zu erhöhen und zugleich das Gewicht der Akkumulatoren zu verringern. Auf lange Sicht müsse zudem ein Kreislauf der in den Batterien verwendeten Wertstoffe gelingen. Hier bestehe erheb- licher Nachholbedarf, da die Batterieforschung und insbesondere die Elektrochemie seit mehr als eineinhalb Jahrzehnten in Deutschland abgebaut wurden. Sowohl die universitäre und außeruniversitäre Elektrochemie als auch die Batterieforschung in den Unternehmen der Autoindustrie wurden nach dem ernüchternden „Rügen- Versuch“ mit einer Reihe verschiedener Fahrzeug- und Batterietypen Anfang der 1990er Jahre sukzessive reduziert.

Die gentechnisch ausgerichtete Biotechnologie war in den späten 1970er Jahren in Deutschland in einer ähnlichen Lage. Zwar standen am Anfang der Entwicklung technologische Impulse aus der Grundlagenforschung, wodurch die Annäherung von Molekularbiologie und Chemieingenieurwesen die technische Manipulation und Nut- zung von Genen möglich wurde. Anders jedoch als in den USA, wo sich daraus schnell eine akademisch befeuerte Start-up-Kultur analog zur IT-Branche entwickel- te, blieb der Biotechnologie-Boom in Deutschland lange Zeit aus. Die etablierten Un- ternehmen sahen sich im Bereich der chemisch-pharmazeutischen Industrie in Deutschland durch die Entwicklungen eher bedroht, so dass hier die neuen techno- logischen Potentiale keinen fruchtbaren Boden fanden. Auch an den Hochschulen wurden die neuen Trends nur langsam aufgenommen. In der angewandten For- schung dominierte vielerorts noch die klassische Fermentationstechnik. Aber auch die Grundlagenforschung begann mit der Rezeption molekularbiologischer Erkennt- nisse vergleichsweise spät, da sich das neue interdisziplinäre Feld zunächst nicht in den stark segmentierten Fächerkanon in Deutschland integrieren ließ. In dieser Zeit

waren es vor allem die Bundesregierung und die zuständigen Ministerien, welche die Biotechnologie als ökonomisch entscheidende Basisinnovation postulierten und seitdem mit verschiedenen Förderprogrammen, Wettbewerben und Koordinationsbemühungen fördern (Jasanoff 1985). Daran schloss die rasche Institutionalisierung biotechnologischer Forschung und Ausbildung an deutschen Fachhochschulen und Universitäten an. Aus dieser Dynamik heraus entstanden in der Medizintechnik, pharmazeutischen Entwicklung, Pflanzenzucht und biochemischen Massenfertigung neue Methoden und Verfahren mit hoher ökonomischer Anschlussfähigkeit. Heute ist die Biotechnologie etabliert und in hohem Maße ausdifferenziert. In nahezu jedem Anwendungsbereich lebenswissenschaftlicher Forschung wird von „Biotechnologie“ gesprochen – selbst in der Abfallwirtschaft und Meeresnutzung. Dadurch wird es schwer zu fassen, welche Technologien und Forschungsgebiete dazu gehören und welche nicht. In gewisser Weise gehört diese Unklarheit zu den Erfolgsgeheimnissen der Biotechnologie. Sie erzeugt Schnittstellen zwischen verschiedenen Forschungsbereichen, aber auch zwischen akademischer Wissenschaft und Privatwirtschaft, die sich sonst kaum ohne weiteres ergeben hätten.

Ähnlich wie in der Biotechnologie vor knapp 40 Jahren gerät derzeit die bestehende Triade aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik in der Elektromobilität in Bewegung. Beide Felder zeigen sich beeinflusst durch internationale Trends und Vorreiter im neoliberalen Globalisierungsregime der OECD-Welt. Als treibende Kräfte hinter der frühen Etablierung beider Schlüsseltechnologien stehen erneut staatliche Akteure und spezifische Nutzenvorstellungen, die wir im Folgenden genauer betrachten möchten.

Für einen Vergleich der Genese und Konsolidierung beider Bereiche bietet sich eine Reihe von Anschlussstellen und Vergleichspunkten an: Sowohl in der Biotechnologie als auch in der Elektromobilität werden dem akademischen Know-how einerseits und der nicht zuletzt unternehmensbezogenen Forschung andererseits eine hohe Bedeutung beigemessen. Beide Technik- und Wissensfelder sind zudem von einer Vielzahl heterogener Akteure und Interessen geprägt und unterliegen einer hohen öffentlichen Aufmerksamkeit, da sie mit großen gesellschaftlichen und ökonomischen Erwartungen verbunden sind. Mehr noch: sie versprechen beide die Lösung „großer Probleme“ moderner westlicher Gesellschaften. Zum einen wird mit der Elektromobilität die Hoffnung verknüpft, die massive Ölabhängigkeit im Verkehr zu überwinden und eine leise, abgasfreie urbane Mobilität zu ermöglichen. Zum anderen wird von der Biotechnologie erhofft, die bisher unheilbaren Krankheiten wie Krebs, AIDS oder MS besiegen oder verhindern zu können sowie organische Stoffe zu erhalten, mit deren massenhafter Verfügbarkeit absehbare Rohstoffengpässe und umweltschädliche Ressourcenausbeutung obsolet werden. Sie bedürfen anhaltender sozialer Legitimität und zudem einer robusten „Unterstützer-Allianz“, deren erfolgreiche Zusammenstellung und Mobilisierung über Erfolg oder Misserfolg entscheiden. In beiden Feldern dringen neue Produkte in bereits etablierte Märkte und Industrien ein. In der E-Mobilität soll der Elektromotor den kommerziell immer noch

erfolgreichen Verbrennungsmotor – zumindest partiell – ersetzen. In der Biotechnologie traten neue gentechnische Verfahren in Konkurrenz zu lange etablierten und optimierten Produktionstechniken.

Trotz der Parallelen handelt es sich selbstverständlich um zwei sehr verschiedene Bereiche, denen ein Vergleich Rechnung tragen muss. Der akademischen Grundlagenforschung im Innovationsfeld der Biotechnologie kam und kommt ein wesentlich höheres Gewicht zu als in der Elektromobilität. Sie war in der Netzwerkbildung von vornherein ein bedeutender Player. Darüber hinaus gilt anders als im Bereich der Ingenieurwissenschaften das Verhältnis der Lebenswissenschaften zur Unternehmenswelt als eher spannungsreich, da die Normen und Forschungskulturen beider Seiten weiter auseinander klaffen. Zudem ist die Elektromobilität stärker als national orientiertes großtechnisches Anwendungsprojekt angelegt, bei dem der Endnutzer als Fluchtpunkt für zukünftige Weichenstellungen dient. Dagegen ist die Biotechnologie eher als Querschnittstechnologie in einer Vielzahl voneinander unabhängiger Anwendungsfelder zu finden. Da sich trotz der Unterschiede dennoch erstaunliche Parallelen abzeichnen, erscheint die Gegenüberstellung beider Innovationsfelder aus Sicht der Innovationsforschung besonders aufschlussreich. In ihrer Etablierung, Legitimierung und Konsolidierung folgen bzw. folgten Biotechnologie und Elektromobilität auffallend ähnlichen Mustern. Um dieser Beobachtung nachzugehen, stellen wir im Folgenden die Akteurskonstellationen, innovationspolitischen Strategien und Strukturbildungsprozesse beider Innovationsfelder gegenüber. Der heuristische Vergleich soll zeigen, entlang welcher Trajektorien eine anschließende empirische Untersuchung beider Felder im Vergleich verlaufen könnte, um weitergehende Aussagen über die Entstehung neuerer Innovationsfelder unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Akteurskonstellationen treffen zu können.

Etablierung durch Unterstützerkoalitionen

E-Mobility und Biotechnologie bieten die Chance auf radikale Innovationen. Damit werfen sie eine alte Frage erneut auf: Wie kommt das Neue in die Welt? In über den Markt koordinierten Volkswirtschaften sind die rechtlichen Rahmenbedingungen, der Einsatz von Ressourcen, ökonomische Anreize und die Anschlussfähigkeit der akademischen Wissensproduktion wesentliche Determinanten für wirtschaftliche und damit auch für innovatorische Dynamik (Rosenberg 1994). Wie konnten sich die Biotechnologie und Elektromobilität also als eigenständige Innovationsfelder mit und gegen bestehende Traditionen etablieren bzw. etabliert werden? Einen theoretischen Ansatz hierzu bieten Bruno Latour und Michel Callon mit ihrer *Sociology of Translation* (Latour 1983; Callon 1986). Die Autoren argumentieren, dass zur Durchsetzung neuer Ideen – also wissenschaftlicher wie auch technologischer Innovationen – erst ein Netzwerk von „alliierten“ Akteuren geformt werden muss, welches dann wiederum die Ursprungsidee in etwas Neues transformiert. Dabei gilt es bei der Rekonstruktion dieses Prozesses Gatekeeper und Transitionspunkte zu identifizieren, die in Momenten hoher Kontingenz dazu beigetragen haben, Weichen in eine

bestimmte Richtung zu stellen und alternative Szenarien zu verhindern (Callon 1980).

Im Fall der potenziellen Basisinnovation Elektromobilität lässt sich ein verzweigtes heterogenes Akteur-Netzwerk nachzeichnen: Zusätzlich zu den etablierten Autoherstellern, ihren Zulieferern sowie den Mineralölfirmen kommen branchenfremde Unternehmen (in erster Linie aus der Energiewirtschaft) und neben den Verbrennungsmotoringenieuren bisher randständige wissenschaftliche Communities ins Spiel. Das lange fast hermetisch geschlossene Technikfeld um das mit Verbrennungsmotoren angetriebene Auto steht womöglich vor einer *Öffnung*. Nicht zuletzt gerät der mit dem Technikfeld verbundene wissenschaftliche Diskurs in Bewegung (zum aktuellen Stand des Diskurses in Deutschland: Acatech 2010; Hüttl et al. 2010). Neue Interaktionen mit bisher im Automobilbau peripheren Disziplinen wie der Elektrotechnik und der Elektrochemie entstehen, die eine Verständigung über Produktleitbilder und unterstellte Nutzerwünsche einschließen. Die Identität einer ganzen Branche einschließlich ihrer Wissensbasis ist tangiert. Für die Wissensbestände ebenso wie für die impliziten Prämissen der Automobilindustrie gilt: Jahrzehnte nach der *Schließung* bestehen mit dem aktuellen E-Mobility-Hype erstmals Chancen neue Wege zu gehen.

Die Entstehung neuer Wissens- und Technikfelder ist eng verbunden mit der Mobilisierung von Ressourcen und der Verstetigung von Ressourceneinsatz in institutionalisierten Forschungsstrukturen. Darum dreht sich auch die noch laufende wissenschafts- und technologiepolitische Debatte um Elektromobilität. Mit dem Ölpreishoch 2008 erwacht ein weltweites Interesse am Elektroantrieb, der als Alternative zum Verbrennungsmotor lange vernachlässigt wurde. Vor diesem Hintergrund startete die deutsche Bundesregierung im Herbst 2009 eine *Nationale Initiative Elektromobilität* (NIE), nicht zuletzt unter dem Eindruck der Finanz- und Wirtschaftskrise, als die Nachfrage nach konventioneller Automobilität drastisch einbrach (Canzler, Knie 2009).

