

Auf dem Weg zur Energiewende: die Entwicklung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Deutschland ; eine Studie aus dem Soziologischen Forschungsinstitut Göttingen (SOFI)

Mautz, Rüdiger; Byzio, Andreas; Rosenbaum, Wolf

Veröffentlichungsversion / Published Version

Monographie / monograph

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

OAPEN (Open Access Publishing in European Networks)

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Mautz, R., Byzio, A., & Rosenbaum, W. (2008). *Auf dem Weg zur Energiewende: die Entwicklung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Deutschland ; eine Studie aus dem Soziologischen Forschungsinstitut Göttingen (SOFI)*. Göttingen: Univ.-Verl. Göttingen. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-272915>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-NC-ND Lizenz (Namensnennung-Nicht-kommerziell-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY-NC-ND Licence (Attribution-Non Commercial-NoDerivatives). For more information see:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Rüdiger Mautz, Andreas Byzio, Wolf Rosenbaum

Auf dem Weg zur Energiewende

Die Entwicklung der Stromproduktion aus
erneuerbaren Energien in Deutschland



Universitätsverlag Göttingen

SOFI

Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen
an der Georg-August-Universität

Rüdiger Mautz, Andreas Byzio, Wolf Rosenbaum
Auf dem Weg zur Energiewende

Except where otherwise noted, this work is
licensed under a [Creative Commons License](#)



erschienen im Universitätsverlag Göttingen 2008

Rüdiger Mautz, Andreas Byzio,
Wolf Rosenbaum

Auf dem Weg zur Energiewende

Die Entwicklung der
Stromproduktion aus
erneuerbaren Energien in
Deutschland

Eine Studie aus dem
Soziologischen Forschungsinstitut
Göttingen (SOFI)



Universitätsverlag Göttingen
2008

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Anschrift der Autoren

Soziologisches Forschungsinstitut
an der Universität Göttingen
Friedländer Weg 31, 37085 Göttingen
sofi@sofi.uni-goettingen.de
<http://www.sofi-goettingen.de>

SOFI

Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen
an der Georg-August-Universität

Die Studie geht auf das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Projekt „Die soziale Dynamik der Energiewende“ zurück, das von 2004 bis 2007 am Soziologischen Forschungsinstitut Göttingen durchgeführt wurde.

Dieses Buch ist auch als freie Onlineversion über die Homepage des Verlags sowie über den OPAC der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek (<http://www.sub.uni-goettingen.de>) erreichbar und darf gelesen, heruntergeladen sowie als Privatkopie ausgedruckt werden. Es gelten die Lizenzbestimmungen der Onlineversion. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

Satz und Layout: Erika Beller

Umschlaggestaltung: Margo Bargheer

Alle Titelabbildungen: www.flickr.com

Oben links: Windräder vor Maisfeld, Fotograf „Windbruch“; oben rechts: Windpark im Lachtal, Österreich, Fotograf „BLac“; unten links: Solaranlage Geschwister-Scholl-Gymnasium Freiberg, Fotograf „Auenlaender“; unten rechts: Trockenlager Biogasanlage in Österreich, Fotograf Mike Greenville.

© 2008 Universitätsverlag Göttingen

<http://univerlag.uni-goettingen.de>

ISBN: 978-3-938616-98-7

Vorwort

Mit den seit Anfang 2007 veröffentlichten Berichten des Weltklimarats *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPPC) zu den Ursachen sowie den absehbaren Folgen des globalen Klimawandels ist die Frage nach Mitteln und Wegen einer Energiewende in der öffentlichen Debatte und in der politischen Auseinandersetzung zum „Top-Thema“ geworden. Die Aktualität des Themas verdeckt, dass der heutigen Debatte hierzulande – sowie in einigen weiteren europäischen Ländern – ein inzwischen seit über 30 Jahren andauernder Verbreitungsprozess moderner Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien vorangegangen ist. Mittlerweile sind Wind-, Solar- oder Bioenergie in der öffentlichen Wahrnehmung zu den vielleicht wichtigsten Hoffnungsträgern für einen nachhaltigen Umbau des Energiesystems geworden.

Die Tatsache, dass die erneuerbaren Energien sowohl eine „Geschichte“ als auch hohe Aktualität haben, spiegelt sich in den zwei zentralen und sich ergänzenden Perspektiven der vorliegenden Untersuchung wider. Zum einen rekonstruieren wir, wie aus der – in den neuen sozialen Bewegungen der 1970er Jahren entstanden – utopischen Vision „sanfter“ Energien und dezentralisierter Wirtschafts- und Gesellschaftsstrukturen allmählich sich stabilisierende Innovations- und Technikpfade hervorgingen, die heute die Grundlage für das hierzulande zu beobachtende und zudem politisch geförderte „*take off*“ der erneuerbaren Energien bilden. Zum anderen verbinden wir die rekonstruierende Bestandsaufnahme sowohl mit einer Analyse gegenwärtiger Entwicklungspotenziale der regenerativen

Energien als auch mit der Untersuchung möglicher Hemmnisse und ambivalenter Folgen ihrer Expansion. Es geht uns nicht darum, den zahlreichen bereits existierenden Szenarien zur zukünftigen Entwicklung der erneuerbaren Energien ein weiteres hinzuzufügen. Vielmehr ist es unser Anliegen, das Spannungsfeld von Entwicklungskräften und Gegenkräften der „Erneuerbaren“ zu beschreiben, um den Blick für die soziale Dynamik zu schärfen, die der Energiewende vorwärts treibende Impulse gibt, aber auch ernsthafte Hindernisse in den Weg stellen könnte.

Die Untersuchung hätte nicht durchgeführt werden können ohne die zahlreichen Gesprächspartnerinnen und -partner (z.B. aus den Fachverbänden der erneuerbaren Energien, aus Umweltverbänden, aus Solarinitiativen, aus Energieagenturen, aus Landesministerien und kommunalen Behörden, aus Stadtwerken, aus der Wissenschaft, aus der Anwenderberatung für erneuerbare Energien usw.), die uns in zum Teil sehr ausführlichen Interviews Rede und Antwort gestanden haben. Ihnen allen sei an dieser Stelle ausdrücklich gedankt. Unser Dank gilt ferner der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), die die Untersuchung großzügig förderte und es uns im Rahmen einer Projektverlängerung ermöglichte, unseren ursprünglichen Untersuchungsansatz um die Frage der Systemintegration der erneuerbaren Energien zu erweitern. Danken möchten wir überdies Bärbel Dehne, Heike Pohl, Gabriele Schappeit und Ingelore Stahn aus dem Soziologischen Forschungsinstitut Göttingen (SOFI), die mit gewohnter Zuverlässigkeit und Professionalität viele Hundert Seiten Interviewprotokolle für uns geschrieben haben sowie Erika Beller (ebenfalls SOFI), die nicht nur an den genannten Schreibebeiten beteiligt war, sondern mit großer Fachkenntnis die Formatierung der vorliegenden Buchfassung besorgt hat. Unser besonderer Dank schließlich geht an Hartwig Heine, mit dem uns eine jahrelange Zusammenarbeit im SOFI-Forschungsfeld „Gesellschaftliche Auseinandersetzungen um Ökologie“ verbindet und der bis zu seinem Ausscheiden aus dem SOFI (in den wohlverdienten Ruhestand) an der Entstehung der vorliegenden Studie beteiligt und uns ein unersetzlicher Diskussionspartner war.

Göttingen, im Juli 2007

*Rüdiger Mautz
Andreas Byzio
Wolf Rosenbaum*

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	9
I. Einleitung.....	11
1. Die erneuerbaren Energien in der Offensive	11
2. Die soziale Dynamik technologischer Innovationen: theoretische Orientierungen.....	16
3. Die soziale Entwicklungsdynamik der erneuerbaren Energien – ein Phasenkonzept.....	26
4. Empirische Grundlagen.....	29
II. Entwicklung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen in Deutschland	33
1. Erste Phase: „Wiederentdeckung“ der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen (Mitte der 1970er Jahre bis Mitte der 1980er Jahre)	33
1.1. Die Grundprinzipien der Innovation	34
1.1.1. Erstes Grundprinzip: Dezentralisierung.....	34
1.1.2. Zweites Grundprinzip: Basisorientierte Verbreiterung des Akteursfeldes	36
1.1.3. Drittes Grundprinzip: Ökologie als Leitnorm.....	37
1.2. Umsetzung in die Praxis	40
1.2.1. Die konstruktiv-pragmatische Wende der Ökologiebewegung	40
1.2.2. Organisierte Interessenvertretungen der Ökologiebewegung als Promotoren.....	41
1.2.3. Erste Formen staatlicher Förderung von Forschung und Entwicklung	42
1.2.4. Die Praktiker in Pionierprojekten.....	43
1.3. Fazit	45
2. Zweite Phase: Herausbildung tragfähiger Umsetzungsformen und Institutionalisierung dezentraler Diffusionssysteme (Mitte der 1980er bis Ende der 1990er Jahre).....	47
2.1. Die Weiterentwicklung der Innovation	48
2.1.1. Neuausrichtung der staatlichen Förderung.....	49
2.1.2. Bürger als Stromerzeuger.....	54
2.1.3. Landwirtschaftliche Betriebe als Stromerzeuger	60
2.2. Ursachen und Bedingungen des Erfolges	63
2.2.1. Multiplikatoren in einem dezentralisierten Diffusions- system: Technikpioniere, „Change Agents“ und „Opinion Leaders“	65

2.2.2. Die Institutionalisierung innovativer Szenen und Netzwerke.....	70
2.2.3. Die Bedeutung netzwerkinterner Rückkopplungsprozesse.....	72
2.2.4. Rückkopplungen zwischen Basisakteuren und Politik.....	77
2.3. Fazit.....	81
3. Dritte Phase: Stromproduktion aus erneuerbaren Energien auf Erfolgskurs – und vor neuen Herausforderungen (2000 bis heute).....	83
3.1. Die Innovation aus heutiger Sicht.....	85
3.1.1. Die Erfolgsbilanz der erneuerbaren Energien.....	85
3.1.2. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz: Die Entfaltung eines neuen Steuerungsmodus in der Energiepolitik.....	88
3.1.3. Erweiterung des sozialen Spektrums alternativer Stromproduzenten	93
3.1.4. Stabilisierung und Ausbau dezentraler Akteursnetzwerke.....	96
3.2. Hemmnisse, Ambivalenzen und Konflikte beim Ausbau der erneuerbaren Energien	100
3.2.1. Strukturelle Diffusionshemmnisse in einem ausdifferenzierten Akteursfeld	100
3.2.2. Widerstände in der Bevölkerung.....	104
3.2.3. Zielkonflikte zwischen Klima- und Naturschutz	111
3.3. Die Erneuerbaren und das Stromsystem – Integration oder Systemwandel?.....	117
3.3.1. Windenergie: Vom Fremdkörper zum Mitspieler im System?	119
3.3.2. Dezentrale Stromerzeugung: Das Problem der Systemintegration.....	126
3.3.3. Dezentralisierung als energiewirtschaftliches Umbaukonzept	135
III. Stromproduktion aus erneuerbaren Energien: Ein Paradigma im Wandel? ...	143
1. Die Entfaltung eines sozialökologischen Gegenentwurfs im Bereich der Stromproduktion – ein Resümee.....	143
2. Die erneuerbaren Energien an einer Wegscheide?	148
Anhang	159
Literaturverzeichnis	165

Zusammenfassung

Mit der (Wieder-)Entdeckung und Diffusion der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen durchläuft das deutsche Stromsystem seit den 1980er Jahren einen anfangs noch zaghaften, mittlerweile jedoch an Dynamik gewinnenden Transformationsprozess. Wir beschreiben diesen Transformationsprozess als *Konfrontation zweier Paradigmen*, in deren Verlauf die erneuerbaren Energien zu einer Herausforderung für das dominierende Paradigma im Stromsektor geworden sind. Dessen wesentliche Merkmale sind (erstens) die Nutzung fossil-atomarer Energieträger, (zweitens) die systemtechnische Zentralisierung der Stromproduktion und -distribution und (drittens) die von der Leitnorm der öffentlichen Versorgungssicherheit unterstützte Herausbildung und Festigung oligopolistischer Branchenstrukturen. Die Grundprinzipien des alternativen, sozialökologischen Paradigmas lauten demgegenüber: dezentralisierte Erzeugungs- und Versorgungsstrukturen; pluralisierte und basisorientierte Akteursstrukturen; Ökologie als Leitnorm.

Die Entwicklung des deutschen Erneuerbare-Energien-Sektors lässt eine für radikale Innovationen typische „Karriere“ erkennen. Die schon früh einsetzende *Nischendynamik* ermöglichte Lernkurven, die sich nicht nur auf technische Weiterentwicklungen im Rahmen rekursiver Hersteller-Anwender-Beziehungen beschränkten, sondern sich auch auf dezentrale Organisationsformen regenerativer Stromerzeugung (etwa im Bereich von Bürgerkraftwerken) sowie auf die Herausbildung wirksamer Governancestrukturen erstreckten.

Bei allen Erfolgen, die die Branche der „Erneuerbaren“ in den letzten Jahren erreichen konnte: Festzuhalten bleibt, dass ihr in Gestalt der etablierten Stromkonzerne nach wie vor ein mächtiger Akteur gegenübersteht, der den Stromsektor immer noch strukturell dominiert und verstärkt Strategien entwickelt, die auf eine (Re-)Stabilisierung und längerfristige Sicherung des fossil-atomaren Energiepfades abzielen.

Zudem stehen die Protagonisten der erneuerbaren Energien auch deswegen vor neuen Herausforderungen, weil das ursprünglich scharf konturierte Profil des alternativen Paradigmas in seiner Abgrenzung zu Leitmerkmalen des traditionellen Stromsystems *diffuser* geworden ist. *Erstens* zeichnet sich auch im Bereich der Stromerzeugung aus regenerativen Energien ein Trend zur wachsenden Anlagengröße und zur (partiellen) Zentralisierung ab. *Zweitens* wird mit der Zunahme regenerativ erzeugten Stroms mehr und mehr deutlich, dass der gesetzlich garantierte Einspeisevorrang für „Ökostrom“ – und damit die praktische Umsetzung der Leitnorm Ökologie – nur dann aufrechterhalten werden kann, wenn die Stromeinspeiser aus der Regenerativbranche anders als bisher selbst aktiv zur optimalen Netzeinbindung ihrer Erzeugungstechniken beitragen. *Drittens* bringen die Verbreitung regenerativer Stromerzeugung, das Größenwachstum der Erzeugungstechniken sowie der Trend zur Zentralisierung mit sich, dass auch die erneuerbaren Energien ökologische Kosten verursachen; dies führt zu Widerständen aus der Bevölkerung und vor allem auch zu Konflikten im ökologischen Lager.

Durch die Expansion der regenerativen Stromerzeugung wurde ein Transformationsprozess des deutschen Stromsektors eingeleitet, der allerdings noch keineswegs abgesichert und abgeschlossen ist. Vor allem wandeln und differenzieren sich die Prinzipien des alternativen Paradigmas nach wie vor sehr erheblich. Für die zukünftige Entwicklung der Erneuerbaren gibt es mehr als nur eine Option. Wir sehen die erneuerbaren Energien an einer Wegscheide: Die neue Offenheit auf der Ebene der paradigmatischen Grundprinzipien könnte der Expansion der erneuerbaren Energien weitere Schubkraft verleihen, aber auch eine bereits heute sichtbare Tendenz zur Polarisierung von Akteursstrategien und Zieldefinitionen innerhalb dieses Handlungsfelds verstärken.

I. Einleitung

1. Die erneuerbaren Energien in der Offensive

Der deutsche Stromsektor zeigt ein doppeltes Gesicht: Auf der einen Seite wird das Bild von der *Kontinuität des traditionellen Pfades der deutschen Stromwirtschaft* bestimmt. Andererseits ist es gerade der Stromsektor, in dem sich mit den erneuerbaren Energien ökologische Forderungen sehr erfolgreich umsetzen ließen. Die technischen und ökonomischen Strukturen des nach wie vor dominanten Systems haben sich bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts herausgebildet und sind bis heute in ihren Grundzügen erhalten geblieben. Mit dem gegen Ende des 19. Jahrhunderts beginnenden Übergang zur Wechselstromtechnik, die den Stromtransport über große Distanzen ermöglichte (Baedeker 2002, 25), kam ein säkularer Innovationsprozess in Gang, in dessen Folge sich auf technischer, ökonomischer und politischer Ebene das Paradigma der verbrauchsfernen und in einem Verbundsystem zentralisierten Stromerzeugung durchsetzte (Leprich 2005). Typisch dafür war vor allem der Bau immer größerer Kraftwerke und die Herausbildung von großen Stromversorgungsunternehmen, die diese Kraftwerke – zunächst vor allem Steinkohle- und Braunkohlekraftwerke, ab den 1960er Jahren auch Kernkraftwerke – sowie die Netzinfrastruktur betreiben. Das entscheidende Funktionsprinzip dieses System liegt darin, „mit wenigen großen, zentralen Erzeugungsanlagen eine große Anzahl räumlich verteilter Lasten bzw. Verbraucher zuverlässig und kostengünstig mit Energie zu versorgen“ (Hoppe-Kilpper 2001, 4). Neben zentralisierten technischen Strukturen gehört eine erhebliche Marktkonzentration zu den bestimmen-

den Merkmalen des deutschen Stromsektors. Ein Oligopol aus einigen wenigen Unternehmen beherrscht traditionell sowohl die Produktion als auch die Distribution des Stroms in Deutschland. Weder die Ölpreiskrisen der 1970er Jahre sowie die dadurch ausgelösten wachstumskritischen Debatten noch die Umweltschutz- und Anti-Atomkraftdebatten führten zu tief greifenden Brüchen oder gar zu einer Abkehr von der zentralisierten Großproduktion auf der Basis fossil-atomarer Energieträger. Was die ökonomische Konzentration angeht, so scheinen sich die Marktstrukturen nach der 1998 erfolgten Liberalisierung des deutschen Strommarkts eher noch verfestigt zu haben. Inzwischen ist die Zahl der marktbeherrschenden Stromversorger auf vier gesunken, wobei ein „Duopol“ zweier Großversorger (E.ON und RWE) „rund 70 Prozent der gesamten Stromerzeugung auf sich vereinigt, große Teile des Transportnetzes in seinem Besitz hat und an einer erheblichen Anzahl von Regionalversorgern und Stadtwerken beteiligt ist“ (Leprich 2005, 15 f.). Angesichts ihrer ökonomischen Dominanz, ihrer über Jahrzehnte gewachsenen Strukturen und ihrer langfristigen Investitionsstrategien spricht einiges dafür, dass die großen Stromkonzerne auch in Zukunft an dem einmal eingeschlagenen Pfad im Wesentlichen festhalten werden. Nachdem zwischen 1997 und 2002 in Deutschland bereits neun neue Braunkohlekraftwerke in Betrieb gegangen sind,¹ zeichnen sich gegenwärtig neben einem verstärkten Engagement in der Gastechologie umfangreiche Neuinvestitionen in Braunkohle- und Steinkohlekraftwerke ab.²

Auf der anderen Seite macht der deutsche Strom erzeugende Sektor seit zwei Jahrzehnten durch einen bemerkenswerten *strukturellen Wandel und durch Innovativität* auf sich aufmerksam. Der Blick richtet sich dabei vor allem auf die bisherige Bilanz im Bereich der erneuerbaren Energien. Man sieht hier die Bundesrepublik in einer auch international anerkannten „Pionierrolle“ und inzwischen auch als „Weltmarktführer“ bei der Windenergienutzung sowie in der weltweiten Spitzengruppe in anderen Bereichen der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien, zum Beispiel bei der Fotovoltaik (Reiche 2004, 189). Hervorgehoben wird ferner, dass die Geschäftsstrategien der Hersteller im Wind- und Solarenergiebereich inzwischen stark international ausgerichtet seien – der „Standort Deutschland“ sei zum „Leitmarkt für die Erneuerbaren und zugleich Technologie- und Innovationsführer in vielen Bereichen“ geworden (BMU 2005, 9). Jänicke spricht der damit verbundenen „klimapolitischen Leadmarkt-Strategie“ unter den Gesichtspunkten der Innovationsentwicklung und -verbreitung eine „globale Aufgabe“ zu, insofern sie „die Kosten der Entwicklung und der Überwindung der Kinderkrankheiten der klimagerechten Technologie bis zu dem Punkt (trägt), an dem sie attraktiv und billig genug ist, um sich über normale Marktmechanismen auszubreiten“ (Jänicke 2004, 20).

