

Der Ausbau der regenerativen Energien – Chancen und Barrieren*

Rüdiger Mautz

1. Einleitung

Der deutsche Energiesektor zeigt ein doppeltes Gesicht: Auf der einen Seite wird das Bild von der Kontinuität des *traditionellen Pfades der deutschen Energiewirtschaft* bestimmt, deren technischen und ökonomischen Grundstrukturen sich bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts herausgebildet haben und bis heute im Wesentlichen erhalten geblieben sind. Am deutlichsten lässt sich dies am *Stromsektor* zeigen: Bis heute dominiert hier das Paradigma der verbrauchsfernen und in einem Verbundsystem zentralisierten Stromerzeugung. Neben zentralisierten technischen Strukturen gehört Marktkonzentration in Form eines Oligopols aus wenigen Großunternehmen zu den bestimmenden Merkmalen der deutschen Stromwirtschaft. Die Kontinuität des skizzierten Pfades im Elektrizitätssektor (bzw. in der Energiewirtschaft insgesamt) blieb trotz etlicher „Störungen“ seit den 1970er Jahren erhalten. Weder die Ölpreiskrisen sowie die dadurch ausgelösten wachstumskritischen Debatten der 70er Jahre noch die Anti-Atomkraft- und sonstigen Umweltschutzdebatten führten zu tief greifenden Brüchen oder gar zu einer Abkehr von der zentralisierten Großproduktion auf der Basis fossil-atomarer Energieträger. Angesichts ihrer ökonomischen Dominanz, ihrer internen Strukturen und ihrer langfristigen

Investitionsstrategien spricht einiges dafür, dass die großen Konzerne auch in Zukunft an dem einmal eingeschlagenen Pfad im Wesentlichen festhalten werden.

Aus einer anderen Perspektive rücken dagegen struktureller Wandel und Innovativität des deutschen Stromerzeugenden Sektors ins Zentrum der Aufmerksamkeit. Der Blick richtet sich hier in erster Linie auf die bisherige Erfolgsbilanz im Bereich der *regenerativen Energien*. Man sieht die Bundesrepublik hier nicht nur in einer auch international anerkannten „Pionierrolle“, sondern inzwischen auch als „Weltmarktführer“ bei der Windenergie sowie in der weltweiten Spitzengruppe in den Bereichen Fotovoltaik und Solarthermie oder beim Biodiesel-Absatz (Reiche 2004: 189). Und weiter: „Nach Angaben der EU-Kommission wird Deutschland neben Dänemark, Spanien und Österreich zu den wenigen (vier von 15 EU-)Ländern zählen, die die Vorgaben aus der EU-Richtlinie zur Stromerzeugung aus regenerativen Energien für das Jahr 2010 erfüllen können“ (ebenda). Der regenerative Energiesektor, der mittlerweile gut 10 % zur deutschen Stromproduktion beiträgt, ist längst kein ökonomisches Leichtgewicht mehr, sondern hat sich zu einem Wirtschaftsbereich entwickelt, in dem Milliardenumsätze gemacht werden. Er sichert, wie das Bundesumweltministerium mitteilt, inzwischen

* Beim folgenden Text handelt es sich um die erweiterte Fassung eines Vortrags im Rahmen der Veranstaltung „Reformchancen und Reformbarrieren in der Energiepolitik“ des Arbeitskreises Politik und Technik auf dem 23. wissenschaftlichen Kongress der Deutschen Vereinigung für Politische Wissenschaft (DVPW) in Münster 2006.

130.000 Arbeitsplätze, „deutlich mehr“, als von „Kohle und Atomkraft zusammen“ (BMU 2005: 4).

Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf die Entwicklung der regenerativen Energien und geht dabei von der These aus, dass der Vormarsch der „Erneuerbaren“ nur verständlich wird, wenn man ihn nicht allein als technischen, sondern auch als sozialen Innovationsprozess beschreibt. Es handelt sich bei den regenerativen Energien um eine radikale Innovation, insofern sie auf einen Paradigmenwechsel im Energiesektor sowie einen Wandel des Produktionsmodells in der Stromerzeugung hinausläuft. Dabei stehen drei Grundprinzipien, die zu zentralen Merkmalen des konventionellen Stromsektors kontrastieren, im Vordergrund: Erstens die technische und ökonomische Dezentralisierung der Energieproduktion; zweitens die Verbreiterung bzw. Pluralisierung des dafür relevanten Akteursfeldes; drittens die Orientierung an Ökologie als einer wichtigen Legitimationsgrundlage und Leitnorm des Handelns (Mautz et al.: 17 ff.).

Auf den folgenden Seiten wird zunächst nach den Erfolgsfaktoren für die zunehmende Verbreitung regenerativer Energietechniken hierzulande gefragt. Das Augenmerk richtet sich erstens auf die Relevanz der umweltpolitischen Regulierung sowie ihrer Einbettung in umfassendere Governancestrukturen. Die Analyse wird sich zweitens auf die Bedeutung dezentraler Akteursnetzwerke für den Innovationsprozess und für die Diffusion erneuerbarer Energien konzentrieren (Kapitel 2). Die sich daran anschließende Frage lautet, inwieweit der rapide Wachstumsprozess des Erneuerbare-Energien-Sektors auch seine „Kehrseite“ im Sinne ambivalenter Folgewirkungen hat. So zeigt sich, dass das Produktionsmodell der regenerativen Stromerzeugung im Zuge seines technischen und ökonomischen Expansionsprozesses Konfliktpotenziale freisetzen sowie an strukturelle Diffusionshemmnisse stoßen kann. Beides stellt auch erhöhte Anforderungen an die politische Steuerung im Bereich der „Erneuerbaren“ (Kapitel 3). Abschließend wird die Frage der Integration der regenerativen Energien in das Stromsystem diskutiert. Das Verhältnis der

„Erneuerbaren“ zum konventionellen Stromsektor beruht von Beginn auf einer Konkurrenz der Paradigmen (siehe oben), wobei die Ankopplung der regenerativen Stromerzeugung an das bestehende Elektrizitätssystem nicht zuletzt deswegen gelang, weil erstens eine ausreichend motivierte und handlungsfähige Akteursbasis im Lager der „Erneuerbaren“ existierte und weil eine solche Entwicklung zweitens von politischer Seite gefördert und (im Sinne einer technologischen Nische) geschützt wurde. Mit der inzwischen beschleunigten Expansion der Nische stellt sich die Frage der Integration mit mehr Dringlichkeit, da Inkompatibilitäten zwischen dem angekoppelten „Fremdkörper“ der regenerativen Stromproduktion und dem gewachsenen Stromsystem zunehmen könnten (Kapitel 4).