Noch ist nicht entschieden, ob E-Mobility den Status einer erfolgreichen Basisinnovation² erhält oder ob sie weiterhin als „ewige Nischentechnologie“ marginalisiert bleibt. Ebenso möglich erscheint ein Szenario, in dem der Elektroantrieb den bisherigen Benzinmotor schlicht ersetzt, ohne dass neue technologische Anschlussstellen oder alternative Nutzungsformen entstehen würden. Als tatsächliche Basisinnovation müsste die Elektromobilität in der Lage sein, die jahrzehntelang dominierende Verbrennungsmotortechnik zu verdrängen und zugleich eine qualitativ neuartige Grundlage für eine postfossile Ära der Mobilität zu legen. Auf diese könnten dann weitere Unternehmen, Zulieferer und Entwickler aufbauen und zugleich neue Nut-

² Ob es sich bei E-Mobility im innovationstheoretischen Verständnis um eine Basisinnovation handelt, hängt nicht nur davon ab, ob sich eine gänzlich neue technische Basis etabliert, sondern auch, ob es mehr als nur einzelne neue Akteure und – wirtschaftlich betrachtet – Anbieter gibt, die erfolgreich gegen die „alte“ Autoindustrie konkurrieren (Braun-Thürmann 2005: 38ff).

zungsformen und Mobilitätsmuster entstehen. Hinweise darauf können die laufenden Diskurse im Rahmen der von der Bundesregierung im Mai 2010 installierten *Nationalen Plattform Elektromobilität* (NPE) geben, die aus der Nationalen Initiative Elektromobilität entstanden ist³. Dort arbeiten in sieben Arbeitsgruppen mehr als 100 Experten aus der Automobilindustrie, der Energie-, Chemie- und Entsorgungswirtschaft sowie Vertreter aus Wissenschaft und Forschung gemeinsam mit Beamten aus vier Bundesministerien an neuen Konzepten für die Zukunft der Elektromobilität. Die Teilnehmer der NPE beziehen sich bevorzugt auf wissenschaftliches Wissen. Es bildet den gemeinsamen Referenzrahmen, der zugleich inhaltlich umstritten ist. Wissenschaftliche Argumente dienen der Legitimation technischer und forschungsstrategischer Entscheidungen und zugleich der Begründung, potenzielle alternative Lösungen weiter zu verfolgen oder nicht. Es vermischen sich (fach-)technikwissenschaftliche Argumente mit umwelt-, speziell auch mit klimabezogenen sowie mit beschäftigungs- und standortpolitischen Argumenten. Vor allem in den in einer Genesephase neuer Technik- und Wissensfelder beliebten Zukunftsabschätzungen und Potenzialanalysen finden sich diese argumentativen Gemengelage, so auch bei den künftigen Antriebs- und Fahrzeugtechniken sowie den weitergehenden Mobilitätskonzepten (TNO et al. 2006; Fraunhofer-ISI 2008; Jochem et al. 2008; Kaiser et al. 2008; Öko-Institut et al. 2008; Deutsche Bank Research 2009; Canzler/Knie 2011).

Gleichzeitig kämpfen verschiedene Akteure um die Deutungsmacht, wie eine (Auto-)Mobilität der Zukunft aussieht. Die hegemonialen konventionellen Fahrzeugtechniker waren bislang zur Interaktion oder gar zur Kooperation beispielsweise mit der Elektrotechnik kaum gezwungen. Diese war für einen begrenzten und weniger bedeutenden Komponentenstrang im Automobilbau „zuständig“⁴. Die Abschottung der epistemischen Felder dürfte nun zumindest temporär durchlöchert werden, weil in Forschungs- und Entwicklungsprojekten zur Elektromobilität verschiedene Disziplinen zusammentreffen und ihr Verhältnis zueinander in Aushandlungsprozessen neu geklärt werden muss. Ein Schauplatz für Aushandlungen sind sieben Arbeitsgruppen im Rahmen der NPE, die sich im Mai 2010 gebildet haben und für die Empfehlungen einer Elektromobilitätsstrategie der Bundesregierung zuarbeiten sollen. Für den

³ Das Ziel der Bundesregierung lautet: eine Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen bis 2020. Dieses Ziel ist ambitioniert. Selbst wenn dieses Ziel erreicht wird, ist damit keine Revolution im Automobilbau verbunden. Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybride werden gemeinsam in den nächsten Jahren nur einen marginalen Anteil an den Neuzulassungen bilden. Und selbst in den Jahren nach 2017 werden nach diesem Szenario lediglich sieben bis acht Prozent aller Neufahrzeuge über einen elektrischen Antrieb verfügen (Canzler/Knie 2011; NPE 2011).

⁴ Verschiedene epistemische Felder verharrten in der Automobilindustrie über Jahrzehnte in Koexistenz. Im Sinne von Stichweh haben sie sich historisch ausdifferenziert und stabilisiert, indem sie kollektive Verständigungszusammenhänge ausgebildet haben, in denen Prämissen, Methoden und Lehrmeinungen geteilt und spezifische Sozialisations- und Karrierewege gemeinsam gegangen werden (Stichweh 1994). Im Ergebnis verfestigen sich nicht nur methodische und funktionale Unterschiede. Um diese Paradigmen formieren sich auch kulturelle Identitäten. Nicht geklärt ist im Übrigen, ob Disziplinen mit starker eigener Identität eher zur Kooperation tendieren oder ob sie ihre kognitiven Konsense nach außen verstärkt abschotten.

NPE-Zwischenbericht wurde in der „AG 6 Ausbildung und Qualifizierung“ eine Formulierung gefunden, die eine bedeutsame disziplinäre Erweiterung indiziert:

„In der Zielsetzung der NPE geht es jetzt aber darum, kurzfristig die für die Elektromobilität relevanten ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge systemorientiert und den Erfordernissen entsprechend interdisziplinär auszurichten. (...) In allen Teilen besteht Ausbildungsbedarf und muss Kompetenzaufbau betrieben werden. Dies gilt insbesondere für drei Kernthemen der Elektromobilität: die Elektrochemie bzw. die Batterieforschung, die Leistungselektronik sowie den Leichtbau“ (NPE 2010: 13).

Ob an die Stelle der früheren Hegemonie der Verbrennungsmotorentchnik eine neue „Leitdisziplin“, etwa die Elektrochemie oder die Materialwissenschaft tritt, ist noch völlig offen. Denkbar ist ebenso, dass eine „Kooperation gleichberechtigter Partner“ zum dominierenden Modell der Forschungsarbeit wird. Von einem etablierten Innovationsfeld kann aber noch keine Rede sein.

In der Biotechnologie ist der Etablierungsprozess bereits weitestgehend abgeschlossen (Buchholz 2007). Hier wirken heute die Folgen der Weichenstellungen in den 1970er Jahren, die in der Elektromobilität noch ausstehen. Der Blick auf die Biotechnologie ist daher auch ein historischer. An den Aushandlungsprozessen während der frühen Etablierungsphase war eine Vielzahl von Akteuren aus der Wissenschaft, Wirtschaft und Politik beteiligt (Bud 1993). In Deutschland avancierte vor allem der Staat früh zu einer der treibenden Kräfte (Jasanoff 1995; Giesecke 2000). Bereits Ende der 1960er Jahre bemühte sich die Bundesregierung erste Förderprogramme für die (medizinische) Biotechnologie aufzulegen, nachdem eine OECD-Studie 1966 die Lebenswissenschaften als eines der wichtigsten Innovationsfelder für die hochentwickelten Industrienationen des Westens identifizierte, wobei die Gentechnik dabei noch im Hintergrund stand (OECD 1966).

Mit dem Regierungsantritt der zweiten sozialliberalen Koalition im folgenden Jahr und der Einrichtung des neuen *Bundesministeriums für Forschung und Technologie* (BMFT) formierte sich eine umfassende zentral-staatliche Innovationspolitik. Allerdings verfügte das BMFT 1972 weder über die politische Erfahrung noch die technische Expertise, um selbst die Prioritäten und Förderkriterien in der Forschungsentwicklung der Biotechnologie zu formulieren und durchzusetzen. Aus diesem Grund beauftragte das neue Ministerium die *Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen e.V.* (DECHEMA, heute Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.) mit der Erstellung eines Hintergrundgutachtens. Die DECHEMA ist bis heute als unabhängige privatrechtliche Fachgesellschaft eines der Hauptorgane der chemisch-technischen Forschung und Industrie (später auch der Biotechnologie). In ihrer 1974 erschienenen Studie präsentierte die DECHEMA Empfehlungen, die von der Wissenschafts- und Innovationspolitik bereitwillig aufgegriffen wurden und anhaltende Wirkung in der frühen Formierungsphase entfalteten.

Bemerkenswert ist vor dem Hintergrund ihrer paradigmatischen Bedeutung die Entstehungsgeschichte der Studie (Jasanoff 1985): Entsprechend ihrer bisherigen Praxis, beauftragte die DECHEMA eine Expertenkommission eine Expertise auszuarbei-

ten. Die Kommission bestand aus Vertretern der Industrie, der Regierung und der akademischen Forschung. Die Gruppe reflektierte dabei nicht nur die disziplinäre Vielfalt des Feldes, sondern auch ihre interne Hierarchie. So wählte die DECHEMA beispielsweise Wirtschaftsvertreter aus chemischen und pharmazeutischen Großunternehmen, ignorierte jedoch vollständig kleine und mittlere Unternehmen, da angenommen wurde, dass diesen die Kapazitäten für staatlich subventionierte FuE fehlten. Abwesend waren auch Wissenschaftler aus der biologischen Grundlagenforschung. Der Deliberationsprozess innerhalb der Kommission trug, obwohl er innerhalb einer privatrechtlichen Organisation stattfand, korporatistische Züge (Jasanoff 1985: 27). Dominante Gruppen mit direktem Interesse daran Fördergelder zu verteilen resp. zu empfangen waren umfassend repräsentiert. Interessen, die als marginal eingestuft wurden – zu diesem Zeitpunkt die Interessen der Grundlagenforschung, Gewerkschaften und Umweltgruppen – wurden bewusst ausgeschlossen. Im Gegenzug hatte das BMFT keine Schwierigkeiten das neue Fördermodell zu implementieren, da alle wichtigen Akteure selbst am Aushandlungsprozess beteiligt waren (ebd.: 30).