¹ Vgl. Reiche 2004, 38 ff., der darin „ein deutliches Indiz für die Beibehaltung des (Braun-)Kohlepfades“ sieht.

² Vgl. hierzu die Übersicht über angekündigte Investitionsvorhaben im konventionellen Kraftwerksbereich im „Statusbericht für den Energiegipfel am 3. April 2006“ (BMWT/BMU 2006, Tabelle 11, 54).

Eine solche umwelt-, energie- und technologiepolitische Bedeutung der erneuerbaren Energien ist nicht zuletzt deswegen bemerkenswert, weil diese Techniken (wir sprechen hier insbesondere von der Windenergie, der Solarenergie und der energetischen Biomassenutzung) sich anfangs – ab der Mitte der 1970er Jahre – nur in kleinen Nischen verbreiten konnten und sich auch später gegen massive Widerstände und Vorbehalte durchsetzen mussten. Wie im Fall etlicher anderer ab den 1970er Jahren entwickelter bzw. propagierter Umwelttechniken sahen sich die Verfechter der erneuerbaren Energien dem Vorwurf ausgesetzt, dass Ökologie im Gegensatz zur Ökonomie stehe und letztlich nicht bezahlbar sei. Hinzu kam, dass alle Versuche, den erneuerbaren Energien Wege aus ihrer Nische zu ebnen, über viele Jahre auf den zum Teil heftigen Widerstand der etablierten Elektrizitätswirtschaft stießen, die nicht nur die ökonomische Vormachtstellung im Stromsektor innehatte, sondern auch über politisch abgesicherte Privilegien verfügte sowie die Hoheit über ein „ausgereiftes“ großtechnisches System hatte.

Inzwischen hat sich diese Konstellation ganz beträchtlich zugunsten der erneuerbaren Energien geändert – die vorliegende Untersuchung zielt vor allem auch darauf ab, die Ursachen, die Mechanismen sowie die Dynamik dieses Wandels nachvollziehen und verstehen zu können. Es scheint, dass die erneuerbaren Energien vor dem Hintergrund neu entflammter Klimaschutzdebatten sowie aktueller politischer Weichenstellungen noch an Dynamik gewonnen haben. Meilensteine dieser jüngsten Entwicklung waren zum einen der im Herbst 2006 veröffentlichte „Stern-Report“ sowie der im Februar 2007 publizierte vierte Bericht des Weltklimarats IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) zum Zustand des Weltklimas. Während der Stern-Report den Klimawandel als gigantisches Marktversagen brandmarkt und gegenüber der häufig behaupteten Kluft zwischen ökologischen und ökonomischen Zielen die Bekämpfung der Erderwärmung zu einer langfristigen „Pro-Wachstum-Strategie“ erklärt,³ liegt die Brisanz des IPCC-Berichts in dem Nachweis, dass Zweifel an den anthropogenen, vom Menschen zu verantwortenden Ursachen des Klimawandels wissenschaftlich nicht haltbar sind.⁴ Klimaforscher sind sich weltweit – von wenigen Außenseitern abgesehen – darin einig, dass die globale Erwärmung des Klimasystems auf anthropogen verursachte Treibhausgase (ganz überwiegend Kohlendioxid) und nur in einem geringen Maße auf Veränderungen der solaren Einstrahlung zurückzuführen ist. Die

³ Vgl. STERN REVIEW: Der wirtschaftliche Aspekt des Klimawandels. Zusammenfassung der Schlussfolgerungen. Im Internet unter: http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics-climate_change/sternreview_translations.cfm (Stand 15.02.2007). Grundlage ist der von Nicholas Stern, ehemals Chefökonom der Weltbank und heute Leiter des volkswirtschaftlichen Dienstes der britischen Regierung, vorgelegte Bericht „Stern Review on the Economics of Climate Change“.

⁴ Die Zusammenfassung des vierten IPCC-Berichts wurde am 2.2.2007 veröffentlicht. Das IPCC wurde 1988 als Reaktion auf einen sich abzeichnenden globalen Klimawandel von der World Meteorological Organization (WMO) und dem United Nations Environment Programme (UNEP) eingerichtet. Die Kurzfassung zum IPCC Klimabericht ist im Internet abrufbar unter: http://www.bmbf.de/pub/IPCC_kurzfassung.pdf (Stand 15.02.2007).

beiden Veröffentlichungen haben nicht nur ein enormes internationales Echo ausgelöst, sondern – zumindest innerhalb der Europäischen Union – zur Einsicht geführt, dass die bisherigen Klimaschutzmaßnahmen nicht ausreichen. Wichtige Weichen wurden bereits auf dem EU-Gipfel Anfang März 2007 gestellt: Neben der Vereinbarung, innerhalb der Europäischen Union den Ausstoß schädlicher Treibhausgase bis 2020 mindestens um 20 Prozent zu reduzieren sowie im gleichen Zeitraum den Energieverbrauch um 20 Prozent zu senken, einigte man sich auf das verbindliche Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Primärenergieverbrauch (der sich im Wesentlichen auf die Bereiche Wärme, Strom und Verkehr verteilt) im EU-Durchschnitt bis 2020 auf mindestens 20 Prozent zu steigern. Inzwischen wurden vom Bundesumweltminister auf nationaler Ebene noch ehrgeizigere Ziele formuliert: Ein Ende April 2007 vorgestellter Acht-Punkte-Plan für Klimaschutz sieht vor, den von Deutschland verursachten Kohlendioxid-Ausstoß bis 2020 um 40 Prozent gegenüber dem Basisjahr 1990 zu senken.⁵ Neben einer Erhöhung der Energieeffizienz soll dieses Ziel unter anderem durch eine Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung auf über 27 Prozent und im Wärmebereich auf 14 Prozent bis 2020 erreicht werden.⁶

Damit sind die erneuerbaren Energien, was die politischen Rahmenbedingungen betrifft, hierzulande und auf EU-Ebene stärker in die Offensive geraten. Momentan scheint es – zumindest in der Bundesrepublik – beinahe eine All-Parteien-Koalition zu geben, die sich für ihr weiteres schnelles Wachstum einsetzt. Demgegenüber sind die großen Energieversorgungsunternehmen (EVU) in der öffentlichen Debatte in eine Defensivposition geraten, da man sie vor allem in der Rolle des Problemverursachers, weniger dagegen in der eines möglichen Problemlösers wahrnimmt.

Stehen wir heute somit mehr denn je vor einem „energiepolitischen Epochenwechsel“, der vom ehemaligen Bundesumweltminister der rot-grünen Bundesregierung bereits vor einigen Jahren beschworen wurde, wobei „*Vorreiterstaaten wie Deutschland (...) den Weg ins Zeitalter der erneuerbaren Energien*“ bahnen (Trittin 2004, 7)? Dass mit dem Vormarsch der erneuerbaren Energien ein grundlegender Wandel des Energiesystems eingeläutet werden könnte, wird auch im Rahmen der wissenschaftlichen Diskussion um die Chancen nachhaltiger Technikentwicklung im deutschen Innovationssystem in Betracht gezogen: So habe „die Entstehung eines eigenen Wissenschaftssegments und Industriezweigs für erneuerbare Energien“ begonnen, „die Selektionsmechanismen“ im Hinblick auf die Technologiewahl im Energiebereich zu verändern. Allerdings erscheint die Situation angesichts der ökonomischen und politischen Kräfteverhältnisse im Energiesektor durchaus noch offen: „*Das Terrain der Auseinandersetzung zwischen alten und neuen Netzwerken ist*

⁵ Davon wurden bisher 18 Prozent erreicht.

⁶ Vgl. neue energie 05/2007, 9.

(...) hart umkämpft und ein technologischer Pfadwechsel in diesem Bereich noch keineswegs gesichert“ (Hübner/Nill 2001, 176).

In der Tat fallen die bisher erreichten Anteile der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung alles in allem noch recht bescheiden aus – der Anteil der Erneuerbaren am Primärenergieverbrauch liegt EU-weit bei ca. 6,3 Prozent (2004) und in der Bundesrepublik bei ca. 5,3 Prozent (2006), wobei der Bruttostromverbrauch hierzulande inzwischen immerhin zu knapp zwölf Prozent (2006) durch regenerative Energien gedeckt wird (siehe Anhang, Abbildungen 1 und 2).⁷ Doch muss berücksichtigt werden, dass die kaum noch ausbaufähigen traditionellen Wasserkraftwerke nicht unerheblich zu diesen zwölf Prozent beitragen⁸ – das heißt, die weitere Expansion der Erneuerbaren wird fast ausschließlich auf Wind- und Solarenergie sowie auf der Biomassenutzung (perspektivisch auch auf der Geothermie) beruhen müssen.⁹

Gleichzeitig sind auch auf Seiten der etablierten Energieversorger verstärkte Bemühungen zu beobachten, in Klimaschutzmaßnahmen zu investieren: Die Strategie der EVU besteht momentan darin, erstens noch nachdrücklicher als bisher auf die (umweltpolitisch umstrittene) Karte der Kernenergie als klimaverträglicher Stromquelle zu setzen, zweitens Verbesserungsinnovationen zur Erhöhung energetischer Wirkungsgrade bei modernen Kohlekraftwerken voranzutreiben, drittens die so genannte Clean-Coal-Technologie, die zurzeit noch in den Kinderschuhen steckt und von einer gesicherten und großtechnischen Anwendung weit entfernt ist, als Königsweg zur langfristigen Sicherung des Kohlepfads bei der Stromerzeugung zu propagieren,¹⁰ und viertens selektiv in die erneuerbaren Energien einzusteigen, vor allem in die Offshore-Windkraftnutzung, die sich hierzulande allerdings noch durchweg im Planungsstadium befindet.

Und schließlich sollte berücksichtigt werden, dass mit der beschleunigten Expansion der Erneuerbaren bestimmte Probleme zunehmen könnten, die von denjenigen, die nun so vehement für die regenerativen Energien eintreten, möglicherweise nicht ausreichend gesehen werden: etwa die Anforderung, zunehmende Anteile regenerativ erzeugten Stroms ökonomisch und ökologisch sinnvoll in das Stromversorgungssystem zu integrieren; oder das Risiko, bei schneller Ausbreitung (bestimmter) regenerativer Energiequellen auf gesellschaftliche Widerstände zu stoßen bzw. Akzeptanzverluste zu erleiden.

⁷ Vgl. zudem BMU 2007, Tabelle 1, 3; BMU 2006a, 28.

⁸ Ihr Anteil am Bruttostromverbrauch beträgt rd. 3,5 Prozent (BMU 2007, 10).

⁹ Zur Struktur der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2006 siehe Anhang, Abbildung 3.

¹⁰ Clean-Coal-Technologie umfasst Techniken zur Abtrennung des in Kohlekraftwerken entstehenden Kohlendioxids sowie dessen langfristige – bzw. irreversible – Deponierung, etwa in unterirdischen Kavernen oder geeigneten Gesteinsschichten. In einer für den Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW) erstellten Studie zu „Investitionen im liberalisierten Energiemarkt: Optionen, Marktmechanismen, Rahmenbedingungen“ heben Pfaffenberger/Hille hervor, dass die genannten Techniken im Zeitraum bis 2020 technisch und wirtschaftlich nicht realisierbar seien (Pfaffenberger/Hille 2004b, K-7).

Das bisher Gesagte – die erneuerbaren Energien befinden sich zwar in der Offensive, sind aber von einem endgültigen Durchbruch im Bereich der Energieversorgung noch weit entfernt – umreißt in aller Kürze den für die vorliegende Untersuchung relevanten energie- und umweltpolitischen Problemhorizont. Daraus ergibt sich eine doppelte Untersuchungsperspektive: Zum einen zielt die Untersuchung im Rahmen einer *retrospektiven Analyse* von Innovationsverläufen und Diffusionsmechanismen darauf ab, die Bedingungen dafür aufzuzeigen, dass die erneuerbaren Energien in die Offensive gelangen und seit ca. 20 Jahren ein ständiges Wachstum verzeichnen konnten. Die Studie konzentriert sich dabei auf die *Stromerzeugung* durch regenerative Energieträger und damit auf den Bereich, der im Vergleich zum regenerativen Wärmesektor bisher die größere Dynamik in der Bundesrepublik aufweist.¹¹ Zum anderen geht es in der Untersuchung darum, vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungsbedingungen der erneuerbaren Energien in Deutschland nach den Chancen, aber auch nach möglichen Problemen einer an dezidierten Klimaschutzzielen ausgerichteten *weiteren Transformation* des Stromsystems zu fragen.

Bevor wir die hier nur angedeuteten Untersuchungsperspektiven genauer skizzieren (im Abschnitt I.3), wollen wir im folgenden Abschnitt zunächst wichtige theoretische Bezugspunkte umreißen, an denen sich unsere technikgenetische Analyse der Innovation „Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen“ orientiert. Ausgangspunkt unserer Analyse ist, die erneuerbaren Energien als radikale Innovation zu definieren, mit deren Auftauchen im Stromsektor ein Prozess eingeläutet wird, den wir als „Konkurrenz der Paradigmen“ bezeichnen. Unter Bezug auf evolutionäre Ansätze der sozialwissenschaftlichen Technik- und Innovationsforschung werden wir relevante Faktoren und Merkmale der sozialen Dynamik radikaler Innovationen, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklungsdynamik technologischer Nischen diskutieren sowie nach den Bedingungen für technologische Paradigmen- und Regimewechsel fragen.

2. Die soziale Dynamik technologischer Innovationen: theoretische Orientierungen

In der vorliegenden Untersuchung beschreiben wir die Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen als eine *radikale Innovation*, deren Entwicklung in den 1970er Jahren begonnen hat. Dieser Ansatz ist begründungsbedürftig. Immerhin bildeten Biomasse, Wasser- und Windkraft bereits die energetische Basis des gesamten vormodernen Zeitalters und auch die modernen Techniken zur Nutzung

¹¹ Was auch mit dem von der Politik geschaffenen Förderrahmen für regenerativ erzeugten Strom zusammenhängt (siehe unten, Kap. II.2 und II.3) – eine vergleichbare Förderung der Wärmenutzung auf Grundlage erneuerbarer Energien konnten die politischen Verfechter erneuerbarer Energien bisher nicht erreichen.

erneuerbarer Energiequellen wurden nicht erst in den 1970er Jahren neu erfunden. In ihren wesentlichen Grundlagen waren sie in den vorangegangenen Jahrzehnten entwickelt und erprobt worden. So waren bereits Anfang des 20. Jahrhunderts „Windturbinen“, die auch zur Stromerzeugung eingesetzt werden konnten, in Deutschland relativ weit verbreitet.¹² Nach dem Zweiten Weltkrieg erfuhr die Windenergieforschung einen regelrechten Aufschwung, als in Deutschland und einigen weiteren europäischen Ländern Prototypen von modernen Windkraftanlagen entwickelt und zum Teil bis in die 1960er Jahre hinein betrieben wurden. Aufgrund billiger fossiler Energie gerieten diese Ansätze dann allerdings weitgehend in Vergessenheit (Heymann 1997, 195 ff.). Auch mit modernen Formen der Biogasnutzung wurde bereits in den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg in Deutschland vereinzelt experimentiert (Lucke 2002, 31). Im Unterschied zu den eher bodenständigen Techniken der Energiegewinnung aus Windenergie und Biogas ist die Fotovoltaik eine ausgesprochene High-Tech-Innovation. Doch auch ihre Entwicklung begann Jahrzehnte vor der von uns untersuchten Renaissance der erneuerbaren Energien. Die Fotovoltaikzelle auf Siliziumbasis wurde 1954 in den US-amerikanischen *Bell Laboratories* erfunden. Bis in die 1970er Jahre hinein beschränkte sich ihr Einsatz allerdings fast ausschließlich auf die Raumfahrt sowie auf bestimmte Nischenanwendungen (Spielzeugautos, Armbanduhren) (Grober 2004).

Allein aus der Perspektive der Technikentwicklung erscheint es demnach nicht gerechtfertigt, die Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien, die in den 1970er Jahren auf den Weg gebracht wurde, als radikale Innovation zu beschreiben. Das Innovative ist aus unserer Sicht die Wiederentdeckung, Anwendung und Fortentwicklung der genannten Techniken mit neuer Zielperspektive und in neuen sozialen Kontexten. Neu sind also nicht die betrachteten Techniken an sich. Neu ist vielmehr vor allem der *Begründungskontext ihrer Anwendung*, dem bestimmte Vorstellungen über die mit dieser Anwendung verbundenen gesellschaftlichen Problemlösungskapazitäten zugrunde liegen. Aus diesem Blickwinkel betrachtet, beginnt der eigentliche Innovations- bzw. Diffusionsprozess der „Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen“ in den 1970er Jahren im Umfeld der neuen sozialen Bewegungen. Am Anfang dieses Prozesses stehen keine technischen Erfindungen, sondern Ideen und Utopien, die sich auf die Reaktivierung und Umdeutung längst bekannter Techniken beziehen. Zur Innovation werden diese Ideen und Utopien dadurch, dass für ihre praktische Umsetzung Formen gefunden werden, die aufgrund von spezifischen Kombinationen sozialer, ökonomischer und technischer Merkmale Diffusionspotenzial besitzen. *Radikal* ist diese Innovation, weil damit das Ziel eines *Paradigmenwechsels im Energiesystem* verbunden ist. Ein technologisches Paradigma legt fest, welche technischen Probleme relevant und welche Lösungsmethoden opportun sind. Es

¹² Heymann spricht von ca. 8000 „Windmotoren“ 1915 in Deutschland; vgl. Heymann 1997, 192.

bestimmt insofern die Richtung zukünftiger Innovationen und fungiert zudem als „vergemeinschaftendes Band“, indem es seine Anhängerschaft zu einer technologischen Gemeinschaft zusammenfügt. Die Forderung nach einem Paradigmenwechsel und die entsprechende Suche nach radikalen Innovationen sind in der Regel entweder durch grundlegende wissenschaftliche Fortschritte oder durch die Wahrnehmung funktionaler Mängel des überkommenen Paradigmas motiviert (Braun-Thürmann 2005, 43 f.). Vor allem Letzteres steht am Beginn der Renaissance der erneuerbaren Energien.

Die Wahrnehmung der „funktionalen Mängel“ des etablierten Systems erfolgte in erster Linie aus der Perspektive ökologischen und atomaren Gefährdungsbewusstseins und sie äußerte sich in zum Teil heftigen gesellschaftlichen Konflikten und Definitionskämpfen. In den Phasen- bzw. Zyklenmodellen zur Entwicklung der Umweltbewegung wird der Zeitabschnitt zwischen 1975 und 1982/83 gemeinhin als Phase der „Fundamentalopposition“ (Huber 2001, 264 ff.), der „konfrontativen Mobilisierung“ und der „polaren Entgegensetzung von Ökonomie und Ökologie“ (Brand 1999, 244) beschrieben. Dabei entwickelte sich das Energiethema bald zu dem zentralen Brennpunkt der Auseinandersetzungen. Die Phase des systemoppositionellen Widerstands und der Massenmobilisierung gegen Atomkraftwerke und andere technische Großprojekte war so etwas wie die Inkubationsphase eines alternativen Energiediskurses, der spätestens ab den 1980er Jahren innerhalb der Ökologiebewegung sowie innerhalb der neu gegründeten Partei der GRÜNEN geführt und später unter dem Leitbegriff „Energiewende“ in die eigene Programmatik aufgenommen wurde (Byzio et al. 2005, 11 f.).

Unter den Randbedingungen soziokultureller Polarisierung und politischer Konfrontation kristallisierte sich ein energietechnischer Gegenentwurf heraus, der sich weitgehend auf die Techniken zur regenerativen Energiegewinnung stützte und der die *Konkurrenz zweier technologischer Paradigmen* einleitete. Es sind im Wesentlichen die folgenden drei Dimensionen, anhand derer sich beide Paradigmen voneinander abgrenzen lassen:

Technische Struktur: Dem hochgradig zentralisierten, auf Großkraftwerken beruhenden System der Energieerzeugung und -verteilung unter Nutzung fossiler und atomarer Energiequellen steht das Prinzip dezentraler Erzeugungs- und Verteilungsstrukturen mit dem Schwerpunkt auf mittelgroßen, kleinen und Kleinstkraftwerken (etwa fotovoltaische Anlagen auf Einfamilienhäusern) gegenüber.