2. Erfolgsfaktoren erneuerbarer Energien

Wenn es einen gemeinsamen Nenner der diversen Studien gibt, die sich mit der expansiven Entwicklung der regenerativen Energien in der Bundesrepublik befassen, dann ist es die kaum zu überschätzende Bedeutung, die man der *umweltpolitischen Regulierung* als treibender Kraft des Erneuerbare-Energien-Sektors zumisst (z.B. Heymann 1997; Lucke 2002; Umbach-Daniel 2002; Durstewitz et al. 2003; Jacobsson et al. 2002; Jacobsson/Lauber 2006). Dies überrascht wenig, insofern der staatlichen Regulierung im Hinblick auf die Erfolgchancen von Umweltschutzinnovationen gemeinhin ein hoher Stellenwert zugeschrieben wird – etwa aus der Perspektive institutionalistischer ökonomischer Theorie (Zimmermann et al. 1998; Linscheidt 1999; Hübner/Nill 2001), im Rahmen von Policy-Ansätzen zur Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik (Blazejczak et al. 1999; IÖW 2001; Jaenicke 2001; Coenen 2002) oder aus der Sicht von soziologischen Analysen zur Genese umwelttechnischer Innovationen (Huber 2004, 2005). Mit Blick auf die bisherige Erfolgsbilanz des Erneuerbare-Energien-Sektors richten sich die Analysen nicht nur auf die Wirkung bestimmter regulativer Schlüsselmaßnahmen wie dem Erneuerbare-Energien-Gesetz. Vielmehr wird hervorgehoben, dass sich in diesem umweltpolitischen

Handlungsfeld – als entscheidendes Erfolgsrezept – ein komplexes „Politikmuster“ (Hemmelskamp 1999; Blazejczak et al. 1999) bzw. ein breiter „Policy Mix“ entwickelt habe, zu dem neben technologiespezifischen und Planungssicherheit gewährenden Einspeisevergütungsmodellen auch gezielte staatliche Investitionsförderungen und geeignete planungsrechtliche Instrumente gehören (Reiche 2004; Reiche/Bechberger 2006b).

Aus der Perspektive der evolutorischen Innovationstheorie rückt in den Mittelpunkt der Betrachtung, dass staatliche Regulierung ganz entscheidend zur Entstehung und Stabilisierung einer *Marktische* für regenerative Energien beigetragen habe (z.B. Markard/Truffer 2006; Smith et al. 2005). Das regulative Instrumentarium entspreche im Großen und Ganzen dem innovationspolitischen Konzept des „strategischen Nischenmanagements“, mit dessen Hilfe „neuen Technologien, deren Einpassung in bestehende technologische Regime Schwierigkeiten bereitet, Nischen geschaffen werden, in denen Lerneffekte und in gewissem Umfang Economies of Scale ermöglicht werden“ (Coenen 2002: 399). Damit seien vor dem Hintergrund technologischer Konkurrenz – der Konkurrenz zwischen einem dominierenden fossil-atomaren Energiepfad einerseits und einem minoritären regenerativen Energiepfad andererseits – wesentliche Voraussetzungen für ein „take off“ des mit dem regenerativen Energiepfad verknüpften technologischen Paradigmas geschaffen worden (zur Nischenthematik im Kontext evolutorischer Innovationstheorien vgl. etwa Geels 2004; Braun-Thürmann 2005; Huber 2004; Linscheidt 1999).

Kennzeichnend für etliche hier in Frage kommenden Studien ist allerdings auch, dass staatliche Regulierungsmuster zwar als *notwendige*, aber nicht als *hinreichende* Bedingung zur Erklärung bisher erfolgreicher Technikdiffusion im Bereich regenerativer Energien betrachtet werden.

Erstens wird darauf hingewiesen, dass die politische Regulierung des Erneuerbare-Energien-Sektors immer schon in einen *umfassenderen institutionellen Wandel*

eingebettet gewesen ist, z.B. in sich ändernden politischen Grundkonstellationen oder in zunehmend wichtiger werdenden internationalen Institutionen der umweltpolitischen Regulierung (Reiche/Bechberger 2006a, 2006b). Verwiesen wird ferner auf Wechselwirkungen umweltpolitischer Regulierung mit sozialen Prozessen wie dem Wandel gesellschaftlicher Technikleitbilder und öffentlicher Umweltdiskurse oder der Institutionalisierung und gesellschaftlichen Integration neuer sozialer Bewegungen. Aus dieser Perspektive gehört die Förderpolitik im Bereich der regenerativen Energien einerseits zu den Resultaten einer bereits in den 1970er Jahren beginnenden „Institutionalisierung des Umweltschutzes“ in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, und sie trägt andererseits dazu bei, diesen Prozess weiter voranzutreiben (Byzio/Mautz 2006: 67 f.).

Zweitens ist für das Gros der hier in Frage kommenden Untersuchungen ein *erweiterter Akteursbezug* charakteristisch: Das Interesse richtet sich auch auf jene Akteurstypen und -ebenen, die nicht den Instanzen und Funktionsbereichen politischer Regulierung zuzurechnen sind, denen aber gleichwohl erhebliche Bedeutung im Prozess der Technikgenese, -adaption und -diffusion erneuerbarer Energien zugeschrieben wird. Die umwelt- und technikpolitische Relevanz eines solchen analytischen Zugriffs liegt in dem Nachweis der Grenzen, an die der staatliche Steuerungsmodus – bzw. das Steuerungsmedium Hierarchie – im Politikbereich der regenerativen Energien stößt. Dieser Politikbereich gilt als exemplarisches Beispiel dafür, dass umweltpolitische Steuerung ihr Gestaltungspotenzial nicht zuletzt deswegen entfalten konnte und kann, weil sie in umfassendere Governancestrukturen eingebettet ist. Eine solche Erweiterung des Akteursbezugs knüpft an eine vor allem politikwissenschaftlich geführte Governance-Diskussion an, deren Prämisse lautet, „dass die Bearbeitung von regelbedürftigen Problemen, die sich auf verschiedenen gesellschaftlichen Ebenen stellen, typischerweise Gegenstand von Interaktionen mehrerer Akteure in einer bestimmten Konstellation und mit interdependenten Handlungsoptionen ist“ (Schwarz 2003: 606). Gezeigt wird, dass die Entwicklung und Stabilisierung sozio-

technischer „Nischenregimes“, wie im Fall der erneuerbaren Energien (Smith et al. 2005), neben gesetzlich garantierten Marktzutrittschancen und finanziellen Anreizen auch auf das Zusammenspiel heterogener Akteure angewiesen ist (z.B. anwendungsorientierte Forscher, Technikentwickler, Hersteller, Techniknutzer, Umweltschutzakteure, Behördenvertreter usw.; Geels 2004). Dies gilt um so mehr, je weniger es sich bereits um gefestigte Technologiepfade und entsprechend eingespielte Akteursbeziehungen handelt. Folgt man Jacobsson/Lauber (2006), so haben sich im Politikbereich der regenerativen Energien schon frühzeitig spezifische Governancestrukturen herausgebildet, die von einem positiven Rückkopplungsprozess getragen wurden. So schlossen sich bereits Ende der 1980er Jahre zivilgesellschaftliche und Marktakteure aus dem Erneuerbare-Energien-Sektor zu einer Advocacy Koalition zusammen, um Druck auf die Politik auszuüben. Dabei entwickelte sich auch ein zum Teil enger Austausch mit umweltpolitischen Akteuren, die sich für die Förderung regenerativer Energietechnologien einsetzten und schließlich selbst zum integralen Bestandteil der Advocacy Koalition wurden. Eine solche Rückkopplung begünstigte insbesondere unter der rot-grünen Bundesregierung Akteursstrategien, die auf eine bessere „Passung“ der politisch-institutionellen Förderbedingungen einerseits und der betrieblich-technischen Anforderungen in der Branche der regenerativen Energien andererseits abzielten.