Das Ministerium und die DECHEMA prägten mit ihrer gemeinsam orchestrierten Förderinitiative die frühe Entwicklung der Biotechnologie. Die Zusammensetzung der Kommission und die daraus resultierenden Schwerpunktsetzungen brachten Pfadabhängigkeiten mit sich, die bis zum heutigen Tag nachwirken. Ausprägungen wie die strukturelle Schwäche im Bereich kleiner und mittlere Unternehmen (KMUs) oder die starke Stellung der biochemischen Industrie lassen sich plausibel mit den frühen Weichenstellungen im politischen Prozess in Verbindung bringen. Die Dominanz traditioneller fermentationsorientierter Chemieunternehmen war auch dafür verantwortlich, dass die gentechnologische Revolution erst mit kritischer Verspätung die deutsche Wirtschaft erreichte. Diese blieb, wie das BMFT bereits früh erkannte, weitestgehend uninteressiert an größeren Umbaumaßnahmen an ihren eingespielten Entwicklungs- und Produktionsstrukturen. Entsprechend fristete die Gentechnik bis in die frühen 1980er Jahre in der deutschen FuE-Landschaft eher ein Schattendasein.

Parallel zur technologischen Industriepolitik bemühte sich das BMFT die akademische Infrastruktur für biotechnologische Forschung in Deutschland aufzubauen. Zu Beginn ihrer politischen Förderung hatte die neue Biotechnologie in der Academia einen eher schwachen Stand. Die Vernetzung zwischen den akademischen Disziplinen war wenig ausgeprägt. Zwei der Profiteure der Ausbaupolitik waren die *Gesellschaft für Biotechnologische Forschung* (GBF) in Braunschweig (heute *Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung*, HZI) sowie das wesentlich kleinere *Biotechnologie Zentrum*, das als Teil des nuklearen Forschungszentrums in Jülich eingerichtet wurde (heute *Institut für Biotechnologie*, IBT). Eine weitere Einrichtung in Jülich übernahm später als Projektträger auch die administrative Ausführung der Förderprogramme des Bundes im Bereich der Biotechnologie, ein Arrangement, das bis heute Bestand hat.

Die Formierung der Unterstützerallianz in der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) ähnelt dem Agendasetting durch die DECHEMA-Kommission. Der korporatistische Charakter fällt in beiden Fällen ins Auge, ebenso die starke Rolle der etablierten Spieler und die Abwesenheit kleiner und mittlerer Unternehmen. Die jeweils beteiligten Bundesministerien halten bzw. hielten sich in beiden Prozessen bezüglich wirtschaftlicher und technischer Fragen eher zurück. Sie vertrauten weitestgehend auf die Expertise der betroffenen Akteure. Die Meinungsführer kamen erneut aus den Reihen der intermediären Organisationen und wirtschaftsnaher Forschungsinstitutionen. So haben zum einen die *Deutsche Akademie der Technikwissenschaften* (acatech), die 1997 gegründete nationale Vertretungskörperschaft der deutschen Ingenieurwissenschaften, und zum anderen die Fraunhofergesellschaft frühzeitig eine beträchtliche Definitionsmacht aufgebaut. Sie haben die Agenda mitbestimmt und den Forschungsbedarf vor allem in der Speichertechnologie identifiziert.

Die gemischt besetzten Arbeitsgruppen der NPE sind seit dem Frühsommer 2010 intensiv mit der Formulierung der Forschungsagenda und der Förderstrategie beschäftigt. Die Richtlinien gibt zwar ein Lenkungskreis mit dem ehemaligen SAP-Vorstandsvorsitzenden Kagermann vor, doch werden die inhaltlichen Akzente in den Arbeitsgruppen gesetzt. Eigens abgestellte Mitarbeiter aus den Autounternehmen und aus der Energiewirtschaft prägen mit ihrer Expertise und geballten Vertretungsmacht in den Arbeitsgruppen die NPE. Technische Optionen und ingenieurwissenschaftliche Sichtweisen spielen eine große Rolle, weniger bedeutsam sind hingegen die Nutzungs- und Akzeptanzdimension der Elektromobilität. Nutzungsvorstellungen bleiben weitgehend implizit⁵. Es ist auch nicht überraschend, dass die Skepsis der etablierten Autoindustrie gegenüber den eingeschränkten Eigenschaften des Elektroautos im Vergleich zum Universalauto mit Verbrennungsmotor an vielen Punkten durchscheint. Diese Skepsis entspringt dabei nicht allein dem Streben nach „technologischer und produktionstechnischer Besitzstandswahrung“, sondern auch der unausgesprochenen Prämisse, dass ein Auto möglichst alle Bedürfnisse abdecken können muss.

Legitimierung durch Nutzenversprechen

Ob und gegebenenfalls wie und wann die Elektrotraktion sich als dominanter Antrieb durchsetzt, ist jedoch nicht nur eine Frage handlungsfähiger Akteursnetzwerke, sondern hängt auch davon ab, wie wirksam und überzeugend die Legitimierung der einzuschlagenden Förderstrategie ist. Dabei ist vor allem die Nutzungs- und Verwendungsperspektive künftiger Elektromobilität relevant. Neu ist, dass Elektromobile auf die Verknüpfungen mit anderen Verkehrsmitteln angewiesen sind. Unvermeidlich geraten damit Nutzungs- und Nutzerbilder in den Fokus. Diese sind mit-

⁵ Die bisher fehlende Nutzungsdimension im e-Mobility-Diskurs ist gar nicht so außergewöhnlich. Bereits bei der früheren Formierung des wissenschaftlich-technischen Feldes der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie konnte man diese Defizite beobachten (Canzler/Marz 2011).

entscheidend dafür, in welche Richtung und mit welchem Ziel elektromobile Antriebs- und Fahrzeugkonzepte überhaupt verfolgt werden. Ähnlich verhält es sich in der Biotechnologie bzw. Gentechnik, deren „Nutzer“ in erster Linie „Verbraucher“ sind, die mit ihrer Konsummacht und über zivilgesellschaftlichen Aktivismus, dem Einsatz derartiger Verfahren Grenzen setzen können. Die wissenschaftlichen Ziele und die Designs der Forschungsprogramme sind nicht zuletzt dadurch bestimmt, welche Anwendungen der zu entwickelnden Technik angenommen werden. Eine solche explizite Berücksichtigung von Nutzen- und Nutzervorstellungen in einem sich formierenden Innovationsfeld bezeichnen wir als kulturalistische Öffnung der innovationstheoretischen Diskussion, wobei wir auch auf frühere Ergebnisse der Technikgeneseforschung zurückgreifen (Rammert 1993; Dierkes 1997).

Um hinreichend Ressourcen für Forschung und Entwicklung sowie für die Etablierung von Forschungseinrichtungen mobilisieren zu können – so eines unserer zentralen Argumente – bedarf es nicht nur plausibler wissenschaftlicher und ökonomischer Potentialabschätzungen, sondern ebenso attraktive Nutzenversprechen und eine gesellschaftlich getragene Aussicht auf die Lösung relevanter Probleme. Lange wurde die innovationstheoretische Diskussion vorwiegend aus einer ökonomischen Perspektive, oftmals sogar aus einer beschränkten branchen- oder unternehmensspezifischen Sicht geführt. Innovationen werden in der Regel als Quelle für wirtschaftliche Wachstumsziele gesehen (Braun-Thürmann 2005; Grupp/Fornal 2010), die nach einer Phase des trial and error in eine Konsolidierung einmünden müssen, um dauerhaft Bestand zu haben. Eine solche pfadabhängige Grundstimmung etablierter und in ihren Interaktionen eingespielter Akteurskonstellationen ist das Ergebnis einer Schließung. In der Technikgeneseforschung wird der Schließung eines Wissens- und Technikfeldes die Phase der Öffnung gegenüber gestellt, in der verschiedene technische Lösungen und unterschiedliche Akteurskonstellationen um Anerkennung ringen und jeweils versuchen, eine faktische Standardsetzung und eine einträgliche wirtschaftliche Verwertung zu erreichen. Komplementär zum Phasenmodell von Öffnung und Schließung gilt in der innovationstheoretischen Debatte das Netzwerk, das sich grundsätzlich von einer formalisierten und geschlossenen Organisation wie einem Unternehmen oder einer Behörde durch eine Offenheit für neue Mitglieder auszeichnet und damit eine produktive Unruhe und Kreativität ermöglicht, die als Voraussetzungen für innovative Ideen unabdingbar sind (Saxenian 1991; Kowol/Krohn 1995; Markard/Truffer 2008).⁶

Die Studien zu den *Nationalen Innovationssystemen* (NIS) aus den letzten Jahrzehnten zielten vor allem auf Politikfelder, um international vergleichend Interventionschancen staatlicher Politik untersuchen zu können. Ihnen lag ursprünglich ebenfalls

⁶ Allerdings ist einschränkend darauf zu verweisen, dass Netzwerkstrukturen und offene Kooperationsbeziehungen vorwiegend in den noch jungen Sektoren der Neuen Technologien zu finden sind, während sie in traditionellen Branchen kaum vorhanden oder strikt „vorwettbewerblich“ beschränkt sind. Dies gilt auch und gerade für die Autoindustrie, wo das eigene Produktprofil und insbesondere das Antriebsaggregat zum Identitätskern der einzelnen Unternehmen gehören und Kooperationen entweder rechtlich exklusiv gestaltet oder ausdrücklich ausgeschlossen werden.

ein lineares Verständnis von Wissensentstehung, -verwertung und -diffusion zugrunde. Die NIS-Forschung erfuhr in den letzten Jahren jedoch eine breite, teils grundsätzliche Kritik. Gerade ihre Technikzentrierung und die Vernachlässigung der Verwendungskontexte werden seit langem kritisiert (aus der Sicht der sozialwissenschaftlichen Technikgeneseforschung: Sauer 1999: 17). Die NIS-Forschung sei immer noch am Modell der klassischen industriellen Produktion orientiert, in avancierten Ökonomien jedoch haben Dienstleistungen einen sukzessive steigenden Anteil an der Wertschöpfung erlangt. Techniken gerieten darin in eine „untergeordnete, dienende Rolle“ (Wengenroth 2001: 28). Das gelte vor allem für Konsumgüter. Innovationen im Konsumgüterbereich zeichneten sich dadurch aus, dass sie von den Kunden ausgehen und durch diese quasi „demokratisiert“ werden.