Akteursstruktur: Im Kontrast zur oligopolistischen Struktur der konventionellen Elektrizitätswirtschaft, die auf der Erzeugerseite sowie auf der obersten Distributionsstufe der Hochspannungsnetze von wenigen Großunternehmen beherrscht wird, ist für den regenerativen Energiesektor von Beginn an eine plurale, in sich differenzierte Struktur der Stromerzeuger kennzeichnend. Das Akteurspektrum umfasst heute eine Vielzahl mittelständischer Betreiberfirmen in den verschiedenen Sparten der regenerativen Energien, Landwirte mit eigener Windkraft-, Biogas- und Fotovoltaikanlage, zivilgesellschaftliche Assoziationen (z.B.

Bürgerwind- oder -solarinitiativen), Eigenheimbesitzer mit eigener Solaranlage sowie inzwischen auch das eine oder andere Großunternehmen aus dem Energiesektor, das in den Windenergie- und Biomassesektor eingestiegen ist.

Leitnorm: Anders als die konventionelle Elektrizitätswirtschaft, deren gesellschaftliche Legitimationsstrategien vor allem von der Leitnorm der sicheren und billigen Stromversorgung beherrscht werden (Baedeker 2002, 225 f.), bezieht der regenerative Energiesektor seine gesellschaftliche Legitimation – zumindest aus der Sicht seiner Promotoren – in erster Linie aus seinem systemischen Problemlösungspotenzial im Bereich der Ökologie. Der Naturausbeutung und -gefährdung durch die herkömmliche Energieproduktion stellt man das Prinzip der Naturbewahrung durch die erneuerbaren Energien gegenüber. Die wahrgenommenen Risiken der fossilen und atomaren Energieträger für die menschliche Gesundheit und für Leib und Leben konfrontiert man mit dem Prinzip der Risikovermeidung durch die Nutzung regenerativer Energien. Kurz: Einer vorrangig am Versorgungsgedanken orientierten Leitnorm des konventionellen Energiesektors steht im Fall der erneuerbaren Energien eine ökologische Problemdeutung des Energiethemas gegenüber.

Aus der Perspektive der evolutorischen Innovationstheorie (vgl. etwa Linscheidt 1999; Werle 2003; Braun-Thürmann 2005) liegt angesichts der skizzierten Konkurrenz zweier Paradigmen innerhalb des deutschen Stromsektors der typische Fall einer *technologischen Evolution* vor, wobei die entscheidende Frage lautet, inwieweit sich im Laufe eines solchen Prozesses die Selektionsmechanismen der (ökonomischen und institutionellen) Umwelt zugunsten des neuen, mit den regenerativen Energien verknüpften Paradigmas verändern. Diese Frage scheint nicht zuletzt deswegen berechtigt zu sein, da es sich im Fall des nach wie vor dominierenden Paradigmas zentralisierter Stromerzeugung auf der Basis fossil-atomarer Energiequellen um eine fest gefügte großtechnische Systemstruktur handelt, der bisher weder ökonomische oder soziokulturelle „Störungen“ noch die Liberalisierung des Strommarkts ernsthaft etwas anhaben konnten. Wie für großtechnische Systeme allgemein typisch, kam es auch im traditionellen Stromsektor zu einem hohen Grad an Systemintegration durch „technische Hierarchisierung und Vereinheitlichung“ (Werle 2003, 31), flankiert von der Aufhebung direkter Marktkonkurrenz durch ein nach wie vor funktionierendes Kartell der Marktaufteilung (das vor der Liberalisierung durch staatlich garantierte Gebietsmonopole gesichert war). Eine solche Konstellation begünstigt ganz allgemein die Entwicklung „konservativer Technologien“ (ebenda), was angesichts der Möglichkeit inkrementeller Innovationen (z.B. der Steigerung energetischer Wirkungsgrade) keineswegs mit ökonomischen Effizienzverlusten oder mit Mängeln im Hinblick auf die Leitnorm der Versorgungssicherheit, die vom konventionellen Stromsektor nach wie vor im hohen Maße gewährleistet wird, erkaufte sein muss. Angesichts dessen scheint es fast ausgeschlossen, dass radikale Neuerungen *innerhalb* einer solchen Systemstruktur entstehen können. Das aber bedeutet, dass eine radikale Innovation wie die

Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen nur dann eine Chance besitzt, wenn sich das Neue *außerhalb* des dominierenden Systems entfalten und verbreiten kann.

Diese Annahme deckt sich mit zahlreichen Befunden der Innovationsforschung: So ist für Smith et al. (2005), die sich mit der Transformation von sozio-technischen Systemen beschäftigen, nicht nur entscheidend, mit welchem Grad an koordiniertem und zielgerichtetem Handeln auf Veränderungen ökonomischer, institutioneller oder sozialer Umweltbedingungen reagiert wird, sondern auch, ob die relevanten Handlungsressourcen für den Transformationsprozess *innerhalb* oder *außerhalb* eines gegebenen sozio-technischen Systems verfügbar sind. Ein zentrales Ergebnis lautet auch hier: Solange ein Veränderungsprozess davon bestimmt sei, dass als Antwort auf sich wandelnde Umweltbedingungen (etwa im Sinne der oben erwähnten „Störungen“) zielgerichtet auf *systeminterne* Handlungsressourcen zurückgegriffen werden könne, dann liege zumeist ein typischer Fall „endogener Erneuerung“ durch inkrementelle Innovationen vor. Beispielhaft dafür seien die Bemühungen der großen Stromerzeuger und Kohlekraftwerk-Betreiber, auf den gestiegenen öffentlichen und umweltpolitischen Druck mit Technikentwicklungen im Bereich der Abgasentschwefelung oder – als aktuelles Beispiel – auf dem Gebiet der Kohlendioxid-Sequestrierung zu reagieren (Smith et al. 2005, 1500).

Eine Möglichkeit radikaler Innovation ist unter solchen Bedingungen der zielgerichtete Transformationsprozess durch mächtige *externe Akteure*, die sowohl in der Lage sind, Innovationen koordiniert voranzutreiben, als auch über ausreichende Ressourcen verfügen, ein gegebenes sozio-technisches System so zu modifizieren, dass die Innovationen sich durchsetzen bzw. vom System adäquat adaptiert werden können. Smith et al. (2005, 1502) bezeichnen einen solchen Transformationsprozess als „*purposive transition*“: Typisches Beispiel ist für sie die Entwicklung der zivilen Kernkraftnutzung in den 1950er und 1960er Jahren: Entscheidend sei das koordinierte Zusammenspiel wissenschaftlicher, politischer, militärischer und industrieller Akteure außerhalb des bestehenden Stromversorgungssystems gewesen, wodurch es gelungen sei, technologische Entwicklungen und institutionelle Veränderungen voranzutreiben, die schließlich in den neuen energietechnischen Pfad der Kernkraftnutzung sowie in ein entsprechendes, den Kernkraftpfad stabilisierendes und institutionell absicherndes „sozio-technische Regime“ mündeten.

Somit zeigt das Beispiel der Kernenergie, dass die Bedingungen für den Durchbruch grundlegender Neuerungen zunächst *außerhalb* eines bestehenden großtechnischen Systems geschaffen werden müssen. Damit enden aber bereits die Gemeinsamkeiten mit den erneuerbaren Energien. Erstens gehen die Anfänge der Kernenergienutzung zur Stromerzeugung in der Bundesrepublik auf eine Koalition machtvoller Akteure (Staat, atomwissenschaftliche Community und Großunternehmen aus der Elektroindustrie) zurück, die diese neue Technologie gegen

eine an den Atomplanungen zunächst kaum beteiligte und bis in die späten 1960er Jahre eher bremsende Energiewirtschaft durchgesetzt hat (Radkau 1992, 77). Zweitens ist zu berücksichtigen, dass die Stromproduktion aus Kernenergie zwar im Hinblick auf den verwendeten Energieträger Uran sowie im Hinblick auf die Prozesstechnologie zur Erzeugung von Elektrizität – verglichen mit herkömmlichen Kondensationskraftwerken auf fossiler Basis – als weitreichende Innovation einzustufen ist, dass sich Kernkraftwerke unter dem Aspekt der Systemintegration allerdings als „hoch kompatibel mit dem Sektorregime der zentralisierten Stromerzeugung“ erwiesen haben (Markard/Truffer 2006, 615). Kernkraftwerke ließen sich nahtlos in das bestehende technische und logistische System des weiträumigen Stromtransports, der Stromverteilung sowie des Elektrizitätsverbrauchs einpassen (ebenda, 613) und wurden ab den 1970er Jahren schnell zu einem integralen Bestandteil des Kraftwerksparks der großen deutschen Stromversorger, die inzwischen – nicht zuletzt dank umfangreicher staatlicher Unterstützung – die ökonomischen Vorteile dieser Technologie entdeckt hatten.

Ganz anders war dagegen die Ausgangssituation der erneuerbaren Energien Ende der 1907er/Anfang der 1980er Jahre: Erstens stand an ihrem Anfang keine ressourcenstarke Macherkoalition, sondern eine Protestbewegung von Atomkraftgegnern und Umweltschützern, der es zwar gelang, öffentliche Diskursmacht aufzubauen und dabei auch die „sanften Energien“ aus Wind, Wasser oder Sonne als Alternative zum atomar-fossilen Energiepfad auf die Agenda zu setzen, ohne aber zunächst eigene wirkungsvolle Hebel in der Hand zu haben, um praktische Veränderungen im größeren Stil herbeiführen zu können. Die von den frühen Protagonisten der „sanften Energien“ genutzte Diskursmacht der Anti-Atomkraft- und Ökologiebewegung stellte zunächst nicht mehr als eine „Störung“ des im Stromsektor dominierenden technologischen Regimes dar, ohne aber unmittelbare Folgen für die Technologiewahl in diesem Sektor zu haben.

Zweitens muss das Ausmaß an Innovativität in Rechnung gestellt werden, das die erneuerbaren Energien vom herkömmlichen Stromsystem unterscheidet: Folgt man einem von Markard/Truffer (2006) vorgeschlagenen Konzept zur Bestimmung des Radikalitätsgrades von Neuerungen, so erstreckt sich das innovative Potenzial der dezentralen erneuerbaren Energien anders als bei der Kernenergienutzung über die *gesamte* Wertschöpfungskette der Stromerzeugung, der Stromverteilung bis hin zum Stromverbrauch, wobei fluktuierende Erzeugungsquellen wie die Windenergie (im Unterschied etwa zu kontinuierlich produzierenden dezentralen Biomasseanlagen) einen besonders radikalen Einschnitt gegenüber dem bestehenden Stromsystem darstellen.¹³

Während es im Fall von erfolgreichen „*purposive transition*“-Konzepten gelingt, durch die Mobilisierung externer Akteure, Netzwerke und Handlungsressourcen

¹³ Vgl. Markard/Truffer 2006, 612 ff., insbesondere Fig. 1, 613, wo in einem Schaubild die Innovativität bzw. das innovative Potenzial verschiedener Stromerzeugungstechniken (darunter die Kernenergie und die Windenergie) entlang der gesamten Wertschöpfungskette dargestellt wird.

ein etabliertes sozio-technisches System zielgerichtet zu verändern, ist in vielen anderen Fällen – so auch im Fall der erneuerbaren Energien – ein Entwicklungsmuster radikaler Innovationen typisch, das in der Innovationsforschung mit dem Begriff der „*technologischen Nische*“ bezeichnet wird. Unter Nischen werden gemeinhin durch soziale Zugehörigkeitsmerkmale und/oder institutionelle Regelungen eingegrenzte Bereiche verstanden, die außerhalb einer dominanten technologischen System- bzw. Regimestruktur entstehen und in denen „*eine Innovation vor den selektierenden Effekten des freien Marktes geschützt ist*“ (Braun-Thürmann 2005, 46).

Nischen bieten damit den Raum für experimentelle Projekte und für das innovative Zusammenwirken heterogener Akteure (Geels 2004, 912). Typisch ist, dass es nach grundlegenden wissenschaftlichen Entdeckungen zur Neukonturierung und „Vermischung“ bisher getrennter ingenieur- und naturwissenschaftlicher *Communities* kommt, in denen sich dann ein neues technologisches Paradigma herauszubilden beginnt (Braun-Thürmann 2005, 45 f.). Nicht selten spielen politische Akteure eine wichtige Rolle, etwa wenn die Entwicklung und praktische Erprobung neuer Techniken von staatlichen Fördermitteln gewährleistet und auf diese Weise nicht von vornherein den Marktkräften ausgesetzt wird. So stelle etwa der Militärssektor eine „*klassische Nische*“ dar, „*in der neue technologische Paradigmen weiterentwickelt und getestet werden (Beispiele sind das Internet, das ‚Global Positioning System‘ oder die Kernspaltung)*“ (Braun-Thürmann 2005, 46 f.). Nischen bieten auch den Raum für innovative Aktivitäten von Außenseitern und ungewöhnlichen Akteuren: Ein Beispiel hierfür sind sozialökologische Innovationen wie das Car Sharing oder auf Bioprodukte spezialisierte Läden, die zumindest in den frühen Stadien ihrer Verbreitung stark auf das soziokulturelle Milieu der in den 1970er Jahren sich entfaltenden neuen sozialen Bewegungen (insbesondere der Ökologie- und der Alternativbewegung) angewiesen waren.¹⁴ Ähnliches traf auf die frühe Verbreitung der erneuerbaren Energien ab Mitte der 1970er Jahre zu, die zunächst stark auf Aktivisten aus den neuen sozialen Bewegungen angewiesen war und sich anfangs im Wesentlichen auf das Bewegungsmilieu (sowie auf aufgeschlossene Landwirte) beschränkte.

Die Kategorie der Nische ist integraler Bestandteil des evolutionären Ansatzes der Technik- und Innovationsforschung – was auch bedeutet, dass diese Kategorie nicht in erster Linie auf die Analyse von Strukturmerkmalen, sondern auf eine Prozessanalyse abzielt. Im Zentrum steht die Nische als geschützte Sphäre für sozio-technische *Entwicklungen*, womit sich das Interesse auf nischeninterne Prozesse bzw. auf spezifische Nischendynamiken und deren Triebkräfte richtet. Zu den dynamischen Aspekten einer Nische gehört erstens, Lernprozesse im weitesten Sinne zu ermöglichen, etwa im Hinblick auf technische Spezifikationen, auf Nutzerpräferenzen, auf symbolische Bedeutungen von Technologien oder auf die Entwicklung komplementärer Techniken, die zur Funktionalität eines entstehen-

¹⁴ Zur Genese und sozialen Diffusion des Car Sharing vgl. Byzio et al. 2002, 162 ff.

den technologischen Paradigmas beitragen (Geels 2004, 912; Braun-Thürmann 2005, 47). Wichtig ist, dass Nischen Lernkurven ermöglichen, die von Regeln des dominierenden technologischen Paradigmas gezielt und durchdacht abweichen – in einem solchen „*process of mindful deviation*“ sehen Garud/Karloe (2001; 2003, 281) eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass neue technologische Pfade entstehen können. Nicht selten trägt auch die Politik dazu bei, dass solche Lernprozesse möglich werden, nämlich immer dann, wenn sie „*durch Gesetzgebung und durch finanzielle Zuwendungen die Bedingungen in der Nische regelt*“ (Braun-Thürmann 2005, 47). Ein zweiter dynamischer Aspekt von Nischen besteht darin, dass sich in ihnen technologische Visionen, Zukunftserwartungen und Leitbilder herauskristallisieren, die im Rahmen nischeninterner Kommunikationsprozesse weiter ausformt und präzisiert werden – eine Entwicklung, die dazu beitragen kann, den Kreis der Unterstützer und Interessenten an der Nischen-Technologie (z.B. potenzielle Investoren) zu erweitern (Geels 2004, 912). Ein dritter Aspekt ist schließlich, dass technologische Nischen eine Art Möglichkeitsraum bilden, um soziale Netzwerke, die die Innovationsentwicklung unterstützen, auf- bzw. auszubauen, zum Beispiel neue Zuliefererstrukturen oder Nutzer-Hersteller-Beziehungen (ebenda). Eine erfolgreiche Nischendynamik bewirkt, dass die an der Entstehung und Ausgestaltung eines neuen technologischen Paradigmas beteiligten Akteure bzw. Akteursnetzwerke in absehbarer Zukunft nicht mehr auf die geschützte Nische angewiesen sind, sondern den Durchbruch zu einem technologischen Paradigmenwechsel herbeiführen.

Für die Frage, wann und unter welchen Bedingungen es zum technologischen Paradigmen- bzw. Regimewechsel kommt, müssen auch die *nischenexternen Bedingungen* berücksichtigt werden. Letztlich sind es in einer kapitalistischen Ökonomie Marktmechanismen, die darüber entscheiden, ob eine neuartige Technologie den endgültigen Durchbruch schafft und sich als Produkt- oder Prozessinnovation gegenüber den bisher bewährten Gütern oder Verfahren als dauerhaft überlegen erweist. Allerdings darf die Selektionsinstanz „Markt“ nicht auf das rein ökonomische Marktmodell der neoklassischen Ökonomie reduziert werden. Die Innovationsforschung richtet ihren Blick vielmehr auf *soziale* Mechanismen und Prozesse, die das Funktionieren von Märkten oder die Entscheidungskriterien von Marktakteuren (Investoren, Produzenten, Konsumenten) beeinflussen. Märkte sind immer auch, so Braun-Thürmann (2005, 49), „*gesellschaftliche Konstruktionen*“, insofern sie „*durch politische Interessen, kulturelle Wandlungen, rechtliche Vorgaben, internationale Standards und institutionelle Mechanismen wie z.B. Vertrauen*“ mitkonstituiert werden (vgl. auch Linscheidt 1999, 13). Dies bedeutet auch, dass sich die Rahmen- und Entscheidungsbedingungen für Marktakteure zum einen infolge politischer Regulierungen und politischer Interventionsstrategien verändern können, die in der Forschungsliteratur als „*strategic niche management*“ oder „*transition management*“ beschrieben werden und die durch die gezielte Schaffung und Förderung von Nischen den

Keim für einen technologischen Regimewechsel legen.¹⁵ Zum anderen können sich die Bedingungen für die Akteure in einer Nische auch durch den Wandel der sozioökonomischen und soziokulturellen „Landschaft“ einer Gesellschaft erheblich verändern. Im Rahmen der Analyse sozio-technischer Transformationen verwendet Geels (2004, 913 ff.) die Metapher „Landschaft“ (*landscape*), um damit relativ dauerhafte bzw. widerstandsfähige Strukturen zu bezeichnen, die zwar nicht unveränderbar, aber von den Akteuren kaum direkt beeinflussbar sind und bei denen es sich sowohl um technisch-materielle Infrastrukturen als auch um grundlegende kulturelle Überzeugungen, Wertvorstellungen oder symbolische Bedeutungszuschreibungen handelt.

Eine entscheidende Voraussetzung für Transformationsprozesse sieht Geels darin, dass sich „*windows of opportunity*“ öffnen, die den Durchbruch einer neuen Technologie sowie den entsprechenden Paradigmen- bzw. Regimewechsel begünstigen. Wobei „*windows of opportunity*“ in der Regel nicht auf monokausal bestimmbare Ursachen zurückgehen, sondern das Resultat koevolutiver Prozesse sind, in deren Verlauf es zu Rückkopplungen zwischen innovativen Nischenentwicklungen, Veränderungen auf „Landschafts“-Ebene sowie den Reaktionen innerhalb des dominanten technologischen Regimes kommt. Geels (2002) zeichnet – am Beispiel der Verbreitung von Dampfschiffen im 19. Jahrhundert – einen Prozess der „Kumulation von Nischen“ (*niche-cumulation*) nach, in dessen Verlauf spezifische Veränderungen der gesellschaftlichen „Landschafts“-Konfiguration der noch jungen Technologie neue Marktchancen eröffneten. Umgekehrt kam es durch die Innovation „Dampfschiff“, die nun immer mehr Nischen erobern konnte, zu einem selbstverstärkenden Mechanismus, bei dem bestimmte Wandlungsprozesse auf „Landschafts“-Ebene stabilisiert oder gefördert wurden.¹⁶

Entscheidend ist nun, dass solche selbstverstärkenden Prozesse auch mit spezifischen Veränderungen innerhalb des dominanten technologischen Regimes einhergehen, damit sich „*windows of opportunity*“ für den Durchbruch der neuen Technologie tatsächlich öffnen können. Folgt man Geels (2004, 913 ff.), so sind es vor allem manifest werdende *Krisensymptome* des alten technologischen Regimes, die durch das Zusammenspiel von (kumulativen) Nischendynamiken und Wandlungsprozessen auf der „Landschafts“-Ebene verstärkt werden und die einer radi-

¹⁵ „The ‚transition management‘ approach to governing regime transformation recommends this strategy: the purposeful creation and temporary protection of desirable, niche alternatives, which can then be used to seed regime changes“ (Smith et al. 2005, 1495).