Das produktive Zusammenspiel von politischen Weichenstellungen und Akteurshandeln korrespondiert mit einem weiteren Erfolgsmerkmal der im Bereich regenerativer Energietechniken zu beobachtenden Innovationsprozesse. Das Stichwort lautet „*dezentralisierte Diffusionssysteme*“:

Schon die „Wiederentdeckung“ und frühe Verbreitung der regenerativen Energien in den Netzwerken der Ökologie- und Alternativbewegung der 1970/80er Jahre entsprach dem Muster dezentralisierter Diffusionssysteme, wie sie Rogers in seinem Buch über die Diffusion von Innovationen beschreibt (Rogers 1983). Daraus entwickelten sich Innovationsnetzwerke, in denen der Wis-

sens- und Erfahrungstransfer auch weiterhin von vielen dezentralen Multiplikatoren ausging – man könnte sie mit Rogers auch dezentrale „Change Agents“ nennen. Die Förderbedingungen insbesondere des Erneuerbare-Energien-Gesetzes boten günstige Voraussetzungen für eine weitere Ausdifferenzierung und zunehmende Professionalisierung dieser stark anwenderbezogenen Innovationsnetzwerke, die *rekursives Lernen* ermöglichen. Konkret heißt dies, dass Impulse aus dem Anwendungskontext, z.B. anwendungsbezogene Weiterentwicklungen oder Fehlerdiagnosen, mit dem Herstellungskontext rückgekoppelt sind, wodurch im Idealfall eine Aufwärtsspirale *rekursiver Innovationen* in Gang kommt (Kowol/Krohn 1995; Krohn 1997; Degele 1997; Degele 2002).

Ein Beispiel ist das dezentrale Diffusionssystem des *Biogassektors*, der ursprünglich stark von ehrenamtlichen „Change Agents“ geprägt war und heute eine Vielzahl von professionellen Multiplikatoren aufweist – neben den seit Mitte der 1990er Jahre entstehenden Hersteller- und Planerfirmen und den Vertretern des inzwischen professionalisierten Branchen-Fachverbands sind es heute auch Fachberater bei Landwirtschaftskammern, regionalen Bauernorganisationen oder Maschinenringen. Noch heute kommt die Biogastechnologie auch durch *learning by doing* der Landwirte voran – das heißt es sind nach wie vor *auch* die im Anwendungskontext erfolgenden Weiterentwicklungen, die für den technischen Reifungsprozess von professionell hergestellten Biogasanlagen verantwortlich sind (Mautz et al. 2005).

Im *Windenergiebereich* ist es das große Interesse der Betreiberseite an systematisch erzeugtem Know-how über Anlagenausfälle, Materialdefekte, Serienfehler usw., das inkrementelle Innovationen im Bereich der Anlagentechnik unterstützt. Treibende Kraft rekursiven Lernens sind hier nicht zuletzt die bereits existierenden „Schadensdatenbanken“, denen der Bundesverband Windenergie (BWE) bis Ende 2006 einen weiteren schadensfallbezogenen Informationspool an die Seite stellen will. Nach dem Motto „Wissen ist Macht“ erhofft sich die Betreiberseite von solch einer systemati-

schen und breit angelegten Datenerhebung größere Transparenz über typische Anwenderprobleme, zunehmende Problemlösungsfähigkeit der beteiligten Akteure sowie eine gestärkte Position in der Kommunikation und den Verhandlungen mit Herstellern und Zulieferern (Weinhold 2006).

Der *Solarenergie-Sektor* schließlich ist heute noch am stärksten von einem Nebeneinander professioneller und ehrenamtlicher „Change Agents“ gekennzeichnet, etwa im Rahmen lokaler Akteursnetzwerke, an denen Fachhandwerker (z.B. Installateure oder Solateure), Handwerksinnungen, Solarinitiativen, Energieberater, kommunale Behörden usw. beteiligt sein können. Zwar finden die eigentlichen Produktinnovationen im Bereich der Fotovoltaiktechnologie in den High-Tech-Laboren der Herstellerfirmen statt, etwa Innovationen mit dem Ziel der Materialersparnis (Dünnschichtzellen-Technologie) oder der Wirkungsgradsteigerung von Solarzellen. Doch war der fotovoltaischen Zelle kein von vornherein feststehender Anwendungskontext inkorporiert. Diesen mussten sich die Solarpioniere der 1980er und frühen 1990er Jahre für ihre eigenen Zwecke erst erschließen, was zunächst bedeutete, die Möglichkeiten fotovoltaischer Anlagen für den privaten Nutzer, das heißt für den häuslichen Gebrauch als Dachanlagen zu erproben. Das Experimentieren mit anwendungsfähigen Lösungen setzte (und setzt) Impulse frei, die auf der Herstellerseite unter anderem die Komponentenfertigung beeinflussten, etwa die Entwicklung wetter- und bruchfester Solarpaneele und verbesserter Stromableitungstechniken oder innovative Entwicklungen im Bereich der Gebäudeintegration von Solaranlagen, z.B. bei der Farbgestaltung der Solarzellen oder bei der Entwicklung flacherer und flexiblerer Produktvarianten (Mautz et al. 2005).

Hinzu kommt schließlich der Aspekt der *regionalen Struktur- und Arbeitsmarktförderung*, der dazu beigetragen hat, dass sich inzwischen auch zahlreiche Akteure *außerhalb* der Erneuerbare-Energien-Szene als Promotoren und Multiplikatoren regenerativer Energietechnologien engagieren. Die in diesem Technologiebereich

entstandenen dezentralen Diffusionssysteme sind längst zum integralen Bestandteil spezifischer Governancestrukturen geworden, ohne die die staatliche Förderung der regenerativen Energien vielfach ins Leere laufen würde. Alles in allem hat das politische Projekt der „Energieproduktionswende“ eine durchaus beachtliche Erfolgsbilanz vorzuweisen. Insbesondere gelang es, durch gezielte Fördermaßnahmen die in der Erneuerbare-Energien-Szene bereits vorhandenen Potenziale zur Innovation und Technikdiffusion produktiv zu nutzen und zu verstärken, wodurch der Kreis der Technikanwender stark expandierte und sich sozial weiter ausdifferenzierte.

3. Hemmnisse beim Ausbau erneuerbarer Energien

Mit der Expansion des regenerativen Energiesektors werden aber auch ambivalente Folgen sowie spezifische Konfliktpotenziale dieser Entwicklung sichtbar, die dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien Grenzen setzen könnten:

Erstens haben mit der Verbreitung der regenerativen Energien auch die *Konflikte* um die „Erneuerbaren“ zugenommen. Diese Entwicklung hängt zumindest indirekt mit dem Förderkonzept für regenerativ erzeugten Strom zusammen. So gehen von der degressiv gestalteten Einspeisevergütung wirkungsvolle Anreize für Anlagenhersteller- und betreiber aus, Kosten zu senken und die energetische Anlagenproduktivität zu erhöhen (Nitsch et al. 2005). Zu den Kostensenkungsstrategien gehört neben zahlreichen anderen Maßnahmen auch die *Zentralisierung regenerativer Stromerzeugung*: Gemeint ist die Errichtung immer größerer Anlagen bzw. die lokale Bündelung einer Vielzahl von Einzelanlagen. Es ist vor allem diese Abkehr von der dezentralen Kleinteiligkeit, die nach allen bisherigen Erfahrungen Akzeptanzprobleme bereitet: siehe die zahlreichen Konflikte um große Windparkprojekte, insbesondere auch um die geplanten Offshore-Projekte (Byzio et al. 2005), oder siehe die in den letzten Jahren zunehmenden Aus-

einandersetzungen um großräumige Freiland-Solaranlagen (Janzing 2004; Etscheid 2006).