Die hier vertretene These lässt sich zugespitzt so zusammen fassen: Neue Innovationsfelder können sich nur dann konsolidieren, wenn mit der potenziellen Nutzung der aus ihnen entstehenden Produkte die kollektive geteilte Erwartung verbunden ist, soziale, ökonomische oder ökologische Probleme lösen zu können und zugleich Chancen der Partizipation in der Technik- und Produktentstehung gesehen werden. Wie im Fall der Elektromobilität bilden soziale und ökonomische Nutzensvorstellungen bei der Legitimierung des staatlich subventionierten Innovationsfeldes „Biotechnologie“ einen Dreh- und Angelpunkt für die Innovationspolitik. Nicht zuletzt sind die Lebenswissenschaften im Lichte neuester medizinischer, nahrungstechnischer und ökologischer Entwicklungen im öffentlichen Bewusstsein präsenter als jemals zuvor. Forschung an der Materie des Lebens, so eine häufig artikulierte Argumentation, könnte eines Tages tödliche Krankheiten wie Krebs oder AIDS heilen, den Welthunger besiegen und fossile Kraftstoffe ersetzen. Damit einher gehen allerdings auch Ängste vor Eingriffen in die Natur, deren mögliche Folgen und Risiken schwer einschätzbar sind. Die öffentliche Akzeptanz der Biotechnologie im Alltag, wo sie bereits in einer Vielzahl von Bereichen unbemerkt Einzug gehalten hat, steht und fällt mit ihrem wahrgenommenen Nutzen. Besonders deutlich zeigt sich dies im Diskurs um genetisch veränderte Lebensmittel. In der Gentechnik wird davon ausgegangen, dass die Leistungsfähigkeit von genetisch modifizierten Nutzpflanzen konventionellen Züchtungen in vielerlei Hinsicht überlegen ist: Die gezielte Veränderung des Erbguts einer Nutzpflanze ermögliche deutlich höhere Erträge auch in trockenen und salzigen Böden, ebenso wie bessere Resistenzen gegenüber Insekten und Unkraut. Zudem könne das Aussehen und der Nährstoffgehalt transgener Pflanzen beeinflusst werden. Nichtsdestotrotz steht der zugeschriebene Nutzen der grünen Gentechnik in der öffentlichen Wahrnehmung in vielen Industrieländern im Schatten der diskutierten Umwelt- und Gesundheitsrisiken. Wiederholt wird auch auf die sozioökonomischen Risiken für die Bevölkerungen von Schwellen- und Entwicklungsländern hingewiesen. Auch der Artenreichtum könnte in einigen Regionen durch die Dominanz neuer Züchtungen gefährdet sein (Sauter 2008). Da negative Folgen bisher allerdings weder umfassend nachgewiesen noch kategorisch ausgeschlossen werden konnten (OECD 2000), lässt sich die überwiegend ablehnende Haltung vor allem als Ergebnis diskursiver Deutungskämpfe verstehen. Ungeachtet der

spekulativen Natur bisheriger Debatten, hat die anhaltende Skepsis zu einer restriktiven Gesetzgebung und zur Marginalisierung entsprechender Forschungsstränge geführt. Auch wenn der Bereich der grünen Gentechnik nur einen kleinen Ausschnitt des äußerst heterogenen Feldes der Biotechnologie repräsentiert, so zeigt dieses Beispiel die Bedeutung der Akzeptanz eines Endproduktes für die Legitimität eines Innovationsfeldes. Da in der Bundesrepublik, wie in der gesamten Europäischen Union, genetisch veränderte Lebensmittel nur als Futtermittel unter strengen Auflagen angebaut und genutzt werden dürfen, stagniert in diesem Bereich auch die Forschungsförderung, was zu einer deutlichen Schwächung dieses Innovationsfeldes geführt hat.

Anders stellt sich die Situation in der Elektromobilität dar, doch auch hier beeinflusst die (antizipierte) Akzeptanz des Elektroautos die Formierungsprozesse des Feldes. Nur solange den Elektroautos zugetraut wird, dass mit ihrer Verbreitung die Abhängigkeit vom fossilen Energieträger Öl nachlässt und die klimaschädlichen CO₂-Emissionen signifikant sinken sowie das städtische Leben leiser und die Luft sauberer wird, ist diese Akzeptanz gewährleistet. Vor allem die Furcht vom absehbaren Ende der fossilen Energievorräte bei gleichzeitig dramatisch steigender Nachfrage nach Benzin und Diesel in den aufstrebenden Schwellenländern Asiens, Südamerikas und in Russland befördert die gesellschaftliche Projektion auf die Elektromobilität als zukunftstaugliche Alternative zum verbrennungsmotorbetriebenen Automobil. Hinzu kommt ein gewachsenes Interesse an urbanen Wohn- und Siedlungsformen. Die gestiegene Wertschätzung der Stadt als Wohn- und Lebensmittelpunkt geht mit dem gewachsenen Wunsch nach einem leisen und sauberen urbanen Verkehr einher. Schließlich gewinnt offenbar die Vision an Bedeutung, nach der Elektromobilität und die verstärkte Nutzung regenerativer Energien gut zusammenpassen und dass Elektromobile künftig sogar Teil eines intelligenten Stromnetzes sein können. Das Schlagwort von *smart grid* verheißt eben diese optimistische Perspektive. Es bringt eine positiv besetzte Zukunftsvorstellung eines nachhaltigen Energiepfades, der nicht mit Verzicht und Abstrichen in der Energieversorgung verbunden ist, auf den Punkt.

Im Unterschied zur Biotechnologie geraten in der Elektromobilität vor allem auch die konkreten *Nutzerbilder* in den Fokus des Interesses. Diese wirken vorwiegend implizit und stellen eine meistens unhinterfragte Prämisse für das strategische Handeln der verschiedenen Akteure dar. Neben diesen und anderen institutionellen Faktoren spielen soziale Einflussgrößen wie kollektive Werthaltungen, Mentalitäten und – insbesondere bei Massengütern wie Automobilen – verbreitete Nutzungsroutinen eine wesentliche Rolle (Rammert 2008; Wengenroth 2008). Bei den meisten Akteuren auf Seiten der Fahrzeughersteller, der Verbände und auch der Wissenschaft herrscht das Bild vom Nutzer vor, der sowohl seine Alltags- als auch seine Urlaubs- und Freizeitmobilität auf Grundlage der selbstverständlichen Nutzung eines Universalverkehrsmittels organisiert. Auch auf Konsumentenseite kann diese Nutzungserwartung als eindeutig dominierend festgestellt werden. Sie entspricht bis-

herigen Erfahrungen und dem uneingeschränkt gültigen Automobilleitbild der letzten Jahrzehnte. Alle Einschränkungen oder auch – positiv formuliert – alle Spezialisierungen werden in diesem Nutzerbild als unakzeptabel betrachtet. Alternative Nutzungskonzepte, z.B. die verschiedene Verkehrsmittel integrierende Mobilität – die so genannten „intermodalen Mobilitätsangebote“, haben eine Nischenrang und können nur auf wenige Unterstützer bauen.

In der Biotechnologie variieren die Nutzerbilder von Anwendungsgebiet zu Anwendungsgebiet. Oft werden gentechnische Produkte und Dienstleistungen im Hinblick auf verschiedene private, aber vor allem kommerzielle Abnehmergruppen entwickelt, wie beispielsweise andere produzierende Unternehmen oder Kliniken. Ein generalisierter „Endverbraucher“ lässt sich nicht ausfindig machen. In vielen Anwendungsgebieten wissen die meisten Konsumenten zudem gar nicht, ob es sich um biotechnologisch erzeugte Produkte handelt oder nicht. So finden sich in Reinigungsmitteln und Hygieneartikeln („weiße“ Biotechnologie) bereits seit längerem biotechnologisch produzierte Enzyme, ohne dass die technische Umstellung von den Käufern wahrgenommen oder gar bewusst mit vollzogen worden wäre. Eine etwas andere Betrachtungsweise liegt der Entwicklung neuer Arzneistoffe zugrunde: Im Sinne einer „individualisierten Medizin“ wird bei der Entwicklung neuer Wirkstoffe und Testverfahren mittlerweile berücksichtigt, wie Personengruppen mit bestimmten genetischen Dispositionen auf die Therapien ansprechen. Daher bauen Pharmaunternehmen derzeit Datenbanken mit entsprechenden Informationen auf, um zukünftig effizientere Präparate anbieten zu können. Das Bild des Nutzers bleibt dabei ein technisch-passives. Der eigentliche „Nutzer“ ist in diesem Fall der Arzt, der über die Verwendung der neuen Techniken entscheidet. Im Diskurs um die „grüne“ Biotechnologie spielen die Verbraucher dagegen eine wesentliche Rolle. Die Entwicklung und Einführung transgener Lebensmittel wird weltweit vor allem durch die Haltung der jeweiligen Bevölkerung ihr gegenüber bestimmt. Der Nutzer wird hier als kritischer Verbraucher antizipiert. Allein die in einigen Industrieländern positive kollektive Werthaltung gegenüber Produkten, die mit Hilfe traditioneller Anbaumethoden hergestellt wurden verringert die Wahrscheinlichkeit, dass sich genmanipulierte Lebensmittel erfolgreich am Markt etablieren können. Hinzu kommen aufgrund unklarer gesundheitlicher Nebenwirkungen verabschiedete Kennzeichnungsverpflichtungen und Verbote, so auch in der Europäischen Union.

Es schließt sich also der Kreis: Die Nutzen- und Nutzerperspektive gewinnt an Bedeutung, weil sich die Struktur der Wertschöpfung in fortgeschrittenen kapitalistischen Ökonomien grundlegend verschoben hat. Der Tertiarisierung und einer „Semiotisierung“ von Massenkonsumgütern müsse, so wenden Kritiker des klassischen Innovationsmodells zurecht ein, ein Wechsel zur „Theorie der Innovationskultur“ (Wengenroth 2001: 31) folgen. Darin sind die Aneignung von Techniken, ihre Integration in Alltagspraxen und Lebensstile sowie ihre symbolische Aufladung thematisiert und in eine Beziehung zu habituellen Konsummustern verschiedener sozialer Schichten und Milieus zu bringen. Gefordert wird also nicht weniger als eine dop-

pelte Wende, gleichsam ein *social and cultural turn* in der Innovationsforschung, um die „Paradoxien der Innovation“ zu überwinden (Sauer/Lang 1999). Das würde bedeuten, dass sich die bislang tonangebenden technischen und ökonomischen Disziplinen öffnen und bereits in der Entstehungsphase neuer Techniken – oder präziser: neuer technisch unteretzter Nutzungsformen – auch die Konsum- und Symbolperspektive vertreten sein muss.

Überträgt man diese Forderung nach einer doppelten Wende in der Innovationsforschung auf die aktuelle Diskussion um die Governance der potenziellen Basisinnovationen Elektromobilität und Biotechnologie, so würde das erhebliche Konsequenzen haben. Zum einen bedeutete es eine Erweiterung der bisherigen wissenschaftlichen und technischen Perspektiven. Sozial- und nicht zuletzt kulturwissenschaftliche Perspektiven müssten verstärkt aufgenommen werden. Zum anderen müssten bereits in einer frühen Phase der Technikförderung die potenziellen Nutzerinnen und Nutzer in deliberativen Verfahren wie *Fokusgruppen* oder in *usability labs* einbezogen werden. Nur so ließe sich die Konsum- und Aneignungsdimension einer neuen technischen Option hinreichend berücksichtigen. Im Fall der Elektromobilität würde das schließlich dafür sprechen, der experimentellen Variante in der Governance gegenüber der ordnungspolitischen und der Subventionsvariante den Vorzug zu geben.