¹⁶ So beschreibt Geels, dass frühe Dampfboot-Experimente zunächst im Zusammenhang mit einem Ende des 18. Jahrhunderts beginnenden Boom bei Binnenland-Kanälen standen. Im 19. Jahrhundert konnte die Dampfschiffahrt neue Nischen im Bereich des Passagiertransports erobern und ausbauen, ausgelöst vor allem durch Emigrationswellen nach Nordamerika, die wiederum die Folge politischer Umwälzungen in Europa, von Hungersnöten in Irland und des Goldrausches in Kalifornien waren (Geels 2002, 1271). Auch Geels betont die unzureichende Erklärungskraft klassischer Markt- und technologischer Fortschrittstheorien: „The steamship transition was not just a story of markets and technologies. The transition occurred as a shifting mosaic of elements, as changes building upon each other, and processes gradually linking up and reinforcing each other“ (ebenda, 1272).

kalen Innovation das Vordringen in den Massenmarkt ermöglichen können. Angesichts komplexer gesellschaftlicher, ökonomischer und technologischer Veränderungsprozesse könne es im alten Regime zu internen Spannungen, zur Fehlanpassung und Instabilität („*tensions, mis-alignment and instability*“) kommen, die das Einfalltor für radikale Neuerungen und für einen Paradigmenwechsel bildeten (ebenda). In einer Phänomenologie der Ursachen für solche Krisenerscheinungen hebt Geels neben technologiebasierten Konkurrenzstrategien von Unternehmen und sich ändernden Nutzerpräferenzen den öffentlichen Druck hervor, der von negativen externen Effekten, etwa im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes, ausgehen und zugleich die Folge veränderter gesellschaftlicher Leitbilder und Werte, aber auch neuer politischer Konstellationen sein könne. Dabei werde die öffentliche Wahrnehmung funktionaler Mängel, regimeinterner technischer Probleme und suboptimaler Lösungspotenziale geschärft, was wiederum das Vertrauen in eine existierende Technologie untergraben könne (ebenda, 914). Nicht selten löst eine solche Situation Gegenwehrmaßnahmen des dominanten technologischen Regimes aus, insofern es „auf die Herausforderung eines neuen Konkurrenten mit einer gesteigerten Innovativität“ reagiert (Braun-Thürmann 2005, 48) – und damit die erfolgreiche Durchsetzung des neuen Paradigmas erschwert oder verzögert. Der von Geels beschriebene „Segelschiff-Effekt“¹⁷ kann zurzeit im konventionellen Kraftwerksbau und -betrieb beobachtet werden: Wie bereits erwähnt, reagiert man auf die Herausforderungen durch die Klimaschutzdiskussion, durch neue klimapolitische Vorgaben sowie durch klimagerechtere Konkurrenztechnologien – die erneuerbaren Energien – inzwischen mit verstärkten Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen im Bereich von Clean-Coal-Technologien.¹⁸ Damit begibt man sich allerdings auf ein Feld des Innovationswettbewerbs, auf dem die eigenen *Startnachteile* immens sind (herkömmliche Kohlekraftwerke als größte Kohlendioxid-Emittenten) und die erwarteten Vorteile noch ungewiss bleiben.

Die Befunde der Innovations- und Transformationsforschung machen deutlich, dass der schnelle Durchbruch einer radikalen Innovation, etwa nach dem Muster einer „*purposive transition*“, nur einen – seltenen – Sonderfall möglicher „Routen“ der Transformation darstellt. Vielmehr scheint ein über längere Zeiträume sich erstreckender Transformationsprozess die typischere Variante zu sein, etwa ein stufenweise verlaufender Regimewandel, der mit wachsenden Problemen des dominierenden technologischen Regimes und der Suche nach alternativen Technologien beginnt, jedoch zunächst eine längere Phase der Ungewissheit, der Nischen-Experimente sowie der Koexistenz unterschiedlicher technischer Optio-

¹⁷ Als sich Dampfschiffe im 19. Jahrhundert zu verbreiten begannen, reagierte die Segelschiff-Branche mit gezielten Verteidigungsstrategien. Zum einen wurden die Segelschiffe immer größer und schneller, zum anderen wurden neue Frachtmärkte, vor allem für Schütt- und Massengüter, erschlossen. Die Folge war, dass die Segelschiff-Technologie noch eine Zeit lang neben der expandierenden Dampfschiffahrt weiter bestehen konnte (Geels 2002, 1270).

¹⁸ Zu einer ähnlichen Interpretation kommen Smith et al. 2005, 1496.

nen durchläuft, bevor eine dieser Optionen dominant wird und sich zu einem neuen „sozio-technischen Regime“ stabilisiert.¹⁹

3. Die soziale Entwicklungsdynamik der erneuerbaren Energien – ein Phasenkonzept

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung orientieren wir uns an evolutionären Ansätzen der Innovations- und Transformationsforschung, indem wir die soziale Dynamik der erneuerbaren Energien als eine *in Phasen* verlaufende Innovationsentwicklung analysieren. Die neuere Techniksoziologie hat den Blick für die soziale Dynamik der technischen Entwicklung geöffnet und damit die Perspektive auf den Entstehungszusammenhang, auf die Entwicklung sowie auf die Verbreitung und gesellschaftliche Durchsetzung von Technik erweitert (siehe die Ausführungen im vorherigen Abschnitt; vgl. auch Rammert 1982; 2000, 20 f.; Degele 2002, 69). Dies geschah nicht zuletzt in Auseinandersetzung mit als deterministisch kritisierten Erklärungsansätzen zur Technikentwicklung – das heißt mit Ansätzen, denen vorgeworfen wurde, Technikentwicklung, z.B. Selektionsprozesse zu Gunsten bestimmter und zu Lasten alternativer Techniken, mit dem Verweise auf eine technikhärente Entwicklungslogik oder unter Rückgriff auf strukturdeterministische Deutungen (*die* Logik der Kapitalverwertung, *die* Struktur dominanter Herrschaftsverhältnisse usw.) erklären zu wollen (Rammert 2000, 20). Mit der Erkenntnis, dass der erfolgreiche Durchbruch wie auch das Scheitern neuer Techniken immer auch das Ergebnis sozialer Konstruktionsprozesse ist und von Selektionsmechanismen abhängt, die sich nicht auf das Prinzip der Marktsteuerung durch Angebot und Nachfrage reduzieren lassen, nahm die Techniksoziologie zugleich Abschied von linearen Modellen technischer Entwicklung. Diese basierten auf der Annahme, dass der „*gesamte Innovationsprozess aus zeitlich aufeinander abfolgenden und distinkt unterscheidbaren Einheiten besteht*“ (Braun-Thürmann 2005, 37).²⁰ Neuere Innovationsmodelle gehen davon aus, dass sich „*technische Entwicklungen allgemein und Innovationen speziell nicht linear durchsetzen*“ (Degele 2002, 67). Vielmehr seien „*Abbrüche*“, „*Iterationen und Überschneidungen*“ sowie „*Rekursionsschleifen*“

¹⁹ Geels bezeichnet einen solchen Prozess als „*gradual transformation*“ und unterscheidet davon die – ebenfalls als stufenweiser Prozess verlaufende – Variante der „*gradual reconfiguration*“. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass Innovationen zunächst als „*add-on*“-Techniken innerhalb großer technischer Systeme verwendet werden, aber infolge erfolgreicher Integrationsprozesse eine dominantere Rolle innerhalb der Systemstruktur zu spielen beginnen. Als Beispiel nennt Geels die stufenweise Bedeutungszunahme von Gasturbinen zu Lasten von Dampfturbinen bei der Stromproduktion (Geels 2004, 916).

²⁰ In idealtypischer Weise folgt in solchen Modellen auf die *Entdeckungsphase* in der Grundlagenforschung die *Erfindungsphase* im Rahmen angewandter Forschung, gefolgt von der *Entwicklungsphase*, die sich vor allem in unternehmensinternen Forschungs- und Entwicklungsabteilungen abspielt, und der *Diffusionsphase*, in der sich die Innovation unter den Nutzern (z.B. Haushalte oder industrielle Anwender) verbreitet; vgl. Braun-Thürmann 2005, 36, Tabelle 2.

auch zwischen den Entwicklungsstadien einer Innovation nicht die Ausnahme, sondern die Regel (ebenda; Braun-Thürmann 2005, 37+54).

Auch im Fall der erneuerbaren Energien verläuft der Innovationsprozess nicht als stetiger und linearer Prozess der Technikentfaltung, lässt sich aber gleichwohl mit Hilfe eines *Phasenkonzepts* abbilden und in seiner besonderen Verlaufsform rekonstruieren. Unser Phasenkonzept dient zunächst einmal dazu, die soziale und politische Dynamik, die den Erneuerbare-Energien-Sektor ökonomisch in die Offensive brachte und zur Herausforderung für das traditionelle Stromsystem werden ließ, in ihren wesentlichen Faktoren und Merkmalen nachzuzeichnen. Wir sprechen in unserem Analyseansatz auch deswegen von „sozialer Dynamik“, weil wir eine akteursorientierte Untersuchungsperspektive einnehmen. Das heißt wir erschließen die Innovation „erneuerbare Energien“ nicht über eine Technik- oder Systemanalyse, sondern über die in einem spezifischen technologischen Bereich – dem System der Stromerzeugung – auftauchenden neuen Akteure bzw. Akteurstypen, über ihre Motive und Intentionen sowie über ihre (technischen, organisatorischen und politischen) Handlungsstrategien. Zu den wichtigen Triebkräften sozialer Dynamik im Bereich der erneuerbaren Energien zählt zudem die politische Regulierung, sei es in ihrer Rolle als strategischer Forschungsförderer, als gesetzgeberischer Weichensteller oder als umfassende energiepolitische Steuerungsinstanz. Diesen Sachverhalt berücksichtigend, fragen wir im Rahmen unserer akteursorientierten Untersuchungsperspektive auch nach spezifischen Wechselwirkungen, die sich zwischen den neuen Akteuren im Strom erzeugenden Sektor einerseits und der Politik andererseits ergeben.

Das zentrale Merkmal eines Phasenübergangs sehen wir im Rahmen unserer Analyse darin, dass jede neue Phase von sozialen Öffnungsprozessen eingeläutet wird, für die nicht nur charakteristisch ist, dass die Zahl der Produzenten regenerativ erzeugten Stroms zunimmt, sondern auch, dass die Struktur der alternativen Stromerzeuger sich jeweils qualitativ weiter ausdifferenziert. Jeder dieser sozialen Öffnungsprozesse ist mit entscheidenden Impulsen für die Verbreitungsdynamik der erneuerbaren Energien verbunden und damit ein Stabilisierungsfaktor des neuen technologischen Paradigmas.²¹

Den entscheidenden Impuls, der die ca. Mitte der 1970er Jahre beginnende *Phase der Wiederentdeckung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien* einläutete, sehen wir darin, dass die erneuerbaren Energieträger in einem Prozess der soziokulturellen Umdeutung neue gesellschaftliche Relevanz erlangten. Die drei oben beschriebenen Merkmale „Dezentralität“, „basisorientierte Verbreiterung des Ak-

²¹ Anregungen erhielten wir von Weyer et al. 1997, die am empirischen Beispiel verschiedener Technikprojekte ein Phasenmodell der Technikgenese entwickelt haben, bei dem sie zwischen der Entstehungs-, der Stabilisierungs- und der Durchsetzungsphase unterscheiden, für die jeweils soziale Öffnungen im Sinne der Herausbildung neuer oder erweiterter Akteursnetzwerke konstitutiv sind. Für jede der Phasen sei eine spezifische (Re-) Kombination der technisch-apparativen sowie der sozialen Komponenten nicht nur charakteristisch, sondern im Hinblick auf den erfolgreichen Verlauf der Technikentwicklung auch notwendig gewesen (ebenda, 35, 41).

teursfeldes“ und „Ökologie als Leitnorm“ entwickelten sich dabei zu zentralen, an bestimmte (sub-) kulturelle Kontexte gebundenen Chiffren dieses Umdeutungsprozesses und zu Grundprinzipien eines neuen technologischen Paradigmas im Energiesektor (Kap. II.1).

In der daran anschließenden, Mitte der 1980er Jahre einsetzenden *Phase der Herausbildung tragfähiger Umsetzungsformen und der Institutionalisierung dezentraler Diffusionsysteme* kommt es zu einer sozialen Öffnung der Technikanwendung sowie zur systematisch vorangetriebenen überregionalen Technikverbreitung in den untersuchten Bereichen Windenergie, Fotovoltaik und Biogasverstromung. Damit eng verknüpft sind Netzwerkbildungen und „rekursive“ Lern- und Innovationsprozesse, für die mehr oder minder ausgeprägte Rückkopplungen zwischen Technikherstellern und -anwendern sowie zwischen Basisakteuren und Politik charakteristisch sind (Kap. II.2).

Für die um 2000 beginnende und bis heute andauernde *aktuelle Entwicklungsphase* ist charakteristisch, dass es zu weiteren sozialen Öffnungen der Technikanwendung (insbesondere in den Bereichen Fotovoltaik und Biogas) sowie zu beschleunigten Entwicklungen beim Branchenwachstum sowie im Bereich inkrementeller Innovationen (z.B. Erhöhung energetischer Wirkungsgrade) kommt. Entscheidende Impulse gehen von der politischen Steuerungsebene aus, deren Wirkung nicht zuletzt auf die inzwischen ausgeprägte kommunikative und politisch-strategische Rückkopplung mit den Branchenakteuren zurückzuführen ist. Das mit den erneuerbaren Energien verbundene technologische Paradigma beginnt nun, das dominante Paradigma im Stromsektor ernsthaft herauszufordern, gerät aber durch den beschleunigten Wachstumsprozess des Erneuerbare-Energien-Sektors selbst in Bewegung (Kap. II.3.1). Die sich beschleunigende Expansion der Erneuerbaren ist allerdings auch mit ambivalenten Folgewirkungen verbunden, die hemmend auf die Gesamtentwicklung der erneuerbaren Energien zurückwirken könnten. Im Kern geht es darum, dass die innovativen Leitmerkmale der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen – Ökologie, Dezentralisierung, Pluralisierung des Akteursfeldes – einem Prozess der Rekonfiguration unterworfen sind, der sich in Form von innerökologischen Leitbildkonflikten, in Form von Zentralisierungstendenzen oder auch in Form von Diffusionshemmnissen innerhalb spezifischer Akteursfelder äußern kann (Kap. II.3.2).

Neben der – vom Phasenkonzept strukturierten – Analyse von Innovationsverläufen und Diffusionsmechanismen im Bereich der Erneuerbaren zielt die vor allem im Kontext der dritten Phase von uns entfaltete *zweite Leitperspektive der Untersuchung* auf das Verhältnis des Erneuerbare-Energien-Sektors zum etablierten und dominanten System der Stromerzeugung aus fossil-atomaren Energiequellen ab. Die regenerativen Energien sind in den 1970er Jahren als fundamentaler energietechnischer und energiepolitischer Gegenentwurf zum bestehenden Stromsystem auf die Bühne getreten, und die Frage ist, ob die Expansion sowie – perspektivisch betrachtet – der Durchbruch der Erneuerbaren weitgehend autonom vom

gewachsenen großtechnischen System der Stromerzeugung und -distribution verlaufen kann. Rückblickend betrachtet zeigt sich, dass die Entwicklung der regenerativen Energien nur über die technische Ankopplung der alternativen Stromerzeugung an das existierende Stromsystem möglich war, ohne dadurch aber die gewachsene Systemkonfiguration bisher spürbar zu modifizieren. Das wirft die Frage auf, ob dieser Status auch im Fall der politisch angestrebten weiteren Expansion der Erneuerbaren aufrechterhalten werden könnte oder ob eine solche Entwicklung eine Transformation des Stromsystems voraussetzen würde. Diese Frage kann mit der vorliegenden Untersuchung zwar nicht abschließend beantwortet werden, doch wollen wir vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen aufzeigen, welche Optionen der Transformation durch stärkere Integration der erneuerbaren Energien in das Stromsystem sich abzeichnen bzw. zur Diskussion stehen (Kap. II.3.3).

4. Empirische Grundlagen

Die wichtigste empirische Basis der vorliegenden Untersuchung bilden Erhebungen in den Bereichen Solarenergie, Biogas und Windenergie. Damit konzentriert sich die Studie auf diejenigen regenerativen Techniksparten, die gegenwärtig – bzw. schon seit einigen Jahren – die größte Marktdynamik und im Hinblick auf Diffusionswege und -mechanismen die am stärksten ausgeprägte soziale Dynamik aufweisen. So ist die Windenergie schon seit den frühen 1990er Jahren die deutsche Vorreiter-technologie im Bereich der erneuerbaren Energien. Der Fotovoltaiksektor verzeichnet seit einigen Jahren eine steil ansteigende Expansionskurve. Die landwirtschaftliche Biogasnutzung zur Stromerzeugung ist der jüngste „Boomssektor“ in der Branche der regenerativen Energien; auf ihm ruhen auch etliche Hoffnungen im Hinblick auf die weitere Strukturentwicklung im Bereich der Landwirtschaft.

Im Zentrum unserer empirischen Erhebungen stand eine *Expertenbefragung*, die wir – mit Unterbrechungen für Zwischenauswertungen – vom Sommer 2004 bis zum Herbst 2006 durchgeführt haben und in deren Verlauf ca. 70 Expertinnen und Experten interviewt wurden. Bei den Expertengesprächen handelte es sich um thematisch strukturierte Leitfadenterviews, die zumeist zwischen einer und gut zwei Stunden dauerten, auf Band aufgenommen und für die anschließende Auswertung transkribiert wurden. Das Gros der Gespräche wurde als *face-to-face*-Interview geführt, das heißt die Gesprächspartnerinnen und -partner wurden vom Projektteam aufgesucht. In wenigen Fällen haben wir – aus Termingründen oder zur Reduzierung des Fahraufwands – Interviews telefonisch geführt.

Die Erhebungen im Bereich Solarenergie konzentrierten sich vor allem auf die Untersuchung wichtiger Diffusionsmechanismen dieser Technologie. Dazu haben wir in acht Bundesländern einen (allerdings nicht repräsentativen) Querschnitt lokaler, regionaler und überregionaler Multiplikatoren der Solarenergienutzung in

die Expertenbefragung einbezogen.²² Im Bereich der landwirtschaftlichen Biogasnutzung wurden von uns Interviews in Niedersachsen, Bayern und Brandenburg und damit in den drei Bundesländern geführt, in denen die Verbreitung dieses regenerativen Energieträgers bereits relativ weit fortgeschritten ist. Neben Gesprächen in (zwei) Landwirtschaftsministerien haben wir auch hier versucht, wichtige Multiplikatoren der Technikdiffusion in die Erhebungen einzubeziehen.²³ Im Fall des dritten Untersuchungsschwerpunkts, dem Windenergiesektor, haben wir uns – neben aktualisierenden Nachrecherchen – vor allem auf umfangreiches Material aus zwei eigenen Vorläufer-Studien gestützt, wobei wir einen Teil der im Rahmen dieser Untersuchungen durchgeführten Experteninterviews durch eine gezielte Zweitauswertung für die vorliegende Studie nutzen konnten.²⁴

Neben diesen bereichsbezogenen Experteninterviews haben wir einige Gespräche mit technikübergreifenden Multiplikatoren im Bereich erneuerbarer Energien geführt (zum Beispiel Vertreter/Vertreterinnen lokaler Umweltorganisationen oder regionaler Agenda-21-Initiativen). Überdies haben wir das Thema der ökologisch motivierten Konflikte um regenerative Energien im Rahmen von Expertengesprächen vertieft, die wir mit maßgeblichen Vertretern/Vertreterinnen einiger großer Umweltverbände geführt haben (NABU, BUND, Bund Naturschutz Bayern, WWF, Deutscher Naturschutzring). Eine weitere Gruppe vertiefter Expertengespräche widmete sich schließlich der Frage des Verhältnisses von erneuerbaren Energien und traditionellem Stromsektor, vor allem im Hinblick

²² Dabei handelte es sich z.B. um kommunale Agenda-21-Vertreter/Vertreterinnen, um Vertreter/Vertreterinnen von kommunalen Solarzentren oder regionalen bzw. landeseigenen Energieagenturen, um die Sprecher zivilgesellschaftlicher Zusammenschlüsse von Solarinitiativen, um die Vertreterin einer regionalen Branchenplattform der Solarindustrie sowie um Vertreter/Vertreterinnen des Bundesverband Solarindustrie e.V.