Ohne hier ins Detail zu gehen: Zum Teil handelt es sich um lokale bzw. regionale *Interessenkonflikte*, etwa wegen konkurrierender Flächen- oder Meeresnutzungsinteressen. In anderen Fällen prallen kontroverse *Risiko-einschätzungen* aufeinander, etwa im Hinblick auf die Gesundheitsgefährdungen, die von Windkraftanlagen ausgehen können. Hinzu kommen Befürchtungen, dass die eigene *Lebensqualität* in der Nähe solcher energietechnischen Anlagen im weitesten Sinne beeinträchtigt werden könnte. Bei Windkraftanlagen geht es dabei zumeist um Lärmbelästigungen und visuelle Beeinträchtigungen (verstellter Blick, „Disco-Effekt“ durch die rotierenden Flügel), bei Protesten gegen Biogasanlagen stehen häufig Geruchsbelästigungen im Zentrum. Sofern die Befürchtung nähräumlicher Lebensqualitätsverluste nicht nur Einzelmeinung bleibt, sondern im lokalen bzw. regionalen Umfeld auf breitere Zustimmung stößt, kann sie mit der handfesten Sorge einhergehen, dass im „Störbereich“ regenerativer Energieanlagen Wertverluste von Immobilien drohen, womit die Konflikte zusätzliche Sprengkraft erhalten.

Und schließlich geht es nicht selten um *Zielkonflikte innerhalb der Umweltverbände* selbst. Im Kern handelt es sich hier um umweltschutzinterne Leitbildkonflikte, die deutlich machen, dass die Leitnorm „Ökologie“ offen ist für unterschiedliche Interpretationen und Prioritätensetzungen. Auch die Techniken zur Gewinnung regenerativen Stroms sind „Techniken“ und nicht „Natur“, das heißt sie sind Eingriffe in Natur und verursachen demzufolge ökologische „Kosten“, die gegen ihre ökologischen Vorteile abzuwägen sind (Dehnhardt/ Petschow 2004). Die besondere Brisanz innerökologischer Konflikte besteht darin, dass mit dem Ausbau der regenerativen Energien zwei institutionalisierte und jeweils identitätsstiftende Leitbilder der Umweltbewegung in Widerstreit geraten sind: Auf der einen Seite das Leitbild der ökologischen Modernisierung des Energiesektors mit dem übergeordneten Ziel des Klimaschutzes, auf der anderen Seite das Leitbild Naturschutz mit den Kernzie-

len des Artenschutzes und der Erhaltung von Biodiversität (bezogen auf Konflikte um Offshore-Windparks: Byzio et al. 2005; zum innerökologischen Konflikt vgl. auch Hirschl et al. 2004; Musiol 2004).

All diese Konflikte grenzen die Zahl möglicher Standorte für regenerative Energietechniken ein und setzen die Anlagenplaner und -betreiber unter einen spezifischen Handlungsdruck. Die Konflikte sind aber auch Teil eines gesellschaftlichen Lernprozesses, bei dem die Chancen und Grenzen eines sozialverträglichen Ausbaus der regenerativen Energien ausgelotet werden. Es wird sicherlich keine allgemeinen Patentlösungen geben, da die Konfliktkonstellationen von Fall zu Fall ganz unterschiedlich sein können. Doch ebenso wie zu erwarten ist, dass sich auf Seiten der Betreiber bestimmte Leitlinien oder Faustregeln der Akzeptanzsicherung durchsetzen – was keineswegs heißen muss, dass sich jeder einzelne Betreiber daran hält –, so ist damit zu rechnen, dass sich auf Seiten der „Betroffenen“ im Laufe der Zeit Erfahrungswerte darüber herausbilden, unter welchen Bedingungen man mit den im lokalen Umfeld installierten Energieanlagen leben kann, unter welchen Bedingungen dies inakzeptabel bleibt und welche Kompromisse dabei in Betracht gezogen werden können.

Die Tragfähigkeit sowie Übertragbarkeit einmal gefundener Kompromisslösungen und Konfliktregelungen wird mitentscheidend für die Frage sein, ob ein expansiver Ausbau der erneuerbaren Energien in Zukunft auf ausreichende gesellschaftliche Akzeptanz stoßen wird. Zudem stehen die Chancen gar nicht schlecht, auch innerökologische Konflikte „produktiv“ zu lösen, etwa durch verstärkte verbandsinterne Vermittlungsanstrengungen, durch gezielte Konfliktmoderation oder durch Lerneffekte aufgrund von durchstandenen Konflikten.¹ Allerdings werden die großen Umweltschutzverbände auch in Zukunft unterschiedliche Leitbilder und Präferenzsysteme unter ihrem Dach vereinen müssen – eine

1 Zur Diskussion und Dokumentation „produktiver“ Lösungen des Konfliktes zwischen erneuerbaren Energien und Naturschutz vgl. das diesem Thema gewidmete Schwerpunkttheft der Zeitschrift „Ökologisches Wirtschaften“, Nr. 5/2004.

Tatsache, die je nach Perspektive als notwendiges Korrektiv oder als möglicher Hemmschuh der Energiewende betrachtet werden kann.

Zweitens gibt es Anzeichen für *strukturelle Diffusionshemmnisse*, die das Überschreiten bestimmter Verbreitungsschwellen der Fotovoltaik- und der Biogasnutzung erschweren könnten. Die Verbreitung der *Solarenergienutzung* verläuft nach wie vor zu einem großen Teil in den Bahnen dezentraler Diffusionssysteme (siehe oben), deren Anfänge auf die späten 1980er Jahre zurückgehen und deren Leistungsfähigkeit sich nicht zuletzt in den Regionen zeigt, in denen der Verbreitungsgrad von Solartechnik inzwischen überdurchschnittlich hoch ist. Aber schon die Tatsache, dass dieser Verbreitungsgrad von Region zu Region ganz unterschiedlich ausfällt, verweist darauf, dass die Diffusionserfolge in den solaren Hochburgen (vor allem in Bayern und Baden-Württemberg) mit ihrem dichten Netz von Solarinitiativen nicht ohne weiteres auf andere Regionen übertragbar sind. Nach wie vor ist es ein voraussetzungsvoller Prozess, einen solchen Diffusionsmechanismus in Gang zu setzen. Hinzu kommt, dass er im sozialen Kontext dörflicher Gemeinden im allgemeinen besser als in einem (groß-)städtischen Umfeld funktioniert. So zeigt sich, dass mit der Größe – bzw. mit dem Urbanisierungsgrad – einer Kommune die Verbreitungschancen der Fotovoltaikanwendung zum Teil drastisch sinken. Neben der Tatsache, dass mit zunehmender Gemeindegröße der Anteil der Eigenheimbesitzer abnimmt², hängt dies offenbar vor allem damit zusammen, dass Multiplikatoren aus der Solarszene sowie lokale *Opinion Leader* in den oft kleinräumig vernetzten und auf vielfältigen face-to-face-Kontakten beruhenden Sozialbeziehungen von Dorfgemeinschaften auf größere Resonanz stoßen als im anonymen und sozial heterogeneren sozialen Umfeld einer (Groß-)Stadt. Entsprechend zäh verbreiten sich Fotovoltaikanlagen in etlichen Großstädten (Mautz et al. 2005: 95 ff.).