Wichtiger als in der Biotechnologie dürften in der Elektromobilität nicht nur die konkreten Nutzerbilder selbst, sondern auch ihr strategischer Einsatz im Diskurs um die ökonomischen Chancen und Grenzen künftiger Elektromobilität sein. Um welche Nutzerbilder geht es und wie werden sie diskursiv eingesetzt? Zunächst einmal lassen sich in Abschätzungen von Marktpotenzialen implizite Nutzerbilder erkennen. Empirisch gilt es zu bestimmen, welche Marktpotenziale von welchen Akteuren antizipiert und welche zukünftigen Nutzen und Kosten angenommen werden. Nicht zuletzt ist von Interesse, ob und in welchem Maße eine multimodale Mobilitätspraxis, also die Verknüpfung verschiedener Verkehrsmittel unter einer Nutzungsoberfläche, in Ballungsräumen und die Akzeptanz intermodaler Mobilitätsdienstleistungen (Beckmann et al. 2006) künftig erwartet werden. Dabei handelt es sich um ein junges, aber derzeit stark wachsendes Marktsegment. Mittlerweile arbeiten fast alle Autohersteller an neuen Mobilitätsdienstleistungen, in denen das Auto nach Bedarf auf Mietbasis genutzt werden kann und mit anderen Verkehrsmitteln verknüpft ist (Canzler/Knie 2011). Hegemonial ist im derzeitigen Diskurs über die zukünftige Mobilität, auch in der Diskussion über Elektromobilität im Besonderen, das Nutzerbild des Universalfahrzeugbesitzers. Die prägenden Diskursteilnehmer können auf die implizite Übereinstimmung mit den Präferenzen des größten Teils des Publikums, d. h. sowohl bei den Ingenieuren und Autoenthusiasten als auch bei den Nutzerinnen und Nutzern, rechnen.

Konsolidierung durch die Bildung stabiler Organisationsnetzwerke

Technologiethemen folgen auch den Aufmerksamkeitszyklen von Politik und Öffentlichkeit. Doch was bleibt, wenn sich die Interessen verschieben und der Fluss der Fördermittel abebbt? Wie robust sind Innovationsfelder, die ihren Erfolg zu einem erheblichen Teil nicht-akademischen Akteuren zu verdanken haben, die zudem weniger aus einer disziplinären oder professionellen Tradition, sondern aus einer praktisch-ökonomischen Argumentation heraus legitimiert wurden? Einmal förderpolitisch und diskursiv etabliert, geht es für ein wissenschaftsbasiertes Innovationsfeld darum, sich zu festigen und auszudifferenzieren.

In der Wissenschaftsforschung gelten Forschungsfelder dann als etabliert, wenn sie von einer Gemeinschaft von Peers getragen werden, die sich durch eine gemeinsame Forschungsperspektive und eine eigene Identität auszeichnet. Das Konzept der *scientific communities* ist eng verbunden mit Thomas Kuhns Begriff des wissenschaftlichen Paradigmas. Im Postskript zu seinem Standardwerk *The Structure of Scientific Revolutions* definiert Kuhn ein Paradigma im soziologischen Sinn als „the entire constellation of beliefs, values, techniques, and so on shared by the members of a given community“ (Kuhn 1976: 175). Allerdings stößt Kuhns Definition bei dem Versuch der Beschreibung von wissenschaftsbasierten Innovationsfeldern an ihre Grenzen. Wie die Beispiele von Elektromobilität und Biotechnologie zeigen, müssen oftmals Wissenschaftler und Ingenieure aus verschiedenen Disziplinen miteinander interagieren. Ihnen fehlt die einheitliche Wissensbasis, ebenso wie ein gemeinsames Selbstverständnis. Anders als bei Kuhn, der in seiner Analyse vor allem längst konsolidierte akademische Fächer wie die Physik oder Biologie vor Augen hatte, handelt es sich bei den praxisnahen Feldern E-Mobility und Biotechnologie um heterogene Konstrukte, die verschiedene Gemeinschaften von Wissensproduzenten einschließen können, selbst allerdings nicht die Kriterien einer Gemeinschaft im engeren Sinne erfüllen, da ihnen der disziplinäre Kontext fehlt (Gläser 2006: 306). Vielmehr handelt es sich um interdisziplinär und problemorientiert angelegte Netzwerke. Halfmann und Schützenmeister stellen bei der Betrachtung des ähnlich heterogenen Feldes der neueren Klimaforschung fest, dass problemorientierte Forschung meist in Projekten stattfindet, die verschiedene klassische Disziplinen umspannen.

„Vielmehr sind immer häufiger Kollaborationen typisch, in denen nicht nur das Wissen mehrerer Disziplinen, sondern auch die Ressourcen mehrerer Organisationen temporär zusammen geführt werden. Wissenschaftler greifen daher neben den informalen Strukturen der wissenschaftlichen Kommunikation auch auf ein komplexes Netzwerk organisatorischer Ressourcen zurück“ (Halfmann/Schützenmeister 2009: 10).

Ob in Anbetracht der konstatierten Überschreitung verschiedener disziplinärer Grenzen in problemorientierten Innovationsfeldern auch auf epistemischer Ebene verschiedene Forschungs- und Arbeitskulturen miteinander verschmelzen und eine neue „hybride“ Praxis – im Sinne eines *Mode 2* der Wissensproduktion (Gibbons et al. 1994) – hervorbringen oder inwiefern zumindest eine funktionierende Arbeitstei-

lung zwischen den verschiedenen epistemischen Gruppierungen sichergestellt werden kann, ist eine bislang nicht beantwortete Frage. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Vermischung aus Sicht der politischen und wirtschaftlichen Akteure gewünscht bzw. durch die massive Förderung kooperativer Strukturen forciert wird. Mit dem Verwischen der Grenzlinien zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung bzw. naturwissenschaftlicher und ingenieurwissenschaftlicher Forschung verbindet sich zum einen ein kürzerer Weg zwischen Erkenntnis und Produkt. Zum anderen besteht die Hoffnung, dass durch eine stärkere „ingenieurwissenschaftliche Prägung“ der Lebenswissenschaften auch Industrieoffenheit und Erfindergeist importiert werden (Braun-Thürmann et al. 2010: 175ff.).

Im Gegensatz zur Elektromobilität bzw. der Elektrochemie hat die Biotechnologie in der Bundesrepublik bereits einige Jahrzehnte der akademischen Konsolidierung hinter sich. Die Frage, ob sich in dieser Zeit eine eigenständige Wissenskultur, oder anders gesagt, ein „biotechnologisches Paradigma“ herausgebildet hat, bleibt indes schwer zu beantworten. In der restriktiven Lesart des etablierten Fächerkanons, wie er beispielsweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) vertreten wird, gilt die Biotechnologie lediglich als Schnittmenge zwischen Biologie, Biochemie und Verfahrenstechnik. Oft firmiert sie auch als eine Art „angewandte Molekularbiologie“. Diese Abwehrhaltung manifestiert sich vor dem Hintergrund der historisch gewachsenen, professionsähnlich organisierten und oft stark selbstreferenziellen Fachgemeinschaften. Forschende der biotechnologisch anschlussfähigen Disziplinen grenzen sich jeweils durch eigene Methoden, historische Narrative, Gegenstandsbeschreibungen, Fachvertretungen, Reputationssysteme und epistemische Kulturen gegeneinander ab. Allerdings befinden sich diese unterschiedlich sozialisierten Forschergruppen in der Biotechnologie zunehmend in einem Verhältnis wechselseitiger epistemischer Abhängigkeit. In der Forschungspraxis ist die molekularbiologische Grundlagenforschung längst auf eine Ebene vorgedrungen, in der technische Apparaturen und deren Weiterentwicklung die praktische Arbeit und den fachlichen Erkenntnisfortschritt wesentlich mitbestimmen. Gleichermaßen beruhen neue Syntheseverfahren in der Anwendung und Produktentwicklung im Wesentlichen auf Erkenntnissen aus der Grundlagenforschung (Knorr-Cetina 1999).

Tatsächlich zählt die enge Kopplung von lebenswissenschaftlicher Grundlagenforschung und technologischer Applikation zu den immer wieder hervorgehobenen Besonderheiten der Biotechnologie. Dieses Denken wird seit jeher in den Technikwissenschaften kultiviert. In der Fachkultur der Ingenieure gelten „Erkennen“ und „Gestalten“ als gleichwertige Zielsetzungen der Forschungsarbeit. Reine Erkenntnis materieller Prozesse könne nicht der einzige Zweck wissenschaftlichen Handelns sein. Die Manipulation technischer Artefakte, vor allem die Entwicklung und Optimierung technologischer Anwendungen bildet einen Grundpfeiler des ingenieurwissenschaftlichen Grundverständnisses. Ingenieurwissenschaftliches Wissen ist damit aber nicht automatisch im Bereich der Industrie angesiedelt. Zwar wird das wissenschaftliche Wissen im Hinblick auf die spätere Anwendung gewonnen, doch ist es

damit noch nicht für die unmittelbare Verwertung bestimmt. Der Ingenieurshabitus lässt sich gemeinhin als „praxisorientierter Pragmatismus“ beschreiben. Das Ideal für den Ingenieur sind die Rolle des „guten Problemlösers“ (Kornwachs 2004) sowie eine „Harmonie zwischen Theorie und Praxis“ (Channell 1982). Trotz oder gerade wegen der engen Verbindung verschiedener disziplinärer Kulturen in einer eigenständigen Form handelt es sich bei der Biotechnologie weder um ein überschaubares Forschungsprogramm noch um ein akademisch klar umrissenes Fachgebiet. Allein die Unterscheidung entlang ihrer Nutzungsfelder – von der Arzneimittelherstellung über die Pflanzenzucht bis zur Abfallwirtschaft – belegt ihre Vielseitigkeit. Oftmals als „Querschnittswissenschaft“ bezeichnet (BMBF 2001: 4), umfasst sie außerdem, je nach Kontext, verschiedene Areale, die sich mal fast ausschließlich auf die kommerzielle Anwendung beschränken, mal bis in die biologische Grundlagenforschung hinein greifen. In seiner integrativen Verwendungsweise, wie sie seitens des BMBF praktiziert wird, hat der Begriff umfassende Folgen für jene Bereiche, die sich unter diesem gemeinsamen wissenschaftlich-technischen Schirm fördern lassen. Grenzziehungen, die von Forschungsorganisationen, politischen Akteuren und den Wissenschaftlern selbst vorgenommen werden, entscheiden letztlich auch über die Verteilung von Fördermitteln, institutioneller Macht und wissenschaftlicher Reputation (Gieryn 1999, 1983).