²³ Hier haben wir zum einen die regionale Ebene einbezogen: z.B. Biogasanlagen-Betreiber mit regionaler Vorreiterfunktion, Vertreter eines Maschinenrings, der Landwirtschaftskammer Hannover, des Landvolk Niedersachsen, einer regionalen Clusterinitiative Biogas in Brandenburg usw. Hinzu kam auch hier die überregionale Ebene: der Geschäftsführer des Fachverband Biogas e.V. sowie Vertreter verschiedener Hersteller- bzw. Planerfirmen im Bereich Biogas.

²⁴ Es handelt sich dabei um folgende Vorläufer-Untersuchungen: Byzio, A., Heine, H., Mautz, R. (unter Mitarbeit von W. Rosenbaum): Zwischen Solidarhandeln und Marktorientierung. Ökologische Innovation in selbstorganisierten Projekten – autofreies Wohnen, Car Sharing und Windenergienutzung. Göttingen 2002. Diese von der DFG geförderte Untersuchung, deren empirische Erhebungen im wesentlichen in 2000 durchgeführt wurden und die in der Reihe der SOFI Berichte veröffentlicht wurde, umfasst eine Fallstudie zur Entwicklung des Windenergiesektors in der Bundesrepublik. Dazu wurden 15 Experten und Expertinnen, vor allem aus Bürgerwindprojekten, aber auch aus mittelständischen Betreiberfirmen sowie auf Verbandsebene befragt. Byzio, A., Mautz, R., Rosenbaum, W.: Energiewende in schwerer See? Konflikte um die Offshore-Windkraftnutzung. München 2005. Im Laufe dieser Untersuchung, die im Rahmen des „Niedersächsischen Forschungsverbands Technikentwicklung und gesellschaftlicher Strukturwandel“ durchgeführt wurde, haben wir 2002 ca. 45 Experten und Expertinnen aus Betreiberfirmen der Windkraftbranche, aus Umweltorganisationen, aus Tourismus- und Fischereiverbänden, aus wissenschaftlichen Instituten sowie aus kommunalen Behörden und Landesverwaltungen zum Thema „Konflikte um die Offshore-Windkraftnutzung“ befragt.

auf mögliche Tendenzen der Systemintegration der Erneuerbaren sowie der Dezentralisierung des Stromsystems. Dazu wurden wissenschaftliche Expertinnen und Experten für den deutschen Energiesektor, einige Stadtwerksvertreter sowie Expertinnen/Experten für Fragen der regionalen Dezentralisierung des Stromsystems befragt.

Wesentlicher Bestandteil unserer empirischen Erhebungen waren gezielte Internet-, Literatur- und Presserecherchen. Durch regelmäßige Internet- und Presseauswertungen haben wir versucht, für unsere drei Untersuchungsbereiche eine Chronologie der Ereignisse anzulegen, bei der wir insbesondere im Fall des Windenergiesektors an Recherchen aus den beiden genannten Vorläuferprojekten anknüpfen konnten (d.h. die von uns zusammengestellte Chronologie der Ereignisse geht hier bis auf 1998/1999 zurück). Daneben konzentrierten sich unsere Sekundärrecherchen auf Materialien und Veröffentlichungen der einschlägigen Branchenverbände (einschließlich des Branchenorgans „neue energie“) sowie insbesondere im Solarenergiesektor auf Materialien, Veröffentlichungen, Internetseiten usw. von zivilgesellschaftlichen Initiativen wie zum Beispiel Bürgersolarprojekte, kommunale Agenda-21-Gruppen oder regionale Solarvereine. Unsere Internet- und Presserecherchen erstreckten sich auch auf den konventionellen Stromsektor sowie auf den Bereich der Stadtwerke, wobei uns insbesondere die Auseinandersetzung dieser Bereiche mit bzw. ihr Verhältnis zu den erneuerbaren Energien interessierte. Zur Ergänzung und Vertiefung der Experteninterviews wurden nach Möglichkeit einschlägige Publikationen unserer Gesprächspartner/-partnerinnen bei den Recherchen und der thematischen Bearbeitung unserer Untersuchungsfragen berücksichtigt.

II. Entwicklung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen in Deutschland

1. Erste Phase: „Wiederentdeckung“ der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen (Mitte der 1970er bis Mitte der 1980er Jahre)

In der uns zunächst interessierenden Phase ab Mitte der 1970er bis Mitte der 1980er Jahre hatte der Gegenentwurf zum etablierten Stromsystem noch weitgehend den Charakter einer Utopie. Oder anders gesagt: Die Energieproduktion aus regenerativen Energien war in diesem Zeitraum mehr Idee als Realität und diese Idee beinhaltete noch sehr weit reichende gesellschaftliche Reformvorstellungen. Die Wiederentdeckung der erneuerbaren Energien orientierte sich stark an dem damals weit verbreiteten Bild der „sanften Energien“. Auf der Basis dieses Leitbildes wurde die Nutzung erneuerbarer Energien in den politischen Zielkanon¹ aber auch in den (sub-)kulturellen Sinn- und Erfahrungshorizont der Umwelt- und Alternativbewegung aufgenommen. In den Vorstellungen, die zur „sanften“ oder „alternativen Technologie“ entwickelt und zur Diskussion gestellt wurden, spie-

¹ Vgl. etwa frühe programmatische Äußerungen von Petra Kelly, einer der ersten drei Bundesvorsitzenden der GRÜNEN, die sich zur Energie- und Arbeitsplatzsicherung für „neue sanfte dezentralisierte Technologien“, unter anderem für die Nutzung der „Wasser- und Windkraft, der Sonnenstrahlung und der biologischen Stoffe wie Abfall, Dung, Pflanzenreste und anderes“ ausspricht; Kelly 1980,72.

gelte sich die in den neuen sozialen Bewegungen der späten 1970er Jahre vorherrschende Fundamentalkritik an der Lebens- und Produktionsweise sowie an der sozialen und ökonomischen Verfasstheit der Gegenwartsgesellschaft wider. Insofern ging es nicht nur um eine andere Technik, sondern für viele Beteiligte im emphatischen Sinne „ums Ganze“: um eine andere Gesellschaft, um eine andere Ökonomie *und* um eine andere Technik. Da eine „alternative Technologie“ nur dann im großen Umfang erfolgreich eingeführt werden könne, wenn „eine alternative Form der Gesellschaft gefunden“ sei, so Dickson in seinem 1978 in Deutschland erschienenen programmatischen Buch², müsse jede Diskussion über eine alternative Technologie „notwendigerweise utopisch sein“ (86); alternative Technologie sei unter den gegebenen Verhältnissen somit „utopische Technologie“. Da die Energie das „Herzstück jedes ökologischen und technologischen Systems“ sei, bildeten die vier alternativen Hauptenergiequellen Sonne, Wind, Wasser und Methan „die Funktionsbasis der utopischen Technologie“ (ebenda, 95 f.).

Betrachtet man die hoch ambitionierten und weltanschaulich aufgeladenen Ziele, die die Wiederentdeckung der erneuerbaren Energien beförderten, werden drei zentrale Prinzipien erkennbar. *Erstens* das Prinzip der technischen und ökonomischen Dezentralisierung der Energieproduktion, *zweitens* das Prinzip der (vor allem basisorientierten) Verbreiterung des dafür relevanten Akteursfeldes sowie *drittens* das Prinzip, Ökologie als neue Leitnorm des Handelns im Energiesektor zu betrachten. Wir skizzieren diese drei Prinzipien zunächst mit Blick auf die Vorstellungen, die mit ihnen im Rahmen der frühen utopischen Entwürfe des „sanften Energiepfades“ verbunden waren. Im weiteren Verlauf der Darstellung wird sich zeigen, dass sie bis heute im Zentrum der Innovationsentwicklung der alternativen Stromerzeugung stehen.

1.1. Die Grundprinzipien der Innovation

1.1.1. *Erstes Grundprinzip: Dezentralisierung*

Die Forderung nach Dezentralisierung war eines der Kernstücke der Gesellschafts- und Kulturkritik sowie der alternativen Gegenentwürfe der neuen sozialen Bewegungen. Das dahinter stehende Idealbild waren die „kleinen überschaubaren Einheiten“, wobei in dieser Idealvorstellung antiurbanistische, antiindustrielle, antikapitalistische, antiautoritäre und basisdemokratische Elemente miteinander verwoben waren. Die Forderung nach „kleinen überschaubaren Einheiten“ richtete sich zum einen gegen den Moloch der Großstadt, seine anonymisierte Lebensweise und seine als menschen- und naturfeindlich empfundenen Strukturen sowie zum anderen gegen die modernen Industrieagglomerationen als Sinnbild von Naturzerstörung und Ressourcenverschwendung in Produktion und Kon-

² Dickson 1978. Die englische Ausgabe war bereits 1974 unter dem Titel „Alternative Technology and the Politics of Technical Change“ erschienen.

sumtion. Darüber hinaus fungierte das Idealbild der „kleinen überschaubaren Einheiten“ als Gegenentwurf zur wahrgenommenen Fremdbestimmung in (groß-) kapitalistischen Produktions- und Arbeitsformen wie auch innerhalb der staatlichen Bürokratie und der Repräsentativdemokratie. Die beschriebene weltanschauliche Gemengelage findet sich in den Entwürfen einer „*utopischen Technologie*“ wieder, die in der Alternativszene diskutiert wurden: „*Die Gesellschaftsform, die am meisten von den utopischen Technologen ins Auge gefasst wird*“, so Dickson, „*ist hochgradig dezentralisiert und umfasst primär kleine relativ autonome und selbstversorgende Einheiten. Diese würden wiederum auf nicht-entfremdenden Formen der gesellschaftlichen Produktion beruhen und in hohem Maße ökonomisch und politisch unabhängig vom zentralen Entscheidungsapparat sein. Jede Community würde so weit wie möglich für die Produktion ihrer Nahrungsmittel und ihres Energiebedarfs verantwortlich sein*“ (Dickson 1978, 108 f.).

Die Verfechter der Dezentralisierung beschränkten sich jedoch nicht darauf, sozialromantische Szenarien zu entwerfen. Vielmehr wurde das Ideal der „kleinen überschaubaren Einheiten“ vielerorts modellhaft praktiziert. Einige Jahre nachdem die zitierten Zeilen verfasst wurden, hatte sich in der Bundesrepublik (sowie in einigen anderen westeuropäischen Ländern) ein „polit-ökonomisches Ökotope der Projekte“ (Huber 1979, 117) herausgebildet, dessen Strömungen und Aktionsfelder unter dem Sammelbegriff der „Alternativbewegung“ zusammengefasst wurden (Huber 1980; Brand et al. 1983, 154 ff.). Seine lokalen Hochburgen hatte dieses „Ökotope“ vor allem in bestimmten großstädtischen Quartieren. Es bildete den Nährboden eines „kollektiven Gärungsprozesses“ (Huber 1979, 117), in dessen Verlauf in einer Vielzahl von Varianten und auf ganz praktische Art und Weise die Idee der kleinen und überschaubaren Einheiten in der experimentellen Versuchsanordnung selbstorganisierter und selbstverwalteter Projekte erprobt wurde. Nach Schätzungen, die Huber Ende der 1970er Jahre vornimmt, gab es zu dieser Zeit in der Bundesrepublik und in West-Berlin etwa 300 professionelle Alternativbetriebe (zumeist Kleinbetriebe in den Bereichen Handwerk, Dienstleistungen oder Einzelhandel) sowie ca. 1000 bis 1500 semiprofessionelle („duale“) Projekte, an denen ehrenamtliche wie auch bezahlte Kräfte beteiligt waren.³ Auch wenn diese lokalen „Projekt-Ökotope“ nicht ernsthaft an den kritisierten zentralisierten Großstrukturen der Gesellschaft zu rütteln vermochten, so waren sie doch der Versuch, eines der populärsten Leitmotive der neuen sozialen Bewegungen – „*small is beautiful*“ – mit praktischem Leben zu füllen.

³ Hierbei handelte es sich häufig um soziale Projekte unterschiedlichster Ausrichtung (z.B. Kinderläden, Frauenhäuser, therapeutische Selbsthilfeeinrichtungen usw.) sowie um alternative Kultureinrichtungen. Die Alternativszene umfasste überdies etliche Tausend Projekte mit informellen Charakter, von der Eltern-Kind-Gruppe über nachbarschaftliche Einkaufsgemeinschaften bis hin zu Formen des gemeinschaftlichen Autoteilens; vgl. Huber 1979, 112ff. An anderer Stelle schätzt Huber die zahlenmäßige Stärke der Alternativbewegung auf insgesamt ca. 11.500 Projekte. Da er aufgrund des ihm vorliegenden empirischen Materials von im Durchschnitt sieben Mitgliedern pro Projekt ausgeht, kommt er auf eine Zahl von 80.000 Leuten, die in alternativen Projekten engagiert sind; vgl. Huber 1980, 29.

1.1.2. *Zweites Grundprinzip: Basisorientierte Verbreiterung des Akteursfeldes*

Vom eigenen Anspruch her bildeten die Produktions- und Dienstleistungskollektive der Alternativbewegung einen fundamentalen Gegenentwurf zu (groß-)kapitalistischen Betriebsstrukturen und den damit verknüpften Formen der Arbeitsteilung sowie der Hierarchie- und Herrschaftsbildung. Überwindung der Arbeitsteilung, kollektive Eigentumsformen, Selbstverwaltung und „direkte Demokratie“ – dies alles hieß auch, dass die „alternativen Produzenten“ weder vom Besitz an Produktionsmitteln getrennte und vom Produkt ihrer Arbeit entfremdete Lohnarbeiter noch profitmaximierende und mit spezifischen betrieblichen Machtressourcen ausgestattete Unternehmer sein wollten. Mit dem Ideal der „kleinen überschaubaren Einheiten“ verbanden sich insofern auf der Akteursebene Vorstellungen, die im Idealfall auf eine neuartige Genossenschaftsbewegung hinausliefen (Huber 1979, 114). In genossenschaftlich organisierten Einheiten – Produktionsbetrieben und Dienstleistungsprojekten – sollten Selbstorganisation, solidarische und egalitäre Verkehrsformen, basisdemokratische Partizipation sowie ein Höchstmaß an Selbstbestimmung verwirklicht werden.⁴

Für den Bereich der Energieproduktion wurden in den Szenarien und Konzeptentwürfen der „utopischen Technologen“ aber auch andere potenzielle Akteure ins Spiel gebracht. Wiederum ausgehend vom oben beschriebenen „Dezentralisierungspostulat“ (Brand et al. 1983, 116) lag der Gedanke nahe, die alternative Energiequelle „Methangas“ (wir bezeichnen sie heute als Biogas) unter anderem als Teil eines landwirtschaftlichen Produktionskreislaufs zu nutzen (Dickson 1978, 98 f.). Dadurch würden Landwirte (oder die alternativen Landkommunen) zu Energieproduzenten werden. Der Kreis der alternativen Energieproduzenten ließe sich zudem beträchtlich erweitern, wenn im Zuge dezentralisierter Wohn- und Siedlungsformen alle Möglichkeiten ausgeschöpft würden, alternative Energiequellen dezentral in die Haus- und Wohntechnik zu integrieren. Dickson berichtet über experimentelle Architektur- und Bauprojekte der frühen 1970er Jahre, in denen auch autonome Energieversorgungssysteme erprobt wurden: *„Die Londoner Gruppe Street Farmer baute z.B. am Rand eines Sportplatzes ein ‚Ökohaus‘. Das Haus ist aus Holz und aus Kunststoff gebaut, misst neun auf zwölf Meter, und die Materialkosten beliefen sich auf 650 Pfund. Wiederum wird die Sonnenenergie als hauptsächliche Wärmequelle verwendet, während der gesamte organische Abfall in einen Drei-Tank-Verweser geleitet wird. Dieser produziert sowohl Methangas zum Kochen wie auch flüssigen und festen Dünger. (...) Man hofft, später noch einen Windgenerator installieren zu können, der in Verbindung mit einem Speichersystem den gesamten Energiebedarf des Hauses decken könnte“* (Dickson 1978, 103). Auch wenn alle Versuche einer so verstandenen „utopischen Architektur“, über die Dickson berichtet, „noch weit im Experimentierstadium“ waren (ebenda), so schien sich doch im Hinblick auf die Nutzung regenerativer

⁴ Vgl. hierzu sowie zu den Widersprüchen und Risiken, die ein solcher Anspruch im Zuge seiner praktischen Verwirklichung produziert, Huber 1979, 117ff.; Brand et al. 1983, 167f., 182f.

Energien eine im Kontrast zur traditionell zentralisierten Großversorgung revolutionäre Möglichkeit abzuzeichnen: Perspektivisch betrachtet konnte im Grunde jedermann (und jede Frau) zum alternativen Energieproduzenten werden.

Betrachten wir nun die beiden Prinzipien „Dezentralisierung“ und „basisorientierte Verbreiterung des Akteursfeldes“ zusammen, dann bleibt für die erste Entwicklungsphase Folgendes festzuhalten: Die Vorstellungen über eine Energieversorgung auf Basis regenerativer Energien, sei es auf der Ebene von landwirtschaftlichen, handwerklichen oder industriellen Produktionsstätten, auf der Ebene der einzelnen Haushalte oder auf (klein-)kommunaler Ebene, liefen nicht nur auf eine zukünftige plurale Struktur der Energieproduzenten hinaus. Sie zielten vielmehr in letzter Konsequenz auf eine radikale Alternative zum bestehenden Elektrizitätsversorgungssystem ab, nämlich auf die weitestgehende Abkopplung vom traditionellen Verbundnetz der großen Energieversorger und damit letztlich auf eine dezentrale Selbstversorgung. Dass dies die Zielperspektive sein müsste, stellt Dickson anhand der von ihm berichteten Pionierprojekte im Bereich alternativer Wohn- und Siedlungsformen klar, die allesamt Versuch darstellten, die „Abhängigkeit von zentralen Versorgungsunternehmen wie Großkraftwerken o.ä.“ zu vermeiden, „wo es immer möglich ist“ (Dickson 1978, 101). Allerdings zeichnen sich auch in dieser Phase bereits Abweichungen von den Idealvorstellungen ab, die der Praktikabilität des Gegenentwurfs geschuldet sind. Selbst Dicksons Vorstellungen laufen nicht unbedingt auf das Gebot einer *vollständigen* Selbstversorgung hinaus. Sein Entwurf schließt Lösungen mit ein, in denen die energetische Selbstversorgung dezentralisierter Einheiten und die (Rest-)Versorgung mit netzeingespeister (und regenerativ erzeugter) Elektrizität nebeneinander existieren. Renn entwirft in einer Zusammenschau zeittypischer Alternativentwürfe ein „Energiebild des sanften Szenarios“, dem ein künftiges „Mischsystem“ zugrunde liegt, in welchem sich zwar die Haushalte weitgehend selbst mit (regenerativer) Energie versorgen, die Energieversorgung von Industrie- und sonstigen Gewerbebetrieben aber noch zu einem beträchtlichen Teil über zentrale Kohlekraftwerke sichergestellt wird (Renn 1980, 123 f.).⁵ Auch wenn in diesen Überlegungen der Bruch mit dem traditionellen Energieversorgungssystem weniger radikal ausfällt, so geht auch Renns Szenario von einer Vielzahl neuer, dezentral agierender Energieproduzenten sowie einer pluralen Erzeugerstruktur im Energiebereich aus.