Darüber hinaus ist ein spürbares Süd-Nord-Gefälle bei den solaren Einstrahlungsbedingungen zu berücksichtigen, was sich unweigerlich auf die durchschnittliche Stromproduktion von Solaranlagen und damit auch auf die Höhe der zu erwartenden Einspeisevergütung auswirkt. Letztere ist ein entscheidender Faktor dafür, welche Motivationen bei den potenziellen Interessenten angesprochen werden und ob es in diesem Punkt gelingt, über den Kreis der „Öko-Idealisten“ nennenswert hinaus zu kommen. So ist es in etlichen norddeutschen Gebieten infolge geringerer Renditeerwartungen schwieriger, hier ähnlich wie in Süddeutschland eine stärker am ökonomischen Ertrag motivierte Klientel zu erreichen. Letzteres ist jedoch unabdingbar, sofern man die in den letzten Jahren erzielten Wachstumsraten auf dem inländischen Fotovoltaikmarkt auch in Zukunft erreichen will.

Infolge der in jüngster Zeit kräftig gestiegenen Preise für Solarmodule und angesichts der degressiven Einspeisevergütung könnte sich dieses Problem in Zukunft noch verschärfen. So gibt es bei den Landwirten, die inzwischen – noch vor den privaten Eigenheimbesitzern – zu den wichtigsten Abnehmern von Solaranlagen gehören, zur Zeit offenbar einen deutlichen Markteinbruch, da die mit solchen Anlagen verknüpften Renditeerwartungen infolge des Preisanstiegs bereits deutlich gesunken sind und etliche Bauern nach besseren Investitionsmöglichkeiten Ausschau halten (Rentzing 2006). Ähnlich wie die Fotovoltaik erlebt auch die landwirtschaftliche *Biogasnutzung* seit 2004 einen regelrechten Boom. Doch auch diese Entwicklung könnte angesichts der Höhe der Anfangsinvestition für eine Biogasanlage sowie angesichts der für den Anlagenbetrieb notwendigen Kompetenzen und arbeitszeitlichen Anforderungen an Grenzen stoßen. Möglich ist, dass letztlich nur ein recht geringer Teil der Landwirte für den Einstieg in die Biogasnutzung in Frage kommt, und zwar abhängig von einem von der Größe, Struktur und finanziellen Liquidität des landwirtschaftlichen Betriebs, zum anderen von der mitgebrachten Qualifikation, Motivation und Mentalität eines Landwirts (Mautz et al. 2005: 97 f.).

2 Die nach wie vor die Hauptklientel für kleinere Solar-Dachanlagen bilden.

Dies alles könnte heißen, dass das Potenzial von Akteuren, auf die die Verbreitung von Solar- und Biogastechnologien bisher stark angewiesen war, nur begrenzt nutzbar ist (ohne dies hier genauer quantifizieren zu können), und dass ökonomische Skaleneffekte, die auf dem Weg zur allgemeinen Marktreife unerlässlich sind, zumindest für den inländischen Markt geringer als erwartet ausfallen.

Ein dritter Aspekt greift den bereits oben diskutierten Sachverhalt auf, dass es sich bei der bisherigen Entwicklung des Erneuerbare-Energien-Sektors im hohen Maße um einen *politikgetriebenen Prozess* handelt. Erfolg oder Misserfolg einer solchen Politik hängen nicht zuletzt davon ab, ob die Feinsteuerung dieses Prozesses gelingt, z.B. durch angemessene Nachjustierungen des Förderinstrumentariums. Das Beispiel der *Fotovoltaik-Freilandanlagen* zeigt, wie stark das Auf und Ab eines nicht ganz unwichtigen Teilmarkts im Solarenergiesektor von der Konstruktion des Förderinstruments beeinflusst wird. So wurde mit der Nachjustierung der Förderbedingungen für Solaranlagen im Rahmen der in 2004 verabschiedeten Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes ein – politisch durchaus gewünschter – Boom im Bereich großer Freilandprojekte ausgelöst. Als Anreiz für Produktivitätserhöhungen in der Solarbranche sieht das Förderinstrument zudem vergleichsweise große Degressionsschritte bei der Einspeisevergütung vor: eine 5 %ige Degression der Einspeisevergütung für Freilandanlagen, die ab dem 1. Januar 2005 in Betrieb genommen wurden; ab dem 1.1. 2006 pro Jahr jeweils weitere 6,5 % Degression für die im entsprechenden Jahr errichteten Neuanlagen (wobei die jeweils gewährte Einspeisevergütung dann über einen Zeitraum von zwanzig Jahren konstant bleibt). Dieser Degressionsmodus, der die Einspeisevergütung für Freilandanlagen von ursprünglich 45,7 Cent pro Kilowattstunde in 2004 auf 40,60 Cent/KWh in 2006 abgesenkt hat, führte nach einer kurzen Boomphase in diesem Marktsegment zu einem spürbaren Einbruch, der durch den allgemeinen Preisanstieg für Solarmodule zusätzlich gefördert wurde. Die Folge waren Verunsicherung etlicher Marktteilnehmer, Verschiebung (u.U. Stornierung) geplanter

Projekte sowie Rückzug potenzieller Investoren von diesem Teilmarkt (Rentzing 2005a).

Ausweichstrategien weisen derzeit in zwei Richtungen: Zum einen sind einige Unternehmen inzwischen verstärkt auf der Suche nach Großprojekten im Ausland, z.B. in sonnenreichen Regionen Spaniens (ebenda). Zum anderen interessieren sich immer mehr Projektierer für den Bau von großen Fotovoltaikanlagen auf gewerblichen oder öffentlichen Dächern. Der naheliegende Grund sind die deutlich höheren Einspeisevergütungen, die hier zu erzielen sind. Doch auch der „Drang auf die Dächer“ scheint nur begrenzt erfolgversprechend zu sein: Da nur bei einem Teil der in Frage kommenden Dächern die statischen Voraussetzungen stimmen und die solare Dachnutzung zudem für einen Zeitraum von mindestens zwanzig Jahren festgelegt werden müsste, verlaufen etliche Planungen im Sande oder scheitern am fehlenden Interesse kommunaler oder gewerblicher Dacheigentümer (Rentzing 2005b).

Am Beispiel der *geplanten Offshore-Windparks* in Nord- und Ostsee werden die Probleme der politischen Feinsteuerung im Bereich technologischer Nischenförderung noch deutlicher. Ganz in der Logik einer solchen Förderpolitik lag es, den technologischen Vorreitern und Pionieren unter den Windkraftbetreibern, die sich als erste in den Offshore-Bereich wagen wollten, entsprechende finanzielle Anreize sowie hinreichende technisch-planerische Spielräume bei der Auswahl geeigneter Windparkstandorte zu gewähren. So löste das in 2000 in Kraft getretene Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das zum ersten Mal die Förderung von Windstrom aus Offshore-Anlagen regelte, eine Flut von Genehmigungsanträgen aus, von denen inzwischen etliche bewilligt worden sind. Mit der EEG-Novelle in 2004 folgte eine Feinjustierung der Einspeisevergütung, womit der Zeitdruck, unter dem die Offshore-Planer bis dahin standen, gemildert und die Vergütungsregelung für Strom aus küstenfernen Windkraftanlagen graduell nachgebessert wurde. Eine solche Förderpolitik erhöhte jedoch das Risiko, sich unerwünschte, nicht-intendierte Folgen einzuhandeln, seien es innerökologische Kontro-