Ob organisch gewachsen oder extern forciert – die Biotechnologie hat sich zu einem heterogenen, aber sehr stabilen wissenschaftlichen Raum konsolidiert. International lässt sich eine Fülle von Fachzeitschriften, Tagungsreihen und Vertretungskörperschaften identifizieren. Auch wenn sich die Diskursplattformen im biotechnologischen Innovationsfeld in der Regel dezidiert als „interdisziplinär“ verstehen, kann ihnen aufgrund ihrer Beständigkeit und eigenständigen Theoriedebatten durchaus auch eine „disziplinierende“ Funktion attestiert werden (Buchholz 2007). In Deutschland wie auch in anderen Ländern ist die Biotechnologie in der akademischen Forschungslandschaft bereits institutionalisiert. Anders als noch die erste Generation von Biotechnologen, bei der es sich weitestgehend um Quereinsteiger aus benachbarten Disziplinen gehandelt hat, haben viele jüngere Forscher ihre wissenschaftliche bzw. berufliche Ausbildung im Rahmen dezidiert biotechnologisch ausgerichteter Studiengänge absolviert. Diese wurden zunächst vor allem an Fachhochschulen eingerichtet, um den wachsenden Fachkräftebedarf der Industrie abzudecken. Aber auch auf der Ebene akademischer Forschung hat sich die Biotechnologie in Deutschland ausgehend von den staatlich initiierten Großforschungseinrichtungen (heute Helmholtz-Institute) rasant ausgebreitet. Zur institutionellen Infrastruktur gehören mehr als 200 Forschungseinrichtungen, an denen zusammengerechnet rund 27.000 Menschen beschäftigt sind (BIOCOM 2010: 18). Längst hängt die Biotechnologie in ihrem Grundbestand nicht mehr von projektorientierten Förderprogrammen ab. Ihre Legitimität als akademisches Forschungsfeld und Wirtschaftsbranche steht ungeachtet kontroverser Debatten um ihre kommerziellen Nutzungsformen nicht in Frage. Buchholz kommt daher zu dem Schluss, dass sich die Biotechnologie trotz ihrer Vielfältigkeit ein eigenständiges wissenschaftliches Paradigma konsolidiert hat und

damit eine akademisch „reife“ Forschungsdisziplin im Kuhn'schen Sinne darstellt (Buchholz 2007: 1116).

Eine solche wissenschaftszentrierte Diagnose ist jedoch problematisch, da sie einen wesentlichen Teil des biotechnologischen Organisationsnetzwerkes ausblendet. Selbst wenn wir annehmen, dass sich unter dem Label „Biotechnologie“ eine Reihe quasi-disziplinärer Gemeinschaften im Sinne von eigenständigen „Zitierkartellen“ herausgebildet hat (Dalpe 2002; Heimeriks et al. 2003), so fehlen in dieser Betrachtung jene Akteure, die im Wesentlichen zur Etablierung und Konsolidierung der Biotechnologie beigetragen haben. Unternehmen bleiben in der Analyse außen vor, ebenso intermediäre Organisationen, sofern sie an der wissenschaftlichen Kommunikation nicht unmittelbar teilnehmen. Innovationsfelder wie die Biotechnologie und auch die Elektromobilität erfordern die Einbeziehung wissenschaftsexterner „Peers“ in einer „erweiterten“ scientific community, im Sinne einer *hybriden community* (van den Daele et al. 1979) oder auch *problem-solving community* (Mathisen 1990). Mathisens Begriff impliziert, dass „a set of social problems constitute the rallying point for researchers and users and that researchers' goals to improve social conditions and reform society are a driving motive for their work.“

Erhellend lässt sich mit Hilfe dieser Perspektive auch das disziplinäre Organisationsnetzwerk der Elektromobilität betrachten. Dabei wird schnell deutlich, dass es sich bei der Elektromobilität um ein „Innovationsfeld im Werden“ handelt. Entsprechend vorläufig und wenig gefestigt sind die Netzwerke. Noch ist offen, wie innovatives E-Mobility-Wissen produziert wird und wie es sich in den einzelnen Disziplinen oder aber in einer neuen disciplinary matrix herausbildet. Beobachtet werden kann derzeit, dass sich – wie auch in anderen Feldern der Wissensproduktion – neue hybride Forschungskonstellationen mit Teilnehmern aus Wissenschaft und Wirtschaft bilden. Von einer Konsolidierung kann erst dann die Rede sein, wenn sich eine *eigenständige E-Mobility-Community* mit einer robusten Wissenskultur herausbildet, wie wir sie aus der Verbrennungsmotortechnik kennen. Daher ist es von besonderem Interesse, wie die Kooperationsformen zwischen Wissenschaft und Unternehmen aussehen in dem Fall, dass der Übergang von E-Mobility von einem Nischen- zu einem Massenprodukt gelingt und welche Rolle möglicherweise Dritte, nämlich intermediäre Einrichtungen und Nutzergruppen darin spielen. Wissenschaftssoziologisch relevant ist zudem, ob der für inkrementelle Innovationen übliche Entwicklungsverlauf von der Grundlagen- und der angewandten Forschung über das *prototyping* hin zur Serienfertigung auch bei der potenziellen Basisinnovation E-Mobility Gültigkeit behält oder ob ein anderes Verlaufsmuster der Erkenntnisproduktion entsteht.

Im Unterschied zur Biotechnologie, aber auch zu anderen jungen Wissensfelder wie der Nanotechnik oder der Fotovoltaik kommen in der Automobil- und generell in der Verkehrswirtschaft innovative Impulse kaum aus der akademischen Forschung. Vielmehr finden sich hier traditionell enge Verflechtungen zwischen unternehmenseigenen Forschungs- und Entwicklungseinheiten und universitären bzw. au-

ßeruniversitären Forschungseinrichtungen. Bisweilen betrachten Autohersteller diese gar als ihr „verlängertes FuE-Labor“. Entsprechend vernetzt sind die Interaktions- und Kooperationsformen zwischen den Autoherstellern (und den großen Zulieferern) und den führenden universitären (und außeruniversitären) Instituten der Fahrzeugtechnik in Aachen, Karlsruhe, Braunschweig, München, Berlin oder Linz. Vielfältige gemeinsame Forschungsaktivitäten, der im Verhältnis zu anderen Feldern häufige Wechsel von Forschenden aus Unternehmen in die Wissenschaft und umgekehrt sowie eine eingespielte Rekrutierungspraxis der Unternehmen aus den auf den Bedarf ausgerichteten Studiengängen der „Partnerhochschulen“ zeigen ein fast symbiotisches Verhältnis zwischen Autoindustrie und den fahrzeugtechnischen Disziplinen.

In der Autoindustrie herrschen seit Jahrzehnten „geschlossene Innovationszirkel“ vor, know how wird streng geschützt⁷. Gleichzeitig ist die Branche durch hoch wirksame und fest gefügte kollektive Perzeptionsmuster geprägt. Ein starkes technisches Leitbild bestimmt seit langer Zeit die Innovationsrichtung (Canzler 1996). In der reifen Automobil-Industrie bedeuten inkrementelle Verbesserungen des Produktes in der Regel eben die Optimierung bestehender technischer Lösungen. Die Gefahr des „Overengineering“ ist groß. Vermutete Verwendungszwecke und unterstellte Erwartungen von Nachfragern werden auf der Basis der bestehenden Verbrennungsmorteknik linear fortgeschrieben.

Vor dem Hintergrund dieser hochformatierten Struktur der Automobilbranche erscheinen neue wissenschaftliche Diskurse und ihre Träger in einer Pionierrolle für die grundlegende Innovation der Elektromobilität. Treibende Kraft dafür ist in Deutschland die öffentliche Förderung, die im Zuge des *Konjunkturprogramms II* der Bundesregierung im Jahr 2009 einsetzte und voraussichtlich für den Zeitraum von 2012 bis 2014 mehr als verdoppelt wird. Diese hohe Förderbereitschaft der Bundesregierung wiederum ist nicht zu verstehen ohne den innovations- und industriepolitischen Anspruch in vielen Ländern der OECD, den Einstieg in eine Mobilität jenseits der Verbrennungsmorteknik zu forcieren (BMBF 2006; Kaiser et al. 2008; Acatech 2010; EFI 2010: 72ff.). Wie dynamisch diese Themenkarriere und gleichzeitig auch die Förderpolitik des Bundes ist, zeigt sich u. a. darin, dass die Fraunhofer-Gesellschaft im September 2009 das Projekt „Systemforschung Elektromobilität“ gestartet hat, in dem 34 Fraunhofer-Institute mitarbeiten und das bis 2011 zusätzlich fast 60 Millionen Euro Bundesmittel erhält (Hanselka, Jöckel 2010: 29 ff.). Darin werden vier Schwerpunkte verfolgt: neben der „Energieerzeugung, -verteilung und -umsetzung“, der „Energiespeichertechnik“ und den „Fahrzeugkonzepten“ auch die „Technische Systemintegration und gesellschaftspolitische Fragestellungen“ (ebd).

⁷ Doch betont die jüngere Institutionenökonomik, wie ein leichter und kostengünstiger Zugang zu Informationen Innovationen beflügelt (Hipel 2005; Shapiro, Varian 1999); die dynamische open source-Praxis in der Software- und IT-Welt belegt diese These eindrucksvoll (Saxenian 1991). Doch selbst für open source-Communities gilt, was von geschlossenen Entwicklergruppen seit Langem bekannt ist: schnell entwickeln sich Subgruppen mit spezifischen Codes und Gruppendynamiken, die die Veränderungsbereitschaft im Zaum halten und die kollektiven Perzeptionen stark filtern.

Auch die Helmholtz-Gemeinschaft ist aktiv geworden. So wurde Anfang 2011 vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) als Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft in Kooperation mit der Universität Ulm das „Helmholtz-Institut Ulm für Elektrochemische Energiespeicherung“ gegründet. Weitere Forschungscluster wurden etabliert bzw. befinden sich im Aufbau.

In der Zusammensetzung sowohl des Fraunhofer-Forschungsverbundes als auch der ersten Forschungscluster zeigen sich die Hauptbeteiligten: In erster Linie sind die Elektrochemie für die Batterie- und generell für die Speichertechniken, die Steuerungselektronik für die Integration des Elektroantriebs in das Fahrzeug und die Materialforschung für den Karosseriebau eingebunden. Weniger gefragt sind die alt-hergebrachten Disziplinen bzw. Subdisziplinen wie die Verbrennungsmotortechnik und der Metallkarosseriebau. Weil es darum geht, komplett neue Antriebs- und Fahrzeugmodelle zu kreieren, entstehen neue hybride Communities. Ein Seiteneffekt dieser disziplinären Achsenverschiebung ist: Dass neue Akteure in dem sich formierenden Technik- und Wissensfeld E-Mobility auftauchen, setzt das überkommene Konzept des Universalfahrzeugs unter Stress⁸.

Gleichzeitig betreten Entrepreneurure das „organisationale Feld des Automobils“ (Orsato 2009: 155), Automobilzulieferer orientieren sich um, neue Allianzen, beispielsweise zwischen Zulieferern, Energieversorgungsunternehmen und wissenschaftlichen Instituten, entstehen. Kooperationen im vorwettbewerblichen Bereich von alten und neuen Spielern werden ausdrücklich gefordert, wie von der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI 2010: 80ff.). Eine lupenreine Trennung von vorwettbewerblicher FuE und einer Markteinführung lässt sich kaum durchhalten. Dass sich E-Mobility allein über den Markt etabliert, wird von Branchenvertretern, aber insgesamt im Kreis der Beteiligten der NPE zugleich ausgeschlossen. Die Markteintrittshürden sind hoch und notwendige Skaleneffekte können erst realisiert werden, wenn eine kritische Nachfrage vorhanden ist. Um diese Nachfrage zu bündeln, bedarf es wiederum einer aktiven Unterstützung der Markteinführung.