1.1.3. *Drittes Grundprinzip: Ökologie als Leitnorm*

Die Karriere des Ökologiethemas symbolisiert vielleicht am stärksten den soziokulturellen Wandel, der die bundesrepublikanische Gesellschaft in den 1970er und 1980er Jahren erfasste. Forschungen zu den neuen sozialen Bewegungen haben

⁵ Wobei sich Renn insgesamt kritisch mit damals gängigen Alternativszenarien auseinandersetzt. Für ihn steht weniger die Frage ihre Machbarkeit als die ihrer Wünschbarkeit im Zentrum der Analyse. Er kommt unter soziologischen, ökonomischen und demokratietheoretischen Gesichtspunkten zu einer eher skeptischen bis ablehnenden Antwort; vgl. Renn 1980, insbesondere 113ff.

einen Entwicklungsprozess nachgezeichnet, in dessen Verlauf das zunächst sehr heterogene Spektrum der Bürgerinitiativ- und Anti-Atomkraftbewegung die schärfer umrissenen Konturen einer „Ökologiebewegung“ annahm – ein Prozess, der bis Ende der 1970er Jahre dauerte. Seit etwa 1978, ist die Bezeichnung „Ökologiebewegung“ zunehmend gebräuchlich geworden (Brand et al. 1983, 96). Die gesellschaftliche Bedeutung dieser Entwicklung lag nicht zuletzt darin, dass „die Faszinationskraft des Begriffs und die Idee der Ökologie“ schnell weit über die ökologischen Aktivistengruppen hinaus auszustrahlen begannen. Nun erfasste sie nicht nur die neuen sozialen Bewegungen insgesamt, sondern auch einzelne Wissenschaftler und private Institutionen sowie – ab den 1980er Jahren – die sich reformierenden Naturschutzverbände, die sich daraufhin ebenfalls der Ökologiebewegung zurechneten. Damit wurde die Ökologiebewegung, so Brand in einer retrospektiven Analyse, „für eine bestimmte Zeit, vor allem in der zweiten Hälfte der 1970er Jahre, zum kulturell integrierenden Kern der neuen sozialen Bewegungen in der Bundesrepublik“ (Brand 1999, 247). Der Begriff „Ökologie“ entwickelte sich vor allem innerhalb des Bewegungsmilieus zur Leitnorm einer neuen Wertehierarchie, insofern er „den *verschiedenen Bewegungssträngen eine lose Integrationsideologie (lieferte), die sich auf eine ökologisch gefärbte Kritik am industriellen Wachstumsmodell und auf die gegenkulturelle Vision einer ‚sanften‘, ökologisch verträglichen, basisdemokratisch organisierten, egalitären Gesellschaft stützt(e)*“ (ebenda). Dies ging nicht selten mit einem moralischen Rigorismus einher, für den charakteristisch war, dass „den *ökologischen Forderungen (...) eine höhere Form der Unbedingtheit als allen konkurrierenden Anforderungen zukommen*“ sollte (Heine et al. 2001, 30). Immerhin stünde das (Über-)Leben von Natur und Mensch auf dem Spiel, so die Botschaft zeittypischer apokalyptischer Bestandsaufnahmen zur (globalen) ökologischen Lage.⁶ „Ökologie“ wurde so – zumindest unter den Anhängern und Sympathisanten der Umweltbewegung – zu einem zentralen, wenn auch nur selten konsequent eingelösten Bezugspunkt der Alltagsmoral und des Anspruchs auf Lebensstiländerung, etwa im Hinblick auf die bewusste Auswahl von Konsumgütern, die sinnvolle Nutzung von Verkehrsmitteln oder den sparsamen Umgang mit Energie (Brand et al. 1983, 100).

Die Intentionen von Ökologie- und Alternativbewegung flossen dort zusammen, wo ökologische Ziele zu wichtigen Impulsen alternativökonomischer Projekte wurden, etwa im Hinblick auf das hergestellte Produkt oder die erbrachte Dienstleistung bzw. im Hinblick auf den betrieblichen Ressourcen- und Energieverbrauch. Es versteht sich von selbst, dass die Leitnorm „Ökologie“ auch zu einer der Schlüsselkategorien wurde, mit deren Hilfe in den Konzepten zur „alternativen“ bzw. „utopischen“ Technologie die fundamentale Trennung von harter

⁶ Man denke an Buchtitel wie: Der stumme Frühling (1962); Seveso ist überall (1978); Es war einmal ein Fluss (1983); Die deutsche Landschaft stirbt (1983); Was die Erde befällt – nach den Wäldern sterben die Böden (1984); Nach den Bäumen stirbt der Mensch – von der Umweltverschmutzung zur Weltkatastrophe (1984); Schmutzige Wasser – unsere Flüsse und Seen klagen an (1984); Logik der Rettung – wer kann die Apokalypse aufhalten? (1987) usw.

und sanfter Technologie vorgenommen wurde. Unbestrittener Konsens war, dass als „sanfte Techniken“ nur ökologisch weitestgehend unbedenkliche Techniken in Frage kämen – auch wenn die Kategorie der „sanften Technik“ in aller Regel neben der ökologischen noch weitere Dimensionen umfasste (z.B. Dezentralität, geringer Spezialisierungsgrad, Einpassbarkeit in lokale Kulturen, geringe Kapitalintensität, geringes technisches Unfallrisiko).⁷

Auch in anderen in den 1970er Jahren diskutierten Konzepten zur alternativen Technik wird der ökologischen Dimension in aller Regel ein hoher Stellenwert eingeräumt. So hebt E.F. Schumacher als zentrale Charakteristika der von ihm so bezeichneten „Mittleren Technologie“ hervor, dass sie mit den Gesetzen der Ökologie vereinbar sein, sorgsam mit knappen Rohstoffen umgehen und dem Menschen dienen müsse, statt ihn zu unterjochen (Renn 1980, 9). Für A. Lovins schließlich gehörte zu den notwendigen Bedingungen einer alternativen, den sanften Energiepfad verfolgenden Gesellschaft, dass sie das „natürliche Gleichgewicht“ erhalte, eine „niedrige Umweltverschmutzung“ aufweise und mit dem „Mensch-Natur-System“ im Einklang stehe (ebenda, 13).

An der skizzierten Bandbreite ökologiebezogener Dimensionen wird eines deutlich: „Ökologie“ war zwar zu einer mitunter rigoristisch vertretenen Leitnorm alternativer Technikentwürfe geworden. Doch dieser Ökologiebezug ging nicht auf eine halbwegs geschlossene Theorie oder auf eine in der Ökologieszene allgemein verbindliche Konzeption zurück. Vielmehr vereinte er in jeweils unterschiedlicher Mischung ökowissenschaftliche, naturromantische, entfremdungstheoretische oder umweltpolitische Elemente. Brand et al. (1983, 96) sprechen dementsprechend von einer „*relativen Unbestimmtheit des (Ökologie-) Begriffs*“. Für den „*ideologischen Zusammenhalt*“ der Ökologiebewegung habe sich diese Unbestimmtheit „*keineswegs als hinderlich*“ erwiesen. Vielmehr habe „*der hohe Abstraktionsgrad der als ökologisch bezeichneten Prinzipien (...) einen weiten Interpretationsspielraum*“ ermöglicht und damit „*dem differenzierten Spektrum der sich entfaltenden Initiativen und Projekte einen unverbindlichen Rahmen*“ geboten (ebenda). Entsprechendes lässt sich für die Entwicklung der alternativen Energieproduktionstechniken in dieser Phase festhalten. Die Unschärfe der Leitnorm Ökologie bedeutete ja gerade, dass darin die beiden anderen zentralen Prinzipien „Dezentralisierung“ und „basisorientierte Erweiterung des Akteursfeldes“ mit aufgenommen werden konnten. Aus der Unbestimmtheit der frühen Ansätze der „ökologischen“ Innovation resultierte ein recht weiter Interpretationsspielraum in Bezug auf mögliche Umsetzungsformen und Anwendungskontexte und damit eine breite Motivationsbasis für potenzielle Innovatoren und Unterstützer.

⁷ Vgl. die Liste utopischer Kennzeichen „sanfter Technologie“ nach R. Clarke, in: Dickson 1978, 89/90.

1.2. Umsetzung in die Praxis

Wie kam es, dass diese Entwürfe zur praktischen Innovation wurden, statt als Utopie im Reich der Ideen zu verharren? Wir möchten für die erste Entwicklungsphase die Bedeutung von vier gesellschaftlichen Akteuren hervorheben. Der erste Akteur ist – ganz generell – die Ökologiebewegung, die im Zuge einer „konstruktiv-pragmatischen Wende“ mehr und mehr vom bloßen Protest zur eigenständigen Umgestaltung der gesellschaftlichen Verhältnisse überging. Der zweite Akteur ist die Gruppe der sich allmählich formierenden organisierten Interessenvertretungen der Bewegung, deren Programmatik wesentlich vom Gedanken eines Paradigmenwechsels im Energiesektor geprägt war. Der dritte Akteur ist die Bundesregierung, die auf Druck der Öffentlichkeit vermehrt Mittel für die Erforschung und Entwicklung der alternativen Technologien bereitstellte. Und der vierte Akteur ist schließlich die Szene jener Einzelpioniere und Pionierprojekte an der Basis, die erste konkrete Umsetzungsformen entwickelten und erprobten.

1.2.1. Die konstruktiv-pragmatische Wende der Ökologiebewegung

Bis in die zweite Hälfte der 1970er Jahre hinein konzentrierte sich die Ökologiebewegung vor allem auf den Kampf gegen Atomkraftwerke und bezog dabei einen Gutteil ihrer Identität aus der Dauerkonfrontation mit und der fundamentalen Kritik an Staat, Wirtschaft und Gesellschaft. Das Verharren in der Negation verband sich offenbar bei nicht wenigen mit der vagen, aber weitgehend unberechtigten Hoffnung, einen so starken politischen Druck auf den Staat ausüben zu können, dass dieser die Umsteuerung auf den sanften Energiepfad selber in die Wege leitete. Zu einer entscheidenden Wende kam es in den Jahren 1977/78 (Brand et al. 1983, 95 ff.). Innerhalb der Ökologie- und Anti-Atomkraftbewegung begann ein Prozess der Umorientierung, der – neben etlichen anderen Folgewirkungen – auch zu ersten Ansätzen führte, die Erzeugung regenerativer Energie in die eigene Hand zu nehmen. Dieser Umorientierungsprozess hatte mehrere Ursachen: *Erstens* war er die Folge einer *kollektiven Ernüchterung* nach der Hochphase der Anti-Atomkraftkonflikte, die mit Großdemonstrationen im Februar (Brokdorf), März (Grohnde) und September (Kalkar) 1977 zu Ende ging (Dannenbaum 2005, 282 ff.). Die Auseinandersetzungen zwischen der hochgerüsteten Polizei und einem militanten Teil der Demonstranten konfrontierten die Ökologiebewegung mit der Aussichtslosigkeit dieses Weges zur Durchsetzung ihrer Ziele (ebenda, 284; Brand et al. 1983, 97). Intern hatte man sich nun mit der „Gewaltfrage“ und der drohenden Spaltung zwischen einer Gewalt ablehnenden Mehrheit und einer gewaltbereiten Minderheit auseinander zu setzen. Extern drohte das eigene Anliegen in den Augen der Öffentlichkeit angesichts der in den Medien gezeigten Schlachtenbilder nachhaltig diskreditiert zu werden. *Zweitens* war es längst zu einer *massiven Gegenoffensive* in der energiepolitischen Kontroverse gekommen. Zu den sich formierenden Gegenkräften zählten mehrere Hundert Atomwissenschaftler und -techniker aus den Kernforschungszentren, die bereits im Januar 1976 in

einem offenen Brief an die Abgeordneten des Deutschen Bundestages ihre Besorgnis über den wachsenden antinuklearen Protest ausdrückten (Brand et al. 1983, 97). 1977 war dann das Jahr „massiver Gegenproteste“ und „differenzierter Gegenstrategien“, wobei sich die Mobilisierung der Gewerkschaften, die im Schulterschluss mit den Unternehmerverbänden Großkundengebungen „für Kohle und Kernenergie“ organisierten, als besonders öffentlichkeitswirksam erwies (ebenda, 96 ff.). *Drittens* führte dies die Bürgerinitiativ- und Ökologiebewegung in eine drohende *Phase der Stagnation*: „*Der Aufstieg der Bürgerinitiativbewegung war gebremst, die öffentliche Debatte lief zusehends leer, auf beiden Seiten verfestigten sich Feindbilder und argumentative Stereotypen*“ (ebenda, 98 f.). Die Ökologiebewegung stand damit an einem Krisen- und Wendepunkt, dessen produktives Resultat darin bestand, dass er „Lernprozesse“ (Dannenbaum 2005, 284) und Suchbewegungen auslöste, die wiederum einen Wandel einläuteten, den wir an anderer Stelle als „konstruktiv-pragmatische Wende“ der Umweltbewegung bezeichnet haben (Byzio et al. 2002, 399 ff.). Die Grenzen zwischen Ökologie- und Alternativbewegung begannen nun noch mehr als bisher zu verschwimmen, insofern sich etliche Protagonisten der Ökologiebewegung von „der bloßen Obstruktionspolitik und den endlosen Strategiedebatten“ der vergangenen Jahre ab- und der Suche nach konkreten Alternativen zuwandten (Brand et al. 1983, 100). Eines der Praxisfelder, auf die sich solche Umorientierungsprozesse erstreckten, war naheliegender Weise der Energiebereich.

Insgesamt gesehen war die Ökologiebewegung entscheidend für die Genese der Innovation „Stromproduktion aus erneuerbaren Energien“: Zum einen war es der trotz aller Gegenkräfte wirkungsvolle energiepolitische Druck, der von der Ökologiebewegung und ihrem Umfeld ausging. Zum anderen war es ein Gestaltungswille in den Kreisen der Bewegungsakteure, der sich im Zuge der beschriebenen konstruktiv-pragmatischen Wende konkretisierte. Im Ergebnis wurden nicht nur die existierenden Technikansätze der solar-regenerativen Energieproduktion von einem politischen Akteur aufgegriffen und unterstützt; sondern es erweiterte sich auch die Gruppe jener erheblich, die sich für die konkrete Umsetzung einer alternativen Stromproduktion interessierten.

1.2.2. *Organisierte Interessenvertretungen der Ökologiebewegung als Promotoren*

Die konstruktiv-pragmatische Wende der Ökologiebewegung zeigte sich auch an der Entstehung organisierter Interessenvertretungen der Ökologiebewegung und der Umweltthematik. Gemeint sind hier vor allem Parteien und Verbände. Die oben beschriebenen Grundprinzipien der verschiedenen Entwürfe für einen Paradigmenwechsel im Energiesektor verdichteten sich zu politischen Programmen. Entsprechende Zielvorgaben gingen in die erste „Wahlplattform“ der im Januar 1980 auf Bundesebene sich konstituierenden Partei der GRÜNEN ein. So heißt es im Abschnitt über Energiepolitik: „*Eine ökologische Energiepolitik wird die heutige Energieerzeugung durch Verbrennung mit großen Energieverlusten (z.B. Abwärme) und nachhaltigen*

*Umweltschädigungen ersetzen durch die Energienutzung aus umweltfreundlichen, erneuerbaren, dezentral organisierten Energiequellen (Sonne, Wind, Wasser, Biogas usw.). Ökologische Energiepolitik strebt also eine Stabilisierung des Energieverbrauchs im Rahmen der Umweltverträglichkeit an“.*⁸ Ein anderes Beispiel ist der aus der Ökologiebewegung hervorgegangene (1975 gegründete) Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND). Der Verband legte Ende der 1970er Jahre „Strategien für eine umweltfreundliche und sichere Energieversorgung“ vor, die darauf hinaus liefen, neben drastischen Energiesparmaßnahmen die Nutzung atomarer und fossiler Energiequellen auf längere Sicht vollständig durch regenerative Energien zu ersetzen. Vorgeschlagen wurden Maßnahmen, mit deren Hilfe bis zum Jahr 2000 gut 20 Prozent des dann zu erwartenden Primärenergieverbrauchs durch die „verschiedenen Arten der Sonnenenergienutzung“ abgedeckt werden könnten und die langfristig (bis spätestens Mitte des 21. Jahrhunderts) eine „Energievollversorgung der Bundesrepublik“ durch „erneuerbare Energiequellen“ sicherstellen sollten (Löser 1980, 161 u. 179, Tabelle 3). Die auf Umweltthemen fokussierten neuen Verbände und Parteien bildeten den Kern einer Unterstützer-Koalition, die für die Genese und Diffusion der Innovation „Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen“ von zentraler Bedeutung war und dies auch heute noch ist. Denn der Energiesektor ist ein Wirtschaftssektor, dessen Entwicklung traditionell in hohem Maße von politischer Willensbildung bestimmt wird und in dem der Staat als beteiligter Akteur von jeher eine wichtige Rolle spielt. Die Institutionalisierung der Umweltthematik in Form arrivierter Interessenvertreter im politischen Raum war und ist daher für die Durchsetzung eines neuen Paradigmas der Energieversorgung unbedingt erforderlich. Zwar waren die genannten organisierten Interessenvertretungen in der ersten Entwicklungsphase der Innovation noch relativ einflusslos, hinter ihnen stand aber ein öffentlicher Druck, der in den folgenden Jahren nur noch wirkungsvoll institutionell kanalisiert werden musste.

1.2.3. Erste Formen staatlicher Förderung von Forschung und Entwicklung

Es war wohl auch der Druck der Öffentlichkeit, der die Bundesregierung dazu bewog, die Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen bereits in den 1970er Jahren durch die finanzielle Förderung von Forschung und Entwicklung zu unterstützen. Der Druck resultierte im Grunde bereits aus der Ölpreiskrise von 1973/74. Sie veranlasste die damalige Bundesregierung zu einem ersten energiepolitischen Umdenken, das seinen Ausdruck allerdings zunächst in einer intensivierte Förderung der Energieproduktion aus Kohle und Kernenergie fand (Jacobsson/Lauber 2004, 261). Diese Akzentuierung der Politik kollidierte jedoch schon bald mit den Anliegen der Ökologiebewegung, die vorrangig die Risiken der Kernenergienutzung betonte, dabei aber auch generell gegen das vorherrschende

⁸ Das Zitat stützt sich auf den Abdruck der „Wahlplattform. Was wollen DIE GRÜNEN?“ in Lüdke/Dinné 1980.

Regime im Energiesektor opponierte und später zudem gegen die Umweltbelastungen durch fossile Kondensationskraftwerke protestierte. Jedoch propagierte nicht nur die ökologische Bewegung die Nutzung erneuerbaren Energiequellen, sondern beispielsweise auch die erste auf den Themenbereich bezogene Enquete-Kommission des Bundestages „Zukünftige Kernenergiepolitik“. In ihrem 1980 veröffentlichten Bericht gingen die Experten zwar davon aus, dass die Kernenergie weiterhin eine Rolle in der Energieversorgung spielen müsse. Gleichzeitig räumten sie jedoch der Nutzung erneuerbarer Energiequellen in Verbindung mit Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz Priorität ein. Im Ergebnis führte der Druck der Öffentlichkeit dazu, dass die von der SPD geführte Bundesregierung ihre Förderung von Forschung und Entwicklung für den Bereich der Erneuerbaren ab den 1970er Jahren bis zum Regierungswechsel 1982 von 20 Millionen auf 300 Millionen DM erhöhte. Jacobsson/Lauber bewerten diese politische Akzentuierung als wichtigen Meilenstein der alternativen Energieproduktion. In einem für die Entwicklung der Erneuerbaren bis dahin insgesamt feindlichen Klima⁹ sei die regierungsseitige Förderung der Energiealternative ein Anzeichen für den beginnenden institutionellen Wandel gewesen. Durch die Bandbreite der Förderung sei ein eigener Entwicklungsraum für die Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen geschaffen worden (ebenda 262 f.). Wir werden (im Abschnitt II.2.1) allerdings noch zeigen, dass die staatliche Förderung zu Beginn der 1980er Jahre sehr stark auf einen großtechnischen Ansatz im Windenergiebereich fokussierte und damit zwischenzeitlich in einer Sackgasse landete.