versen um Naturschutzvorbehalte gegenüber Offshore-Windparks oder seien es regionale Interessenkonflikte angesichts des erwarteten wirtschaftlichen Strukturwandels in der Küstenregion. Die Folge war, dass bestimmte Akteursfraktionen, insbesondere aus den Reihen der organisierten Umweltbewegung und aus dem Bereich der regionalen Wirtschaft und Politik, die Kooperation aufkündigten und zu einer konfrontativen Strategie übergingen (Byzio et al. 2005). Damit war ein weiterer Bedarf an politischer Nachjustierung vorgezeichnet, da angesichts der Konflikte mit Umweltschützern und Küstengemeinden relativ kostengünstige Nearshore-Standorte unter 12 bis 15 Kilometer Küstenentfernung anders als z.B. in Dänemark oder Schweden hierzulande kaum konsensfähig waren und die meisten der geplanten Offshore-Projekte von den Betreibergesellschaften – entweder in der Reaktion auf öffentliche Proteste oder aber in der Antizipation möglicher Widerstände – weit hinaus aufs offene Meer verlagert wurden. Schon bald warnten Brancheninsider davor, dass die Kostensituation für diese Projekte zunehmend ungünstiger werde, wofür man neben den Problemen in der Standortfrage auch steigenden Kostendruck im Bereich der Anlagenproduktion und –installation (z.B. infolge spürbar gestiegener Stahlpreise) verantwortlich machte (Lönker 2005). Bis dato ist kein einziger der geplanten – und zum Teil seit Jahren genehmigten – deutschen Offshore-Windparks realisiert worden, gleichzeitig sind bereits ein Jahr nach Inkrafttreten der EEG-Novelle Forderungen der Windenergiebranche nach weiterer politischer Nachbesserung laut geworden. Absehbar sei, so die Klage, dass mit der derzeit vorgesehenen Vergütung (9,1 Cent pro Kilowattstunde) die geplanten Offshore-Projekte „kaum finanzierbar“ seien (Lönker 2005, 12). Der zur Zeit aktuellste Schritt des politischen Nachjustierens erfolgte im Herbst 2006 mit der gesetzlich auferlegten Verpflichtung an die norddeutschen Netzbetreiber (im Wesentlichen Eon und Vattenfall), die Netzanschlusskosten für Offshore-Windparks zu übernehmen und auf diese Weise die Windparkbetreiber finanziell zu entlasten. Angesichts dieser Kostenverlagerung, bei der es insgesamt um voraussichtlich drei Milliarden Euro geht, wächst in der Windkraftbranche die Erwartung, dass für die Offshore-

Windenergie nun „die Wirtschaftlichkeit erreicht sein“ könnte (Bauchmüller 2006).

Die Förderpolitik zugunsten der Offshore-Windkraftnutzung verdeutlicht in besonderer Weise das Risiko staatlicher Entscheider, ein innovations- und umweltpolitisch begründetes „Nischenmanagement“ möglicherweise nicht konsequent genug bis zum „take off“ und zur anschließenden Marktreife der neuen Technologie voranzutreiben, so dass Chancen beim Klimaschutz und dem Ausbau der regenerativen Stromerzeugung verspielt würden. Die Politik gerät damit allerdings in ein *Dilemma*, da auch der Weg des stetigen Nachbesserns von Förderbedingungen irgendwann in Fehlsteuerung umschlagen könnte, sofern sich herausstellen sollte, dass das endogene ökonomische und innovative Potenzial einer neuen Technologie – hier der maritimen Windkraftnutzung – überschätzt wurde.³ Nicht auszuschließen ist somit, dass man mit einer solchen Förderpolitik – ganz entgegen den mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz verfolgten Intentionen – in eine dauerhafte „Subventionsfalle“ geraten könnte.

4. Die Integration der erneuerbaren Energien in das Stromsystem

Abschließend möchte ich den Aspekt der *zunehmenden Systemrelevanz der regenerativen Energien* aufgreifen. Solange die erneuerbaren Energien nur einen marginalen Beitrag zur Stromerzeugung lieferten, war die Frage der Integration von kleinteiligen, dezentralen und (im Fall von Wind- und Solarenergien) fluktuierenden Stromquellen in das dominante System nachrangig. Mit steigendem Erzeugungsanteil ändert sich die Situation: Einerseits wird es nun schwieriger, den Lastausgleich im Netz sicherzustellen, da der aus regenerativen Quellen stammende Strom unabhängig von der Nachfrage und Netzsituation erzeugt wird und vom Netzbetreiber abgenommen werden muss. Andererseits könnten beim heutigen Stand der Anlagen- und Regelungstechnik

3 Dieses Problem thematisiert Huber im Kontext der Diskussion politisch-regulativer Konzepte zur Förderung technologischer Umweltinnovationen (Huber 2004:236 f.).

auch Stromerzeuger des Erneuerbare-Energien-Sektors spezifische Produkte zum Lastausgleich anbieten, etwa durch die Teilnahme am Regelenenergiemarkt. Dies setzt allerdings voraus, vom gesetzlich garantierten Prinzip des Einspeisevorrangs zumindest teilweise abzugehen und die undifferenzierte Stromeinspeisung aufzugeben (Leprich et al. 2005; Bauknecht et al. 2006). Im Idealfall könnten für die beteiligten Akteure – auf Seiten der Netzbetreiber *und* auf Seiten der regenerativen Stromerzeuger – damit Lösungen attraktiver werden, die der besseren Systemintegration dienen. Doch sind Zielkonflikte schon allein deswegen zu erwarten, weil wir es hier mit der Schnittstelle zweier konkurrierender technologischer Systeme zu tun haben, die nur solange halbwegs friedlich koexistieren können, wie der Strom aus erneuerbaren Energien in einer kleinen Nische produziert wird. Das Problem besteht darin, dass die zunehmende Systemrelevanz der erneuerbaren Energien zwar innovative Wege erforderlich macht, erfolgreiche Systemintegration jedoch technische und organisatorische Lösungen voraussetzt, die mit zusätzlichen Transaktionskosten und ökonomischen Risiken behaftet sind, und zwar insbesondere für die Betreiber kleinerer dezentraler Anlagen (Bauknecht et al. 2006).

Ein aktuelles Beispiel hierfür ist die in Norddeutschland bereits praktizierte und in der Windenergiebranche umstrittene Einbindung von Windkraftanlagen in das Erzeugungsmanagement der Netzbetreiber. Deren Hauptbeweggrund ist, temporäre Netzüberlastungen zu vermeiden und die Einspeisung von Windstrom stärker am tatsächlichen Bedarf auszurichten. In der Praxis zeigt sich, dass das Erzeugungsmanagement nicht selten zum Konflikthanlass wird, insofern dem Interesse der großen Netzbetreiber an einer ökonomisch und technisch optimalen Netzauslastung das Interesse der Windkraftbetreiber an möglichst geringen Einbußen bei der Einspeisevergütung entgegensteht. Wiederholt hat die Windenergiebranche entgangene Einnahmen in Millionenhöhe beklagt, da die Netzbetreiber Windkraftanlagen in größerer Zahl vorübergehend von der Stromeinspeisung abgekoppelt haben (Schäfermeier 2006; Pries 2006).

Dass die Expansion regenerativer Stromerzeugung den Bedarf an „systemischen“ Lösungen steigen lässt, zeigt nicht nur die Verbreitung des Erzeugungsmanagements. Dessen kontroverse Bewertung hat dazu geführt, dass einige Akteure aus der Windenergiebranche inzwischen alternative Lösungen voranzutreiben versuchen: die Vernetzung mehrerer Windparks mittels eigener Stromtrassen, um vom regionalen Netzbetreiber unabhängig zu werden, zugleich aber dem vorgelagerten Übertragungsnetzbetreiber mittels der steuerungstechnischen Kopplung solcher „vernetzten Kraftwerke“ eine gleichmäßigere und besser prognostizierbare Stromproduktion aus Windenergie anbieten zu können (Lönker 2006). Ob solche oder ähnliche Beispiele Schule machen werden, wird auch davon abhängen, inwieweit staatliche Akteure zu Mitspielern werden, etwa durch finanzielle Anreize für solche Vernetzungsaktivitäten.