Im internationalen Kontext wirken die deutsche „Nationale Initiative Elektromobilität“ und die NPE im Übrigen geradezu zurückhaltend: Angetrieben wird die Elektrifizierung des Autos in den USA, Japan, China und auch in Frankreich mit Milliarden-Beträgen⁹. Vor allem von Wirtschaftswissenschaftlern und von den Gewerkschaften

⁸ Es ist in diesem Zusammenhang jedoch auch daran zu erinnern, dass Konzepte und Techniken mit dem Potenzial für radikale Innovationen im Personenverkehr in den letzten Jahrzehnten bereits mehrfach aufgetaucht sind (Shnayerson 1996; Knie et al. 1999). Ihr Scheitern retrospektiv zu analysieren sollte daher dazukommen. Auf erste Bewertungen kann dabei zurückgegriffen werden (Projektgruppe Mobilität 2004).

⁹ So prescht China mit ambitionierten Planzahlen vor: Geplant ist, jährlich 500.000 „new energy vehicles“ zu produzieren. Sie sind zunächst für den Binnenmarkt vorgesehen. Die Steuerpolitik wird bis 2011 angepasst. Anschaffungsprämien sind vorgesehen und die Städte sind angewiesen, durch Nutzerbevorzugungen und eine subventionierte Beschaffungspolitik die Verbreitung der Elektromobile zu unterstützen. Auch Frankreich, Japan, Österreich, Dänemark und Großbritannien sind aktiv. In diesen Ländern erhalten Käufer eine Anschaffungsprämie zwischen 5.000 bis 7.500 Euro pro Fahrzeug dazu oder können wie in Dänemark bei der hohen Kaufsteuer sparen.

werden daher Warnungen formuliert. Die Autoindustrie als eine Schlüsselbranche der deutschen Volkswirtschaft könnte in den kommenden Jahren massiv bedroht sein, wenn hierzulande nicht analoge Maßnahmen eingeleitet werden (Acatech 2010; EFI 2010).

Was hier jedoch primär – und auch im Vergleich zur Biotechnologie – von Interesse ist, ist das Netzwerk der entstehenden E-Mobility. Es wird geprägt von hybriden Communities, die sich in neu gegründeten Forschungsclustern bilden, von etablierten Automobilherstellern und Zulieferern, die sich dem globalen Trend zu elektrischen Antriebskonzepten nicht verschließen können, sowie von „neuen Akteuren“. Fast unübersichtlich wird die Akteurskonstellation dadurch, dass eine zusätzliche technische und insbesondere infrastrukturelle Verknüpfung zunehmend in den Fokus der emobilen Zukunftsdiskussion gerät: Erst wenn es gelingt, die beiden zentralen Themenfelder „Zukunft der Mobilität“ sowie „Zukunft der Energie“ eng miteinander zu verknüpfen, können sich die erhofften Synergien ergeben. Die Verengung der Elektromobilität auf die Antriebsfrage dürfte der Komplexität der Transformation nicht gerecht werden. Auch das ist ein neuer Diskurs im „Innovationsfeld E-Mobilität im Werden“. Es gab bisher in der Forschung und Entwicklung kaum Berührungspunkte zwischen Automobil- und Energiesektor. Offene Praxistests sowohl von Elektroautos im Flottenbetrieb als auch in ihrer Vernetzung mit anderen Verkehrsmitteln sind nötig, um Erfahrungen zu sammeln. Für die Einbindung von Elektromobilität als flexible Speicheroption in ein intelligentes Stromnetz und für eine entsprechende Vernetzung mit den Informations- und Kommunikationstechnologien bedarf es umfänglicher Pilotversuche unter Realbedingungen. Bisher ist die Forschung zur Elektromobilität in Deutschland allerdings auf die fahrzeugseitige Batterie- und Steuerungselektronikforschung konzentriert. Mit dem verstärkten Einsatz regenerativer Energien und mit dem damit verbundenen höheren Speicherbedarf wächst allerdings der Druck, zusätzliche Speicheroptionen aufzubauen. Autobatterien könnten eine solche Option sein. Die Erwartungen, mit der Verbreitung von Elektrofahrzeugen das Problem der schwankenden Stromproduktion der politisch und gesellschaftlich gewollten regenerativen Energien in den Griff zu bekommen oder zumindest zu mildern, könnten ebenfalls steigen. Eine Integration von Verkehrsmitteln und Stromnetz wäre dann zweiseitig anzugehen, das hätte erhebliche Konsequenzen sowohl für die beteiligten Innovationsnetzwerke als auch für deren Forschungs- und Entwicklungsziele. Dieses unter Netzwerkaspekten und im Blick auf die Konsolidierungschancen der sich bildenden Akteurskonstellationen zu untersuchen, dürfte erhebliche Erkenntnisgewinne abwerfen.

Ausblick

Wie die Gegenüberstellung gezeigt hat, zeichnen sich bei der näheren Betrachtung der Innovationsfelder Biotechnologie und Elektromobilität trotz ihrer Verschiedenheit ähnliche Muster bei der Genese und frühen Entwicklung ab. Die Biotechnologie wurde als idealtypisches Beispiel für die Verschränkung aus Wissenschaft, Wirt-

schaft und Politik in vielerlei Hinsicht zum Modell für die Formierung und Formung weiterer Innovationsfelder. In diesem Sinne gelten die Erkenntnisse von über drei Jahrzehnten staatlicher Wissenschafts- und Innovationspolitik in diesem Bereich auch für die Elektromobilität. Letztere steht heute an dem Punkt, an dem die Biotechnologie Ende der 1970er Jahre stand. Als frühe Triebkräfte identifizierten politische Akteure die Biotechnologie und Elektromobilität als „Möglichkeitsräume“ für anwendungsrelevante Zukunftstechnologien. Dabei bedienten sie sich externer Expertise, die nach dem korporatistischen Modell der Interesseninklusion generiert und entschlossen in Förderprogramme umgesetzt wurde. Biotechnologie und E-Mobilität waren und sind daher auf wissenschafts- und industriepolitische Unterstützung angewiesen. Langfristig gesichert werden können wissenschaftlich-technische Innovationsquellen allerdings nur in einem robusten Organisationsnetzwerk. Dazu gehören in der Biotechnologie und Elektromobilität auch Akteure aus der Unternehmenswelt, Wissenschaftspolitik sowie eine Reihe intermediärer Organisationen wie die DECHEMA und die NPE. Daher lassen sich diese Innovationsfelder am besten als „heterogene communities“ konzipieren, die über die Grenzen der wissenschaftlichen Produktionsgemeinschaften hinausgehen.

Der Forschung kommt nichtsdestotrotz eine Schlüsselrolle zu: Sie ist der Nexus von Basisinnovationen und sieht sich mit der Erwartung konfrontiert, das Wissen für jene Technologien zu liefern, das Seitens der Wirtschaft und Politik als Zielvorstellung propagiert wird. Problemorientierte Forschungsfelder sind jedoch in den seltensten Fällen disziplinär verankert. Die Entstehung trans- und interdisziplinärer Kooperationen kann aus diesem Grund auch als Anliegen staatlicher Förderstrategien betrachtet werden. Zwar kann nicht davon gesprochen werden, dass in diesem Innovationsregime politische Akteure steuernd in die Wissenschaft eingreifen bzw. eingegriffen haben. Jedoch zeigt sich in der rückblickenden Betrachtung, wie durch die Etablierung der Biotechnologie Anwendungsaspekte sowie Elemente der ingenieurwissenschaftlichen Wissenskultur auch in der lebenswissenschaftlichen Grundlagenforschung gestärkt werden konnten. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese „epistemische Konvergenz“ auch für die Elektromobilität eine entscheidende Rolle spielen könnte.

Die Auseinandersetzungen der beteiligten Akteure darüber, wie eine erfolgreiche E-Mobility aussehen muss und wo ihre Marktpotentiale liegen, ist in vollem Gange. Die Verteilung von Ressourcen trägt ebenso zur jeweiligen Formierung des Feldes bei wie die Behauptung wirkmächtiger Leitvorstellungen. Die notwendige Akzeptanz in der Öffentlichkeit kann nur über das Versprechen entstehen und Bestand haben, umfassende gesellschaftliche Probleme zu lösen. Die anhaltenden Auseinandersetzungen über die Folgen und Risiken der Gentechnik haben jedoch auch gezeigt, wie sehr das Gedeihen einer Technik von ihrer Akzeptanz in der Bevölkerung abhängt. In beiden Fällen bleibt weiterhin unklar, wie die zukünftigen Nutzungsformen wissenschaftlicher Erkenntnisse aussehen werden. Bei der E-Mobility kommt erschwerend hinzu, dass bereits bei der Konstruktion der Technik das Nutzerverhalten anti-

zipiert werden muss, während die Biotechnologie mit ihren vielfältigen Einsatzfeldern für die „Endabnehmer“ eher unbemerkt im Alltag Einzug gehalten hat. Sich bildende Technik- und Wissensfelder brauchen ein umfassendes Leit- und Zukunftsbild, auf das sie sich als gemeinsame Referenz beziehen können.

Die bisherigen Beobachtungen machen deutlich: Auch wenn die Formierung neuer Innovationsfelder keiner einfachen Formel folgt, so lassen sich aus einer vergleichenden Perspektive ähnliche Interaktionsmuster erkennen. Biotechnologie und Elektromobilität stehen für ein umfassendes staatlich vorangetriebenes Innovationsregime, welches sie in ihrer jetzigen Form überhaupt erst ermöglicht hat. Die hier vorgeschlagenen heuristischen Vergleichsaspekte sind nicht als Endergebnis, sondern als Beginn einer tiefergehenden Analyse beider Felder gedacht. Sie dienen gleichwohl als Trajekturen, entlang derer sich neue Fragestellungen auftun, die über den bisherigen Stand der Forschung hinausgehen und nur empirisch beantwortet werden können. Zu nennen ist hier insbesondere die Rolle der Nutzen- und Nutzervorstellungen bei der Etablierung bestimmter Techniken, die auf theoretischer Ebene mit einer kulturalistischen Öffnung gängiger Innovationsmodelle einhergeht. Ebenso unbeantwortet blieb bisher die Frage nach der Bildung robuster Organisationsnetzwerke, gewissermaßen „disziplinärer“ Strukturen für förderpolitisch konstituierte inter- bzw. transdisziplinäre Wissens- und Praxisfelder. Wir sind der Überzeugung, dass ein weitergehender Vergleich von Biotechnologie und Elektromobilität in besonderem Maße geeignet ist, generalisierbare Aussagen über Entwicklungsprozesse problemorientierter Wissenschaft und wissenschaftspolitischer Handlungsspielräume zu treffen.