1.2.4. *Die Praktiker in Pionierprojekten*

Das bisher Gesagte verweist auf die entscheidende Rolle der Ökologiebewegung für die Genese und Entwicklung der Innovation „Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen“. Die Entwicklung Ende der 1970er bzw. Anfang der 1980er Jahre lässt sich jedoch, was die tatsächliche Umsetzung einer alternativen Energieproduktion anbelangt, noch eher als Latenzphase charakterisieren. Nach allem, was wir wissen, hatten konkrete Alternativprojekte im Bereich der Energieproduktion in diesen Jahren noch Seltenheitswert und waren unter quantitativen Gesichtspunkten zu vernachlässigen. Auf der Grundlage von empirisch gestützten Schätzungen zur zahlenmäßigen Stärke der Alternativbewegung gibt Huber einen tabellarischen Überblick über die prozentuale Verteilung der Tätigkeitsbereiche der Alternativprojekte. Daraus geht hervor, dass Ende der 1970er Jahre nur wenig mehr als 10 Prozent aller Projekte dem Bereich der Produktion zuzurechnen waren (darunter 4 Prozent im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion). Die allermeisten Projekte waren dagegen mit Dienstleistungen (70 Prozent) oder mit unterschiedlichen Formen politischer Arbeit beschäftigt (18 Prozent). Die in

⁹ Die Autoren betonen in diesem Zusammenhang insbesondere den Widerstand der großen Energieversorgungsunternehmen und des traditionell mit diesen Unternehmen kooperierenden Bundeswirtschaftsministeriums.

Hubers Aufstellung aufgeführte Kategorie der „alternativtechnologischen Betriebe“ machte lediglich 0,5 Prozent aller Projekte aus. Legt man Hubers Schätzung zugrunde, dass es damals ca. 11.500 Alternativprojekte in der Bundesrepublik und West-Berlin gegeben habe, so konnten demnach nur etwa 60 solcher alternativtechnologischer Betriebe existiert haben, wobei Huber auch Projekte zur Fahrradproduktion oder zur Altwarenverwertung einrechnet (Huber 1980, 28 f.). Konkrete Hinweise auf Alternativprojekte im Energiebereich sind spärlich und beziehen sich zum einen auf die Produktion von „Kraftheizungen“ (28),¹⁰ zum anderen auf die Existenz von „Sonnenkollektorenbastlern“ (126).

Aus anderen Quellen wissen wir, dass es in der hier behandelten Zeitspanne weitere Aktivitäten im (Selbst-)Bau regenerativer Energieanlagen gegeben hat, die sich allerdings teilweise außerhalb des sozialen Milieus der Ökologie- und Alternativbewegung abgespielt haben. Dies traf auf den Selbstbau von *Biogasanlagen* durch Landwirte zu – eine Entwicklung, die ab Ende der 1970er Jahre vor allem in Bayern einen gewissen (Wieder-)Aufschwung nahm und an der etliche der damals im Öko-Landbau sich engagierenden Bauern, aber auch konventionell wirtschaftende Landwirte beteiligt waren.¹¹ In Niedersachsen traten Anfang der 1980er Jahre einige Biogas-Pioniere in Erscheinung, zu denen auch „*studentische Gruppen*“ mit Nähe zur Anti-Atomkraftbewegung gehörten, die in Kooperation mit interessierten Landwirten „*so sechs oder sieben Biogasanlagen*“ errichteten, die noch „*wenig professionell gebaut wurden. Das waren häufig so Bastleranlagen. Z.B. wurden da Kesselwagen der Bundesbahn umgebaut*“.¹²

Windenergieanlagen waren, zumindest international betrachtet, schon seit dem Ende der 1970er Jahre „aus dem Alternativstadium raus“.¹³ Heymann berichtet in seiner „Geschichte der Windenergienutzung“, dass „*funktionierende und technisch zuverlässige Windkraftanlagen (...) Ende der 1970er Jahre unabhängig von Forschungsprogrammen aus einer handwerklichen Tradition in Dänemark (entstanden). Idealistische Handwerker und Bastler kopierten dort mit einfachen Mitteln die (aus den 1950er Jahren stammende, d.Verf.) Gedser-Anlage von Johannes Juul in verkleinerten Versionen mit Leistungen um 20 Kilowatt. Aus diesen Anfängen entwickelte sich das ‚Danish Design‘ kommerzieller dänischer Windkraftanlagen*“, die sich gegenüber anderen Konstruktionen als „*technisch überle-*

¹⁰ Vermutlich sind damit kleine Blockheizkraftwerke gemeint, mit denen auf energiesparende Weise Heizwärme und Elektrizität gleichzeitig produziert werden, die aber nicht notwendigerweise mit regenerativen Energien (z.B. mit Biogas), sondern auch mit Dieseltreibstoff betrieben werden können.

¹¹ Von Ende der 1970er Jahre bis 1985 wurden, unterstützt durch Fördermittel des Freistaats Bayern und unter beratender Begleitung durch einen im Bereich Biogas engagierten Wissenschaftler der Fachhochschule Weihenstephan, insgesamt 60 Biogasanlagen durch bayerische Landwirte im Selbstbau errichtet, darunter „viele Biobetriebe, die wohl zu den ersten gehört haben, die Anlagen gebaut haben“ (Expertengespräch mit dem Geschäftsführer des Fachverband Biogas e.V.).

¹² Expertengespräch mit dem Biogasexperten der Landwirtschaftskammer Hannover. Auch in diesem Fall konnten die Biogaspioniere auf Fördermittel des Landes zurückgreifen, hier aus dem niedersächsischen „Energieaktionsprogramm“.

¹³ Expertengespräch mit einem norddeutschen Windkraftpionier.

gen und zugleich (als) preisgünstiger“ erwiesen (Heymann 1997, 199). Windkraftanlagen dieses Typs wurden im Laufe der 1980er Jahre infolge umfangreicher Förderprogramme zu Tausenden in Kalifornien und in Dänemark aufgestellt (ebenda, 201), aber unseres Wissens bis gegen Ende der 1980er Jahre nur in Einzelfällen von Landwirten oder sonstigen Privatbetreibern in die Bundesrepublik importiert.¹⁴ Es habe sich dabei überwiegend um „Einzelkämpfer“ gehandelt, „die mit sehr viel Idealismus einzelne Anlagen an ihrem Hof aufgebaut haben“, wobei der „wirtschaftliche Nutzen überhaupt nicht im Vordergrund gestanden“ habe.¹⁵ Daneben gab es auch hierzulande, wie anfangs schon in Dänemark, den einen oder anderen Hobbybastler bzw. „Tüftler“, der stärker an der technischen Seite der Windenergienutzung interessiert war. Einigen unter ihnen gelang später der Schritt in die professionelle Fertigung von Windkraftanlagen.¹⁶

Auf dem Gebiet der *Solarenergienutzung* schließlich hatte sich nach der 1975 erfolgten Gründung der „Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie“ (DGS) ein Netzwerk von Solarinteressierten gebildet, das in den folgenden Jahren durch regelmäßige Tagungen und Solarmessen sowie durch ein Forschungsförderungsprogramm des Bundesforschungsministeriums stabilisiert wurde, aber gegen Mitte der 1980er Jahre „aufgrund von wieder zurückgehenden Energiepreisen, Kinderkrankheiten der Solaranlagen der 1970er Jahre, einer Gegenbewegung der Energieversorger“ sowie gekürzter Forschungsmittel (Drücke et al. 2004, 4 f.) schon wieder im Niedergang begriffen war. Von den „über 150 meist kleinen Firmen“, die 1980 in der Bundesrepublik Sonnenkollektoren zur Nutzung von Solarwärme produzierten (und offenbar nur zu einem geringen Teil dem Spektrum der von Huber erfassten Alternativbetriebe angehörten), blieben Mitte der 1980er Jahre nur „deutlich unter 50“ übrig (ebenda, 4).

1.3. Fazit

Alles in allem war die Situation Ende der 1970er, Anfang der 1980er Jahre von einer auffälligen Diskrepanz gekennzeichnet: Auf der einen Seite stand die essentielle, ja identitätsstiftende Bedeutung der „Energiefrage“ für die Ökologiebewegung. Sie äußerte sich in einer fundamentalen Kritik an der in den Industrieländern vorherrschenden Art der Energieerzeugung und -verwendung und im hohen Stellenwert, den die Diskussion über die Systemalternative der „sanften Energien“ innerhalb der wissenschaftlichen und politischen „Ökoszene“ erlangt hatte. Die Gegenentwürfe für den Energiesektor waren ein entscheidender Faktor für die Genese der Innovation „Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen“.

¹⁴ Lt. einem SPIEGEL-Artikel vom 16.5. 1983 gab es in jenem Jahr ca. 400 Windkraftanlagen in der Bundesrepublik; zitiert nach Ohlhorst/Schön 2005, Fußnote 5.

¹⁵ Expertengespräch mit dem Geschäftsführer des Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE).

¹⁶ So habe der inzwischen zum deutschen Marktführer aufgestiegene Enercon-Gründer Aloys Wobben 1984 „in einer Garage“ mit der Entwicklung und Produktion von Windrädern begonnen; vgl. Franken 2002.

Trotz einer zum Teil noch radikal systemkritischen Attitüde und sehr weit gehender Alternativvorstellungen im Entwicklungsumfeld dieser Innovation zeichneten sich bereits zentrale Prinzipien ab, die den Charakter ihrer möglichen konkreten Umsetzung erkennen ließen.

Auf der anderen Seite waren die regenerativen Energien von der „Ökoszene“ bisher nur sehr verstreut praktisch aufgegriffen und auf ihre Tauglichkeit hin erprobt worden. Sogar innerhalb der Praxis der Alternativbewegung verblieben diese Aktivitäten in einer kleinen Nische, insofern die große Mehrzahl der Projekte sich auf andere Bereiche konzentrierte. Eine wesentliche Ursache hierfür war sicherlich die erdrückende ökonomische und technologische Dominanz des traditionellen Energiesektors, die es alternativen Akteuren sehr schwer machte, einem solchen hoch integrierten und gesellschaftlich stark institutionalisierten System mehr als nur punktuelle Nischenaktivitäten entgegenzusetzen. Wollte man über das vereinzelte Abkoppeln vom bestehenden Energieversorgungssystem hinauskommen, wie es die eine oder andere Landkommune vielleicht schon praktizierte, so stellte sich schnell die vorerst nicht zu beantwortende Frage, wie man die gesellschaftlichen Bedingungen dafür schaffen könnte. Eine fundamentale Systemalternative, auch wenn sie „nur“ auf das bestehende Energieversorgungssystem abzielte, hätte einen tief greifenden gesellschaftlichen Wandel zur Voraussetzung gehabt, in dessen Verlauf die kritisierten zentralisierten Wohn-, Siedlungs-, Produktions- und Herrschaftsstrukturen der Gesellschaft in dezentrale Formen hätten überführt werden müssen. Dies musste selbst den enthusiastischsten Bewegungsakteuren utopisch erscheinen.

Eine Utopie – wie in unserem Fall die Utopie eines „sanften Energiepfads“ – sollte aber nicht in erster Linie daran gemessen werden, inwieweit sie möglichst deckungsgleich mit den Entwürfen ihrer Protagonisten in historisch überschaubaren Zeiträumen verwirklicht werden kann. Entscheidend ist vielmehr, welche konkreten Handlungsperspektiven und Motivationen sie den von ihr begeisterten Menschen eröffnet und welche vorstellbare Wirklichkeit sich dabei abzeichnet. Auch wenn die Nutzung regenerativer Energietechniken bis Mitte der 1980er Jahre kaum mehr als eine Nische innerhalb der alternativen Nische darstellte und auch ansonsten nicht über die Anwendung durch verstreute „Einzelkämpfer“ hinaus kam – die Suche nach einem praktikablen Gegenentwurf zum bestehenden Energieversorgungssystem war unwiderruflich auf die Agenda der Ökologiebewegung sowie ihres politischen Arms, der Partei der GRÜNEN, gesetzt worden. Das Thema wurde inzwischen – vor allem in den neugegründeten Öko-Instituten – wissenschaftlich bearbeitet, zunehmend publizistisch aufgegriffen und damit einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Es dürfte nicht zuletzt am „utopischen Überschuss“ der Thematik gelegen haben, dass es ab Ende der 1970er Jahre zu einer (begrenzten) sozialen Öffnung des ursprünglich kleinen Nutzerkreises regenerativer Energien kam. Damit verdichteten sich alternative Ideen und bereits vereinzelt vorhandene praktische Ansätze allmählich zur Innovation „Strompro-

duktion aus erneuerbaren Energiequellen“. Neben die wenigen Akteure, die die Nutzung von Biogas- oder Windkraftanlagen in die 1970er Jahre „hinübergerettet“ hatten und dabei vorwiegend technisch oder ökonomisch interessiert waren (z.B. Landwirte, die ihre Energiekosten senken wollten), waren nun die „Idealisten“ und „Überzeugungstäter“ aus der Ökologie- und Alternativbewegung getreten. Diese läuteten eine neue Phase der Innovation ein, in der mit den regenerativen Energietechniken auf breiter praktischer – technischer, ökonomischer und sozialer – Ebene experimentiert werden konnte und neue Anwender- und Unterstützerkreise erreichbar wurden.

2. Zweite Phase: Herausbildung tragfähiger Umsetzungsformen und Institutionalisierung dezentraler Diffusionssysteme (Mitte der 1980er bis Ende der 1990er Jahre)

Die zweite Entwicklungsphase der Innovation beginnt Mitte der 1980er Jahre – genauer gesagt ab dem Jahr 1986. Erst nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl wurden die Ansätze der 1970er und frühen 1980er Jahre auf breiterer Basis praktisch umgesetzt.¹⁷ Ausschlaggebend für die Konkretisierung der Ideen und Utopien aus der Frühphase der alternativen Stromproduktion waren dabei vor allem zwei Faktoren. Auf der einen Seite demonstrierte der Super-GAU in der Ukraine das katastrophische Potenzial der Kernenergienutzung. Die zuvor oftmals abstrakt anmutenden Warnungen und Projektionen der Anti-Atom-Bewegung bekamen auf einmal einen konkreten Bezugspunkt. In Teilen der deutschen Bevölkerung, insbesondere im soziokulturellen Umfeld der Anti-Atom- und Ökologiebewegung, wuchs aufgrund dessen die Bereitschaft, Projekte zur Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen in eigener Initiative umzusetzen oder zumindest unmittelbar zu unterstützen. Gleichzeitig begann der Staat, die Aktivitäten solcher „Basisakteure“ zu unterstützen. Nachdem der in der ersten Hälfte der 1980er Jahre vom Bundesforschungsministerium verfolgte Ansatz, die Windenergienutzung aus dem Stand heraus großtechnisch umzusetzen, gescheitert war, rückten ab Ende der 1980er Jahre die Betreiber kleinteiliger und dezentral zugeschnittener Energieprojekte ins Zentrum der staatlichen Förderung. Die politische Schockwelle, die durch die Katastrophe von Tschernobyl ausgelöst wurde, dürfte dafür verantwortlich sein, dass die staatliche Unterstützung der alternativen Stromerzeugungstechniken und insbesondere der Windenergienutzung trotz des Scheiterns

¹⁷ Der Reaktorunfall im Kernkraftwerk Tschernobyl nahe der ukrainischen Stadt Prypjat am 26. April 1986 steht für das „weitaus schlimmste zivile Nuklearunglück der Geschichte. Menschliches Versagen hatte zu einem Brand im Elektrizitätssystem geführt, der eine Explosion verursachte, durch die einer der Reaktoren fast vollständig zerstört wurde. 31 Menschen starben noch während des Unglücks. Eine riesige Zahl von Menschen starb und wird sterben durch Krebsleiden, die durch die Katastrophe verursacht wurden“, McNeill 2003, 330.

des zunächst praktizierten großtechnischen Entwicklungsansatzes nicht einfach aufgegeben, sondern neu ausgerichtet wurde.

Wir beschreiben die zweite Entwicklungsphase der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen im Folgenden aus zwei Blickwinkeln. Der erste Blickwinkel (Abschnitt 2.1) zeigt, wie sich die Innovation ab Mitte der 1980er Jahre weiterentwickelte. Durch das Zusammenwirken der neu orientierten staatlichen Fördermaßnahmen und der Aktivitäten verschiedener „neuer Stromproduzenten“ bildeten sich praxistaugliche Formen der alternativen Stromproduktion heraus. Dabei näherte sich die alternative Stromszene zwar den Strukturen des vorhandenen Versorgungssystems, gleichzeitig jedoch blieben zentrale Elemente der oben beschriebenen utopischen Gegenentwürfe der Innovation erhalten. Aus dem zweiten Blickwinkel (Abschnitt 2.2) wird deutlich, welche Entwicklungen innerhalb der Szene der Erneuerbaren – neben den staatlichen Förderanreizen – für die Verbreitung der alternativen Stromproduktion bedeutsam waren. Wichtige Merkmale der Entwicklung sind der hohe Stellenwert dezentraler Diffusionssysteme und der bereichsspezifischen Unterstützerkoalitionen. Darüber hinaus zeigt sich die Relevanz spezifischer Rückkoppelungsprozesse: zum einen zwischen Anlagenherstellern und -betreibern innerhalb der einschlägigen Netzwerke im Bereich der „Erneuerbaren“, zum anderen zwischen maßgeblichen Akteuren dieser Netzwerke und der Politik.

2.1. Die Weiterentwicklung der Innovation

Die ersten Entwicklungsjahre der Innovation „Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen“ charakterisierten wir als eine Phase, die vor allem von der Entstehung und Verbreitung weit reichender Ideen und Utopien geprägt war. Das bestehende Stromversorgungssystem wurde radikal in Frage gestellt, ohne dass alternative Gegenentwürfe bereits konkret Gestalt annahmen. Nur vereinzelt wurden mit der einsetzenden konstruktiv-pragmatischen Wende der Ökologiebewegung alternative Energieprojekte praktisch umgesetzt. Die Weiterentwicklung der Innovation musste dementsprechend vor allem darin bestehen, praxistaugliche und damit verbreitungsfähige Formen für die Stromerzeugung aus Wind, Sonne und Biomasse zu finden. Den Ausgangspunkt für solche Konkretisierungen bildeten die von uns oben benannten Grundprinzipien der Innovation, das heißt erstens die Dezentralisierung der Stromversorgung, zweitens die basisorientierte Verbreiterung des für die Versorgung verantwortlichen Akteursfeldes sowie drittens die Umweltverträglichkeit als Leitnorm der Versorgung. Diese Grundprinzipien standen im deutlichen Kontrast zur herrschenden Praxis der Stromversorgung. Die wenigen etablierten Elektrizitätsversorger hatten den Markt, d.h. die Produktion, die Verteilung und den Vertrieb von Strom unter sich aufgeteilt. Die großen Stromkonzerne hatten ein System aufgebaut, das auf einer „Top-Down-Architektur“ basierte und das deshalb technisch wie ökonomisch in hohem Maße von zentralistischen Elementen bestimmt war (Lewald 2001, 22). Am oberen

Ende des Systems standen die Stromkonzerne, die mit ihren großtechnischen Kondensationskraftwerken den Strombedarf auf der Basis von Kohle und Atomenergie deckten und darüber hinaus über einen Großteil der Transportwege verfügten. Am unteren Ende befanden sich die Verbraucher, die daran gewöhnt waren, Strom zu beziehen, ohne sich über die Versorgungsstrukturen Gedanken machen zu müssen. Das Leitbild, das die Akteure an beiden Enden des Systems miteinander verband, war eine Stromversorgung, die in aller erster Linie sicher (vor allem im Sinne von zuverlässig) und billig sein sollte. Zwar wurde die bestehende Ordnung ab den 1970er Jahren zunehmend in Frage gestellt – aufgrund der Diskussion über umweltschutz- und ressourcenbedingte Wachstumsgrenzen, infolge der Ölpreiskrisen sowie angesichts der heftigen Widerstände gegen die Atomenergienutzung. Doch die großen Stromkonzerne und ihre zahlreichen Tochterunternehmen waren kaum geneigt, von dem aus ihrer Sicht erfolgreichen traditionellen Entwicklungspfad abzuweichen. Wer in dieser Situation der Meinung war, Strom müsse zukünftig dezentral, in kleinen Produktionseinheiten, von einer großen Bandbreite an Produzenten und vor allem auf der Basis erneuerbarer Energiequellen produziert werden, der musste dies dementsprechend selbst in die Hand nehmen. Insofern war bereits frühzeitig absehbar, dass die erneuerbaren Energien von Akteuren vorangebracht werden mussten, die nicht originär aus dem Stromsektor stammten. Die Fortentwicklung der innovationsverdächtigen Ansätze aus den 1970er und frühen 1980er Jahren hing damit davon ab, welche neuen Akteure für ihre Umsetzung zur Verfügung standen, in welchen ökonomisch-organisatorischen Formen diese Akteure die alternative Stromproduktion umsetzen konnten, und vor allem auch, welche Wege sie finden würden, ihre Vorhaben zu finanzieren.