Grundsätzlich gesehen dürfte politische Steuerung, die auf Systemintegration abzielt, vor anderen Herausforderungen stehen als im Fall der bisher im Vordergrund stehenden Nischenförderung regenerativer Energietechnologien: Staatliche Regulierung wäre nun auf Governancestrukturen angewiesen, die „systemübergreifend“ sein müssten, d.h. die auch die Akteure des dominanten Systems, z.B. die großen Netzbetreiber, einschließen müssten – mitsamt ihren ökonomischen Interessen, ihren Machtressourcen sowie dem von ihnen repräsentierten technologischen Regime. Die politische Förderung systemintegrativer Innovationen, wie es sie in Ansätzen heute schon gibt, könnte dazu beitragen, traditionelle Strukturdifferenzen zwischen dem konventionellen und dem regenerativen Stromsektor zu verringern und den „Erneuerbaren“ neue Wege der Verbreitung zu erschließen. Offen muss allerdings bleiben, unter welchen Voraussetzungen hierbei auf systemübergreifende Kooperationen der Akteure im Energiesektor gesetzt werden kann. Folgt man dem von Reiche (2004: 139 ff.) verwendeten *advocacy-coalition*-Ansatz, dann sind die Chancen dafür eher ungünstig, da neben ökonomischen Interessengegensätzen auch soziokulturelle Gräben zwischen dem Oligopol der großen Stromerzeuger/Netzbetreiber und den mittelständisch geprägten Branchen des

Erneuerbaren-Energien-Sektors zu überwinden wären. So scheinen Energiewirtschaft und Energiepolitik nach wie vor vom Widerstreit zweier „Belief Systeme“ gekennzeichnet zu sein – eines orientiert an der *umwelt- und klimapolitischen Prämisse*, dass alle verfügbaren regenerativen Energien politisch zu fördern seien, das andere orientiert an der *ökonomischen Prämisse*, dass auch die ökologische Modernisierung der Energieerzeugung primär anhand von Wirtschaftlichkeits- und Wettbewerbsgesichtspunkten gesteuert werden müsse. Je nach Prämisse dürfte „Systemintegration“ auf ganz unterschiedliche Strategien und Maßnahmen hinauslaufen: Im ersten Fall würde Systemintegration vor allem bedeuten, den Netzbetrieb durch einen entsprechenden Aus- und Umbau möglichst optimal an die technischen Erfordernisse dezentraler und teilweise fluktuierender Stromquellen anzupassen. In letzter Konsequenz, das heißt bei Anwendung aller zur Verfügung stehender dezentraler Technologien (z.B. auch Brennstoffzellen, Mini-Kraftwärmekopplung, dezentrales Energiemanagement usw.) würden zentrale Stromquellen im Rahmen einer solchen Transformationsperspektive keine Daseinsberechtigung mehr haben. Im zweiten Fall würde Systemintegration im Wesentlichen darauf beruhen, regenerative Stromerzeugungsquellen nur so weit zu nutzen, wie sie in die bestehende Systemstruktur des konventionellen Energiesektors, z.B. in die zentralisierte Fahrweise des Netzbetriebs, einzupassen wären.

Aus der jeweiligen Interessenlogik und Zielperspektive ist jedes der skizzierten Integrationsverständnisse nachvollziehbar. Mit der Kontroverse um die Systemintegration der „Erneuerbaren“ reproduziert sich die Konkurrenz der Paradigmen im Energiesektor, die der Entwicklung des deutschen Stromsektors seit den frühen Auseinandersetzungen zwischen Verfechtern „sanfter Energien“ und den Energiekonzernen ihren Stempel aufdrückte. Sollte die Politik auch in Zukunft an der breiten Förderung regenerativer Energien sowie am mittelfristigen Ziel ihrer vollen Marktfähigkeit festhalten, dann wird auch in der dringlicher werdenden Frage der Systemintegration früher oder später eine umwelt- und

energiepolitische Richtungsentscheidung notwendig werden.

Literatur:

- Bauknecht, D./Späth, Ph./Leprich, U./Rohracher, H. (2006): Transformation der Stromwirtschaft. Die Rolle der Netze und ihrer Regulierung. In: Reiche, Danyel/Bechberger, Mischa (Hrsg.), *Ökologische Transformation der Energiewirtschaft. Erfolgsbedingungen und Restriktionen*. Berlin: 257-275.
- Blazejczak, J./Edler, D./Hemmelskamp, J./ Jänicke, M. (1999): *Umweltpolitik und Innovation. Politikmuster und Innovationswirkungen im internationalen Vergleich*. In: Klemmer, Paul (Hrsg.), *Innovationen und Umwelt*. Berlin: 9-33.
- BMU (2005): *Umwelt macht Arbeit*. Das Wirtschaftsmagazin des Bundesumweltministeriums. Hrsg. vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Referat Öffentlichkeitsarbeit. Juni 2005.
- Braun-Thürmann, H. (2005): *Innovation*. Bielefeld.
- Bauchmüller, M. (2006): *Schneller zum Windpark*. Hochspannungsnetze und Seekabel sollen rascher gebaut werden – auf Kosten der Verbraucher. In: *Süddeutsche Zeitung* vom 26.10.2006: 20.
- Byzio, A./Mautz, R. (2006): *Offshore-Windkraftnutzung im Spannungsfeld von institutioneller Einbettung, Risikodiskurs und Konfliktodynamik*. In: Heine, Hartwig/Schumann, Michael/Wittke, Volker (Hrsg.), *Wer den Ast absägt, auf dem er sitzt, kann deshalb noch längst nicht fliegen*. Innovationen zwischen institutionellem Wandel und Pfadkontinuitäten. Berlin: 65-83.
- Byzio, A./Mautz, R./Rosenbaum, W. (2005): *Energie-wende in schwerer See? Konflikte um die Offshore-Windkraftnutzung*. München.
- Coenen, R. (2002): *Umlenken auf nachhaltige Technologiepfade*. In: Grunwald, Armin (Hrsg.), *Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung*, Berlin: 389-405.
- Degele, N. (1997): *Kreativität rekursiv*. Von der technischen Kreativität zur kreativen Aneignung von Technik. In: *Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 9: Innovation – Prozesse, Produkte, Politik*. Frankfurt/M., New York: 55-63.
- Degele, N. (2002): *Einführung in die Techniksoziologie*. München.
- Dehnhardt, A./Petschow, U. (2004): *Nobody is perfect! Erneuerbare Energien, externe Effekte und ökonomische Bewertung*. In: *Ökologisches Wirtschaften* 5/2004: 24-25.