Literatur

- Acatech (2010): *Wie Deutschland zum Leitanbieter für Elektromobilität werden kann.*
- Beckmann, K.J./Chlond, B./Kuhnimhof, T./von der Ruhren, S./Zumkeller, D. (2006): *Multimodale Nutzergruppen – Perspektiven für den OV*, In: Internationales Verkehrswesen, Jg. 58, H. 4, S. 138-145.
- BIOCOM (2010): *Die Deutsche Biotechnologie Branche 2010.* Berlin: biotechnologie.de.
- BMBF (2001): *Rahmenprogramm Biotechnologie. Chancen nutzen und gestalten.* Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- BMBF (2006): *Die Hightech-Strategie für Deutschland.* Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- BMBF (2008): *Impulsgeber Lebenswissenschaften. Forschung für die Innovationen der Zukunft.* Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- BMBF (2010a): *Elektromobil in die Zukunft. Batterieforschung als Schlüssel.* Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- BMBF (2010b): *Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030. Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft.* Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Braun-Thürmann, Holger (2005): *Innovation.* Bielefeld: Transcript-Verl.
- Braun-Thürmann, Holger/Knie, Andreas/Simon, Dagmar (2010): *Unternehmen Wissenschaft Ausgründungen als Grenzüberschreitungen akademischer Forschung.* Bielefeld: Transcript-Verl.
- Buchholz, K. (2007): *Science – or not? The status and dynamics of biotechnology*, In: Biotechnology Journal, Jg. 2, H. 9, S. 1154-1168.
- Bud, Robert (1993): *The uses of life. A history of biotechnology.* Cambridge ; New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Callon, M. (1980): *The State and Technical Innovation – a Case-Study of the Electrical Vehicle in France*, In: Research Policy, Jg. 9, H. 4, S. 358-376.
- Callon, M. (1986): *Some Elements of a Sociology of Translation – Domestication of the Scallops and the Fishermen of St-Brieuc Bay*, In: Sociological Review Monograph, Jg. H. S. 196-233.
- Canzler, Weert (1996): *Das Zauberlehrlingssyndrom. Entstehung und Stabilität des Automobil-Leitbildes.* Berlin.
- Canzler, W./Knie, A. (2009): *Grüne Wege aus der Autokrise. Vom Autobauer zum Mobilitätsdienstleister. Ein Strategiepapier*, Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.

- Canzler, W./Knie, A. (2011): *Einfach Einschalten. Mit Elektromobilität in eine neue Zukunft*. München: oekom.
- Canzler, W./Marz, L. (2011): *Wert und Verwertung neuer Technologien. Das Beispiel der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien*, In: *Leviathan*, Jg. 39, H. 2, S. 223-245.
- Channell, David F. (1982): *The Harmony of Theory and Practice: The Engineering Science of W. J. M. Rankine*, In: *Technology and Culture*, Jg. 23, H. 1, S. 39-52.
- Dalpe, R. (2002): *Bibliometric analysis of biotechnology*, In: *Scientometrics*, Jg. 55, H. 2, S. 189-213.
- Deutsche Bank Research (2009): *Autoindustrie am Beginn einer Zeitwende*.
- Dierkes, Meinolf (Hrsg.) (1997): *Technikgenese. Befunde aus einem Forschungsprogramm*. Berlin: edition sigma.
- EFI (2010): *Expertenkommission Forschung und Innovation: Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands*. Im Auftrag der deutschen Bundesregierung.
- Etzkowitz, H./Leydesdorff, L. (2000): *The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations*, In: *Research Policy*, Jg. 29, H. 2, S. 109-123.
- Etzkowitz, Henry (1998): *The Norms of Entrepreneurial Science: Cognitive Effects of the New University-Industry Linkages*, In: *Research Policy*, Jg. H. 25, S. 823-833.
- Etzkowitz, Henry/Leydesdorff, Loet (1997): *Universities and the Global Knowledge Economy. A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*. Londres, Inglaterra. Continuum.
- Expertenkommission für Forschung und Innovation, EFI (2010): *Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit*. Berlin: Expertenkommission für Forschung und Innovation.
- Fiechter, A./Beppu, T. (2000): *History of modern biotechnology I*. Berlin; New York: Springer.
- Fraunhofer-ISI (2008): *Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes. Bericht im Auftrag des Umweltbundesamtes*.
- Gibbons, Michael/Limoges, Camille/Nowotny, Helga/Schwartzman, Simon/Scott, Peter/Trow, Martin (1994): *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London: SAGE Publications.
- Gieryn, Thomas F. (1983): *Boundary-Work and the Demarcation of Science from Non-Science: Strains and Interests in Professional Ideologies of Scientists*, In: *American Sociological Review*, Jg. 48, H. 6, S. 781-795.
- Gieryn, Thomas F. (1999): *Cultural Boundaries of Science: Credibility on the Line*. Chicago: University of Chicago Press.

- Giesecke, Susanne (2000): *The contrasting roles of government in the development of biotechnology industry in the US and Germany*, In: *Research Policy*, Jg. 29, H. 2, S. 205-223.
- Gläser, Jochen (2006): *Wissenschaftliche Produktionsgemeinschaften. Die soziale Ordnung der Forschung*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Grupp, H./Fornal, D. (2010): *Ökonomische Innovationsforschung*, In: Simon, D./Knie, A./Hornbostel, S. (Hrsg.), *Handbuch der Wissenschaftspolitik*. Wiesbaden.
- Halfmann, Jost/Schützenmeister, Falk (2009): *Die Organisation wissenschaftlicher Entwicklung. Forschungspolitik und (inter-)disziplinäre Dynamik*, *Organisationen der Forschung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 8-27.
- Heimeriks, G./Horlesberger, M./Van den Besselaar, P. (2003): *Mapping communication and collaboration in heterogeneous research networks*, In: *Scientometrics*, Jg. 58, H. 2, S. 391-413.
- Hüttl, R./Pischetsrieder, B./Spath, D. (2010): *Elektromobilität. Potenziale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen*. Berlin/Heidelberg.
- Jansen, Dorothea (2010): *Von der Steuerung zur Governance: Wandel der Staatlichkeit?*, In: Simon, Dagmar/Knie, Andreas/Hornbostel, Stefan (Hrsg.), *Handbuch Wissenschaftspolitik*. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss., 39-50.
- Jasanoff, Sheila (1985): *Technological innovation in a corporatist state: The case of biotechnology in the Federal Republic of Germany*, In: *Research Policy*, Jg. 14, H. 1, S. 23-38.
- Jasanoff, Sheila (1995): *Handbook of Science and Technology Studies*. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications.
- Jochem, E./Jäger, C./Schade, W./Köwener, D. (2008): *Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland*.
- Kaiser, O./Eickenbusch, H./Grimm, V./Zweck, A. (2008): *Zukunft des Autos, Studie im Auftrag des VDI*. Düsseldorf.
- Knorr-Cetina, Karin (1999): *Epistemic Cultures. How Sciences Makes Knowledge*. Cambridge: Harvard University Press.
- Kornwachs, Klaus (2004): *Technik – System – Verantwortung*. Münster: Lit.
- Kowol, Uli/Krohn, Wolfgang (1995): *Innovationsnetzwerke. Ein Modell der Technikgenese*, Frankfurt a.M.: Campus, 77-105.
- Kuhn, Thomas (1976): *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Latour, Bruno (1983): *Give Me a Laboratory and I will Raise the World*, In: Knorr-Cetina, Karin/Mulkay, Michael (Hrsg.), *Science observed. Perspectives on the social studies of science*. London; Thousand Oaks: SAGE Publications, 141-170.

- Markard, J./Truffer, B. (2008): *Technological Innovation Systems and the Multi-Level Perspective: Towards an Integrated Framework*
In: Research Policy, Jg. 37, H. 4, S. 596-615.
- Mathisen, W. C. (1990): *The Problem-Solving Community – a Valuable Alternative to Disciplinary Communities*, In: Knowledge-Creation Diffusion Utilization, Jg. 11, H. 4, S. 410-427.
- Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2010): *Zwischenbericht vom 30.11.2010*. Berlin.
- Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2011): *Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität*. Berlin, Bonn: Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO).
- OECD (1966): *Government and Technical Innovation. Ministerial Meeting on Science*. Paris: OECD.
- OECD (2000): *GM Foods Safety: Facts, Unvertainties, and Assessment. The OECD Edinburgh Conference on the Scientific and Health Aspects of Genetically Modified Foods. 28 February – 1 March 2000. Rapporteurs' Summary*.
- OECD (2009): *The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.
- Öko-Institut/Fraunhofer-ISI/Jülich, Forschungszentrum/DIW (2008): *Politiksznarien für den Klimaschutz IV – Szenarien bis 2030*.
- Orsato, R. (2009): *Sustainability Strategies*. New York.
- Rammert, W. (2008): Technik und Innovation, In: Maurer, A. (Hrsg.), *Handbuch der Wirtschaftssoziologie*. Wiesbaden: 291-319.
- Rammert, Werner (1993): Der Anteil der Kultur an der Genese einer Technik, Opladen: Westdeutscher Verlag, 230-238.
- Rosenberg, N. (1994): *Exploring the Black Box*. Cambridge.
- Sauer, D. (1999): Perspektiven sozialwissenschaftlicher Innovationsforschung – Eine Einleitung, In: Sauer, D./Lange, Stefan (Hrsg.), 9-22.
- Sauer, D./Lang, Ch. (1999): *Paradoxien der Innovation. Perspektiven sozialwissenschaftlicher Innovationsforschung*. Frankfurt am Main/New York.
- Sauter, Arnold (2008): Transgenes Saatgut in Entwicklungsländern – Erfahrungen, Herausforderungen, Perspektiven Endbericht zum TA-Projekt "Auswirkungen des Einsatzes transgenen Saatguts auf die wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Strukturen in Entwicklungsländern" Arbeitsbericht Nr. 128 www.itas.fzk.de/deu/lit/2008/saut08a.pdf.
- Saxenian, A (1991): *The origins and Dynamics of Production Networks in Sillicon Valley*, In: Research Policy, Jg. 20, H. S. 423-437.

- Stuart, Toby E./Ozdemir, Salih Zeki/Ding, Waverly W. (2007): *Vertical alliance networks: The case of university–biotechnology–pharmaceutical alliance chains*, In: *Research Policy*, Jg. 36, H. 4, S. 477–498.
- TNO/IEEP/LAT (2006): *Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂–emissions from passenger cars*. Delft: Im Auftrag der Europäischen Kommission.
- Vallas, Steven Peter/Kleinman, Daniel Lee (2008): *Contradiction, convergence and the knowledge economy: the confluence of academic and commercial biotechnology*, In: *Socio-Economic Review*, Jg. 6, H. 2, S. 283–311.
- van den Daele, Wolfgang/Krohn, Wolfgang/Weingart, Peter (1979): *Geplante Forschung vergleichende Studien über den Einfluß politischer Programme auf die Wissenschaftsentwicklung*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Weingart, Peter (2001): *Die Stunde der Wahrheit? Zum Verhältnis der Wissenschaft zur Politik und Medien in der Wissensgesellschaft*. Weilerswist: Velbrück.
- Wengenroth, U. (2001): Vom Innovationssystem zur Innovationskultur, In: Abele, J./Barkleit, G./Hänseroth, T. (Hrsg.), *Innovationskulturen und Fortschrittserwartungen im geteilten Deutschland*. Köln: 23–32.
- Wengenroth, U. (2008): Innovationspolitik und Innovationsforschung, In: Graßhoff, G./Schwinges, R. (Hrsg.), *Innovationskultur. Von der Wissenschaft zum Produkt*. Bern: 61–77.