- Durstewitz, M./Hoppe-Kilpper, M./von Schwerin, C. (2003): Nutzung von Windkraft durch die Landwirtschaft. Forschungsprojekt 01HS053 im Auftrag der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Schlussbericht. Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V. (ISET). Kassel.
- Etscheid, G. (2006): Solarkraft? Nein Danke! In: DIE ZEIT vom 03.08.2006.
- Geels, F.W. (2004): From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. In: *Research Policy* 33 (2004): 897-920.
- Hemmelskamp, J. (unter Mitarbeit von Steffen Jörg) (1999): Innovationswirkungen von Umweltpolitik im Windenergiebereich. In: Klemmer, Paul (Hrsg.), *Innovationen und Umwelt*. Berlin: 81-112.
- Heymann, M. (1997): Zur Geschichte der Windenergienutzung. In: Altner, Günter/Mettler-von Meibom, B./Simonis, U.E./von Weizsäcker, E.U. (Hrsg.), *Jahrbuch Ökologie 1998*. München: 190-206.
- Hirschl, B./Hoffmann, E./Wetzig, F. (2004): Erneuerbare Energien zwischen Klima- und Naturschutz. In: *Ökologisches Wirtschaften* 5/2004: 10-11.
- Huber, J. (2004): *New Technologies and Environmental Innovations*. Cheltenham, Northampton.
- Huber, J. (2005): *Technological Environmental Innovations*. In: *Der Hallesche Graureiher 2005 – 1*. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Institut für Soziologie.
- Hübner, K./Nill, J. (2001): *Nachhaltigkeit als Innovationsmotor. Herausforderungen für das deutsche Innovationssystem*. Berlin.
- IÖW (2001): *Politische Strategien für eine nachhaltige Dynamik sozialökologischer Transformationen. Sondierungsstudie 07SOE35 im Rahmen des Förderschwerpunkts „Sozialökologische Forschung“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Schlussbericht. Vorgelegt vom Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)*. Berlin.
- Jacobsson, S./Andersson, B.A./Bangens, L. (2002): *Transforming the energy system – the evolution of the German technological system for solar cells*. In: *Electronic Working Paper Series. Paper No. 84. SPRU – Science and Technology Policy Research. University of Sussex. Falmer, Brighton*.
- Jacobsson, S./Lauber, V. (2006): *The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology*. In: *Energy Policy* 34 (2006): 256-276.
- Jänicke, M. (2001): *Ökologische Modernisierung als Innovation und Diffusion in Politik und Technik: Möglichkeiten und Grenzen eines Konzepts*. FFU-report 00-01. Forschungsstelle für Umweltpolitik. Freie Universität Berlin.
- Janzing, B. (2004): *Grüne Wiese, rotes Tuch. Die Solarbranche fürchtet Widerstände gegen Freilandanlagen – und müht sich um öffentliche Zustimmung*. In: *DIE ZEIT* 25/2004: 27.
- Kowol, U./Krohn, W. (1995): *Innovationsnetzwerke. Ein Modell der Technikgenese*. In: *Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 8: Theoriebausteine der Techniksoziologie*. Frankfurt/M., New York: 77-105.
- Krohn, W. (1997): *Rekursive Lernprozesse. Experimentelle Praktiken in der Gesellschaft*. In: *Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 9: Innovation – Prozesse, Produkte, Politik*. Frankfurt/M., New York: 65-89.
- Leprich, U./Bauknecht, D./Gaßner, H./ Schrader, K. (2005): *Dezentrale Energiesysteme und Aktive Netzbetreiber (DENSAN). Endbericht. Studie im Auftrag der Stadtwerke Aachen AG (STAWAG), Stadtwerke Flensburg GmbH, Stadtwerke Jena-Pößneck GmbH, Stadtwerke Karlsruhe GmbH, Stadtwerke Leipzig GmbH, MVV Energie AG Mannheim, Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH*.
- Linscheidt, B. (1999): *Nachhaltiger technologischer Wandel aus Sicht der Evolutorischen Ökonomik*. In: *Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln (Hrsg.), Umweltökonomische Diskussionsbeiträge Nr. 99 – 1*.
- Lönker, O. (2005): *Ausgeträumt*. In: *neue energie* 06/2005: 12.
- Lönker, O. (2006): *Kein bisschen virtuell*. In: *neue energie* 06/2006: 30-32.
- Lucke, I. (2002): *Biogas. Die regenerative Energie der Zukunft? Diplomarbeit*. Oldenburg.
- Markard, J./Truffer, B. (2006): *Innovation processes in large technical systems: Market liberalization as a driver for radical change? In: Research Policy* 35 (2006): 609-625.
- Mautz, R./Byzio, A./Rosenbaum, W. (2005): *Die soziale Dynamik der regenerativen Energien – am Beispiel der Fotovoltaik, der Biogasverstromung und der Windenergie. Zwischenbericht zum DFG-Projekt RO 465/8-1*. Göttingen.
- Musiol, F. (2004): *Fischhäckselanlagen und Vogelschreddermaschinen. Streit über Erneuerbare Energien bei den Umweltverbänden*. In: *Ökologisches Wirtschaften* 5/2004: 15-16.
- Nitsch, J./Staiß, F./Wenzel, B./Fischedick, M. (2005): *Ausbau Erneuerbarer Energien im Stromsektor bis zum Jahr 2020. Vergütungszahlungen und Differenzkosten durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*. Stuttgart, Wuppertal.
- Pries, P.D. (2006): *Die Advokaten des Windes*. In: *neue energie* 07/2006: 102-103.
- Reiche, D. (2004): *Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien in Deutschland. Möglichkeiten und Grenzen einer Vorreiterpolitik*. Frankfurt/M., Berlin usw.
- Reiche, D./Bechberger, M. (2006a): *Ökologische Transformation der Energiewirtschaft – Einführung und Übersicht*. In: *Reiche, Danyel/Bechberger, Mischa (Hrsg.), Ökologische Transformation der Energie*

- wirtschaft. Erfolgsbedingungen und Restriktionen. Berlin: 1-22.
- Reiche, D./Bechberger, M. (2006b): Diffusion von Einspeisevergütungsmodellen in der EU-25 als instrumenteller Beitrag zur Verbreitung erneuerbarer Energien. In: Reiche, Danyel/Bechberger, Mischa (Hrsg.), Ökologische Transformation der Energiewirtschaft. Erfolgsbedingungen und Restriktionen. Berlin: 199-217.
- Rentzing, S. (2005a): Flaute auf der Fläche. In: neue energie 05/2005: 50-53.
- Rentzing, S. (2005b): Drang auf die Dächer. In: neue energie 07/2005: 56-59.
- Rentzing, S. (2006): Boykott der Bauern. In: neue energie 09/2006: 45-47.
- Rogers, E.M. (1983): Diffusion of Innovations. Third Edition. New York, London.
- Schäfermeier, A. (2006): Klare Spielregeln im Netz. In: neue energie 04/2006: 104-105.
- Schwarz, M. (2003): Von der Vogelperspektive der Leitbildsteuerung zur organisationalen Bodenhaftung. Anforderungen an eine anwendungsbezogene Nachhaltigkeitsforschung. In: Linne, Gudrun/Schwarz, Michael (Hrsg.), Handbuch Nachhaltige Entwicklung. Wie ist nachhaltiges Wirtschaften machbar? Opladen: 603-614.
- Smith, A./Stirling, A./Berkhout, F. (2005): The governance of sustainable socio-technical transitions. In: Research Policy 34 (2005): 1491-1510.
- Umbach-Daniel, A. (2002): Biogaseinsparungsanlagen in der deutschen Landwirtschaft. Sozio-ökonomische und kulturelle Hemmnisse und Fördermöglichkeiten einer erneuerbaren Energietechnik. Kassel (Entwicklungsperspektiven Nr. 76).
- Weinhold, N. (2006): Suche nach Erkenntnis. In: neue energie 09/2006: 25-31.
- Zimmermann, H./Otter, N./Stahl, D./Wohltmann, M. (1998): Innovation jenseits des Marktes. Berlin.