2.1.1. Neuausrichtung der staatlichen Förderung

Der Staat wurde in der zweiten Entwicklungsphase der Innovation zu einem überaus wichtigen Akteur. Ohne die Förderaktivitäten des Bundes und der Länder hätte sich die alternative Stromproduktion im deutschen Stromsystem wohl nicht entwickeln können. Ihre Verbreitung wäre kaum über ein paar vereinzelte Projekte hinausgekommen, die aus Idealismus oder Technikinteresse betrieben wurden, ökonomisch auf Dauer jedoch nicht tragfähig gewesen wären. Bereits seit den 1970er Jahren förderte insbesondere das Bundesforschungsministerium verschiedene Ansätze zur Energieproduktion aus erneuerbaren Energiequellen. Wir stellen oben fest, dass diese Förderung – trotz ihres noch bescheidenen Ausmaßes – als Anzeichen für einen beginnenden institutionellen Wandel zugunsten der alternativen Stromerzeugung interpretiert werden kann. Allerdings richtete sich die staatliche Unterstützung anfangs nicht unbedingt auf den Typus von Innovation, der im Zentrum der vorliegenden Studie steht. Zeitweise wurden die oben genannten drei Grundprinzipien der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien

durch die Förderaktivitäten des Staates sogar konterkariert. Besonders deutlich zeigt dies die Förderung der Windenergie.

Die Windenergienutzung besitzt in Deutschland eine Vorreiterfunktion in der alternativen Stromproduktion. Ihr Entwicklungsverlauf war bahnbrechend für die nachfolgende Verbreitung der landwirtschaftlichen Biogasverstromung und der Fotovoltaik. Im Windsektor wurden organisatorisch und ökonomisch tragfähige Umsetzungsformen der Innovation entwickelt, die sich später oftmals auch für die beiden anderen Felder als passend erwiesen. Zudem bildeten sich hier die Formen staatlicher Unterstützung heraus, die heute für den gesamten Bereich der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen maßgeblich sind. Auch im Windsektor hätte es ohne staatliche Unterstützung weder Anlagenentwickler noch Betreiber gegeben, die auf Dauer bereit gewesen wären, sich zu engagieren. Doch entscheidend für den Durchbruch der Windenergienutzung war nicht allein das Ausmaß der staatlichen Förderung, sondern ebenso deren Ausrichtung. Die Voraussetzung für die Erfolgsgeschichte der Windenergienutzung, der Fotovoltaik und der Biogasverstromung war dementsprechend ein Paradigmenwechsel im Bereich der staatlichen Förderaktivitäten, der gegen Ende der 1980er Jahre einsetzte.

Der Förderansatz, den das Bundesforschungsministerium im davor liegenden Zeitraum, das heißt vom Ende der 1970er bis in die zweite Hälfte der 1980er Jahre verfolgte, lässt sich am besten als „*großtechnisch*“ bezeichnen. Das Ministerium beabsichtigte, mit einem „gewaltigen Entwicklungsschritt die Windenergie-technik quasi aus dem Stand entscheidend voranzubringen und eine Anlagentechnik zu entwickeln, die hinsichtlich ihrer Größe und Komplexität in die bestehende Struktur der Energieversorgung passte“ (Hoppe-Kilpper 2003, 29). Diesem Ansatz lagen offenkundig drei Kerngedanken zugrunde: Erstens ging man davon aus, dass es möglich sei, aus den seinerzeit bereits vorhandenen kleinformatigen Windrotoren ohne nennenswerte Zwischenschritte Anlagen der Multimegawatt-Klasse zu entwickeln. Der Einstieg in die Windstromproduktion sollte, was die Anlagentechnik anbelangt, sofort im großen Stil erfolgen. Zweitens verband sich die genannte Einschätzung der technischen Möglichkeiten mit einer entsprechenden Vorstellung darüber, welche Akteure geeignet seien, die angestrebte Entwicklung voranzutreiben: Gefördert wurden große Unternehmen aus den Bereichen Maschinen- und Fahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt (ebenda, 30). Drittens schließlich war man davon überzeugt, dass als Betreiber der Windkraftanlagen selbstverständlich nur die großen Energieversorgungsunternehmen in Betracht kamen. Umgesetzt wurde dieser großtechnische Entwicklungsansatz vor allem in Form des in der Öffentlichkeit viel beachteten Pilotprojektes GROWIAN (Große Windenergie Anlage), dessen Konzeptionsphase 1977 begann. Im Jahr 1980 wurde dann im Schleswig-Holsteinischen Kaiser-Wilhelm-Koog mit dem Bau der Anlage begonnen, deren Nennleistung drei Megawatt (bei einer Nabenhöhe von 100 Meter bzw. einer Gesamthöhe von 150 Meter) betragen sollte. Hersteller des zweiflügligen Windrotors war die Firma MAN. Die Leitung des Projektes lag bei

der eigens gegründeten GROWIAN GmbH, an der große Energieversorgungsunternehmen maßgeblich beteiligt waren. Der Betrieb von GROWIAN wurde offiziell im Oktober 1982 aufgenommen – und im August 1987 wieder eingestellt. In diesem Zeitraum lief die Anlage aufgrund verschiedener technischer Probleme nur 420 Stunden. Als sie 1987 demontiert wurde, galt das Projekt längst als spektakulärer Fehlschlag. Summa summarum kostete es das Bundesforschungsministerium rund 90 Millionen DM.

Der Misserfolg des GROWIAN-Projektes war zum einen darauf zurückzuführen, dass die Beteiligten – allen voran das fördernde Ministerium – den Stand der Technikentwicklung und die vorhandenen Kompetenzen bei den Herstellerfirmen völlig falsch eingeschätzt hatten. Zum anderen waren die Promotoren des Projektes davon ausgegangen, die neue Technik lasse sich ohne weiteres in die bestehenden energiewirtschaftlichen Strukturen integrieren. Doch gerade die großen Stromkonzerne waren trotz ihrer Beteiligung am Projekt gar nicht daran interessiert, in die Windstromproduktion einzusteigen. Ihre Vertreter in der GROWIAN GmbH betonten mitunter sogar öffentlich, ihr eigentliches Interesse am Projekt liege darin, die Ungeeignetheit der Windenergie für die Stromversorgung zu demonstrieren¹⁸. Damit krankte der großtechnische Entwicklungsansatz des Forschungsministeriums nicht nur an der Fehleinschätzung der Innovationsbedingungen im technischen Bereich, sondern auch daran, dass in Bezug auf potenzielle Windanlagenbetreiber falsche Akzente gesetzt wurden und die technische Innovation insofern gleichsam ins Leere lief. Benötigt wurden nicht nur kompetente Anlagenentwickler und -hersteller, sondern vor allem auch motivierte Betreiber.

GROWIAN war nicht das einzige Projekt, das in den 1970er und 1980er Jahren staatlich gefördert wurde. Das Forschungsministerium unterstützte daneben eine ganze Bandbreite von FuE-Projekten, die sich unter anderem auch mit kleineren Anlagenklassen befassten (Hoppe-Kilpper 2003, 32ff). Doch GROWIAN steht für die zunächst vor allem großtechnische Orientierung eines Förderparadigmas, das sich generell darauf konzentrierte, die technische Seite der alternativen Stromproduktion voranzutreiben. Auch als angesichts des Scheiterns von GROWIAN die großtechnische Perspektive weitgehend aufgegeben wurde, flossen weiter staatliche Mittel in Forschungen und Entwicklungen zur Windanlagentechnik (ebenda, 74). In dieser Phase sind auch viele der im Vergleich zu GROWIAN klein dimensionierten Anlagentypen entwickelt worden, die dann zur Deckung der boomartigen Nachfrage in den 1990er Jahren geeignet waren (Durstewitz et al. 2003, 3).

Der Aufschwung der Windenergie in den 1990er Jahren kam unter anderem deswegen zustande, weil sich die staatlichen Promotoren dieser Technologie nicht nur von ihren großtechnischen Visionen verabschiedeten, sondern auch dazu

¹⁸ So zitiert DIE WELT vom 28.2.1982 den damaligen Vorstandsvorsitzenden von RWE, Günther Klätte, mit dem Statement: „Wir brauchen GROWLAN (...), um zu beweisen, dass es nicht geht“. Zitiert bei: Heymann 1995, 373.

übergangen, nicht mehr Entwickler und Hersteller von Windanlagen, sondern ihre *Betreiber* zu fördern. Eingeläutet wurde dieser Kurswechsel mit dem Förderprogramm „100 MW Wind“ von 1989, das wegen der großen Nachfrage 1991 zum Programm „250 MW Wind“ aufgestockt wurde. Das Ziel dieses Programms bestand darin, *„einer größeren Zahl von Anwendern einen Anreiz zu geben, Windenergieanlagen an geeigneten Standorten in Deutschland zu errichten“* (Hoppe-Kilpper 2003, 42). Es ging damit nicht bloß um den Übergang von der Hersteller- zur Betreiberförderung, sondern auch darum, nicht mehr einzelne Pilotprojekte, sondern die Erprobung der Windstromproduktion auf wesentlich breiterer Basis zu fördern. Dementsprechend gewährte das nach wie vor zuständige Bundesforschungsministerium den Betreibern von Windanlagen, die im Rahmen des Programms errichtet wurden, bis zum Erreichen einer Förderhöchstgrenze einen Zuschuss von 8 Pf/kWh zur jeweiligen Einspeisevergütung. Hoppe-Kilpper sieht in dieser Bezuschussung die notwendige Basis für ein wichtiges „Großexperiment“ bzw. „Demoprojekt“ der Windenergienutzung. Die gezielte Förderung einer Vielzahl von Betreibern sei erforderlich gewesen, um ein solches Experiment mit einer genügend großen Zahl an Anlagen durchführen zu können (ebenda, 76).

Der Ansatz, die Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen im Wesentlichen durch Maßnahmen zu fördern, die den Betreibern entsprechender Anlagen eine angemessene Einspeisevergütung garantieren, war fortan eine der wichtigsten Triebkräfte für die Verbreitung der alternativen Stromproduktion in Deutschland. Nächster Meilenstein dieser Entwicklung war die Verabschiedung eines Stromeinspeisegesetzes (StrEG), das Anfang 1991 in Kraft trat. Trotz der Einführung des Programms „100/250 MW Wind“ hatten verschiedene Interessenvertreter im politischen Raum zu Beginn der 1990er Jahre – unter Beteiligung der schon existierenden Windenergie-Lobby – darauf hingearbeitet, die Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien per Gesetz zu regeln, um ihr damit eine solidere ökonomische Basis zu verschaffen (vgl. zum Folgenden Reiche 2004, 145f). Der Staat hatte sich in den vorangegangenen Jahren aus der Regulierung der Vergütung von Strom, der nicht von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) produziert wurde, weitgehend herausgehalten. Grundlage der Vergütung war eine – auch für Strom aus erneuerbaren Energien geltende – privatrechtliche Vereinbarung zwischen dem Verband der deutschen Elektrizitätswirtschaft (VDEW) auf der einen Seite und dem Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft (VKI) sowie dem Bundesverband der deutschen Industrie (BDI) auf der anderen Seite. Die Interessengegensätze unter den beteiligten Akteure waren dabei unübersehbar: Der VDEW verteidigte die Monopolstellung seiner Mitglieder, während die anderen beiden Verbände eine höhere Einspeisevergütung für den Strom verlangten, der von ihren Mitgliedern unabhängig von den EVU erzeugt wurde. Die Stromproduktion aus Windenergie kam bei dem vereinbarten Vergütungsmodus besonders schlecht weg, da die EVU geltend machten, durch

die unstete Einspeisung keine Kraftwerkskapazitäten ersetzen und somit auch kaum Kosten einsparen zu können.

Erst das Stromeinspeisegesetz (StrEG) von 1991 läutete die entscheidende Wende für die Produzenten alternativen Stroms ein. Das Gesetz verpflichtete die EVU, den Strom aus erneuerbaren Energien abzunehmen, und regelte zudem die Höhe seiner Vergütung. Die Betreiber von Windenergieanlagen erhielten für ihre Einspeisung 90 Prozent des Preises, den die EVU durchschnittlich für die Stromlieferung an Endverbraucher erzielten. Strom aus Biomasse wurde nur mit 80 Prozent des Endverbraucherpreises vergütet. Das Gesetz sah damit eine Art Mindestpreisregelung vor, die festlegte, dass der Strom aus erneuerbaren Energiequellen höher vergütet werden musste als solcher aus anderen Energiequellen. Diese Regelung berücksichtigte (zumindest in der Tendenz) die vergleichsweise hohen Erzeugungskosten des alternativen Stroms. Der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen wurde ein Sonderstatus eingeräumt, ohne den sie sich im Energiesystem nicht hätte behaupten können. Zielsetzung des Gesetzes war es, den Anteil der erneuerbarer Energien an der Stromproduktion erheblich zu erhöhen und die Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien wesentlich zu verbessern. Gerade was diese Zielsetzung anbelangt, erwiesen sich allerdings zwei Merkmale des StrEG als sehr problematisch. Zum einen waren die Einspeisevergütungen durch ihre Anbindung an die Endverbraucherpreise so variabel, dass die Erträge der Produktionsanlagen auf längere Sicht kaum zuverlässig kalkuliert werden konnten und die Anlagenbetreiber deshalb immer noch ein sehr hohes finanzielles Risiko eingingen. Zum anderen kam der Solarstrom im Vergütungssystem des StrEG erheblich zu kurz. Der gewählte Ansatz, die Fotovoltaik in gleicher Höhe zu vergüten wie die Windstromproduktion, ignorierte den sehr unterschiedlichen Entwicklungsstand der beiden Techniken. Keine Fotovoltaikanlage konnte auf der Basis einer solchen Vergütungshöhe auch nur annähernd kostendeckend, geschweige denn gewinnbringend betrieben werden. Allerdings profitierten die Akteure der Solarstromproduktion durch das 1991 gestartete „1.000 Dächer-Fotovoltaikprogramm“, das Anlagenbetreiber mit einem Investitionskostenzuschuss von 70 Prozent unterstützte, vom neuen staatlichen Ansatz der Betreiberförderung. Ähnlich wie im Fall der Windenergie förderte der Staat damit einen Bereich alternativer Stromproduktion, der auf einer Vielzahl von Einzelinitiativen beruhte. Wie wichtig die staatliche Förderung für die Dynamik der Fotovoltaikentwicklung war, zeigte sich Mitte der 1990er Jahre, als schon weit mehr als 1.000 Anlagen installiert worden waren und dann das Programm nicht fortgesetzt wurde. Nur durch Förderprogramme einiger Bundesländer und die Einführung kostendeckender Vergütungen in einzelnen Kommunen (siehe unten) konnte „ein vollständiger Fadenriss bei der Fotovoltaiknutzung in Deutschland“ verhindert werden (Reiche 2004, 161). Der Bund wurde in Sachen Solarstrom erst wieder unter der rot-grünen Bundesregierung aktiv, indem er dem 1.000-Dächer-Programm im Jahr 1999 ein 100.000-Dächer-Programm folgen ließ, das für die

Installation von Fotovoltaikanlagen Investitionsbeihilfen in Form zinsverbilligter Darlehen gewährte (ebenda).

Es dürfte deutlich geworden sein, dass der Staat seit den späten 1980er Jahren zu einem wichtigen Akteur für die Fortentwicklung und Verbreitung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wurde. Zwar flossen seine Fördergelder zunächst vornehmlich in einzelne FuE-Projekte und dabei vor allem auch in das spektakulär gescheiterte großtechnische Prestigeprojekt GROWIAN. Doch entwickelte sich im Anschluss daran jener Förderansatz, der dazu beitrug, dass die Bundesrepublik zu einem Vorreiterland im Bereich der erneuerbaren Energien wurde. Die breit angelegte Förderung der Anwenderseite erzeugte auf Seiten der Anlagenhersteller einen erheblichen Innovationsdruck, eröffnete ihnen durch die Investitionsbereitschaft vieler einzelner Betreiber zudem die Möglichkeit, die Anlagenentwicklung praxisnah voranzutreiben. Der Kurswechsel in Richtung Betreiberförderung bedeutete auch, im Hinblick auf den Zuschnitt der Technik sowie auf die Mechanismen der Technikentwicklung umzudenken. Nachdem der Versuch gescheitert war, die Windenergienutzung schnell im großtechnischen Maßstab *top-down* in den Stromsektor zu integrieren, ging man dazu über, einen evolutionären *bottom-up*-Prozess zu fördern, der von der Technikanwendung ausging. Das StrEG beinhaltete dementsprechend gezielte Anreize für den Bau und Betrieb von Kleinanlagen und schloss die etablierten Stromversorger explizit aus dem Kreis der durch die erhöhte Einspeisevergütung Begünstigten aus. Damit wurde die Entwicklung in die Hände neuer, unabhängiger Betreiber gelegt (Reiche 2004, 145). Parallel zur Verbreiterung des Akteursfeldes auf Seiten der Stromproduktion entstand eine Branche von Anlagenherstellern, die sich ebenfalls aus kleinen Einheiten heraus entwickelte. Statt der am GROWIAN beteiligten Großunternehmen des industriellen Establishments trieben nun spezialisierte *StartUps* und mittelständische Maschinenbauer den technischen Innovationsprozess voran.

In den folgenden Abschnitten werden wir uns der Betreiberseite zuwenden: Unsere These lautet, dass es in erster Linie die Präferenzen und Handlungsmöglichkeiten der „neuen Stromproduzenten“ waren, die – unter den Vorzeichen einer gezielten staatlichen Betreiberförderung – der Innovationsentwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien die entscheidenden neuen Impulse verliehen haben.

2.1.2. *Bürger als Stromerzeuger*

An der Basis und im soziokulturellen Umfeld der Umweltbewegung verstärkte der „Tschernobyl-Schock“ im Jahr 1986 noch einmal das Bestreben vieler Akteure, aus einer reinen Protesthaltung herauszukommen und dem von ihnen kritisierten Energieversorgungssystem praktische Alternativen entgegenzusetzen. Viele der alarmierten Bürger wandten sich einerseits ökologischen Praktiken im eigenen Alltag zu, engagierten sich andererseits aber auch in Umweltprojekten. Teilweise überschneiden sich solche Projekte mit denen der Alternativbewegung, die in die-

ser Phase allerdings schon wieder an Schwung verlor. Eine 1997 vom Umweltbundesamt veröffentlichten Studie zeigt, dass gerade ab Mitte der 1980er Jahre ein ganzes Archipel praxisorientierter Initiativen und Projekte entstanden ist, die sich – im Kontrast zum häufig generalisierenden Protest der vorangegangenen Jahre – zumeist auf ganz spezifische ökologische Handlungsfelder konzentrierten.¹⁹ Ab Ende der 1980er Jahre engagierten sich immer mehr Bürger auch im Bereich der alternativen Stromproduktion. So gründete bereits wenige Monate nach Tschernobyl eine Hamburger Gruppe von Kernkraftgegnern den Verein „Umschalten e.V.“, der unseres Wissens Ende der 1980er Jahre das erste deutsche Bürgerwindprojekt ins Leben rief (Byzio et al. 2002, 272 f.). Ebenfalls unter dem Eindruck der Tschernobyl-Katastrophe und auf der Suche nach einer Alternative zum Atomstrom wurde aufgrund der Initiative eines einzelnen Solarpioniers in Aachen der „Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.“ gegründet, der wichtige Vorarbeiten für die Verbreitung der Fotovoltaiknutzung sowie für die Durchsetzung ihrer institutionalisierten Förderung in der Bundesrepublik leistete. Unterstützt wurde das Engagement der Bürger von der Institutionalisierung des Umweltschutzes: Ökologische Aspekte und Problemstellungen fanden zunehmend Berücksichtigung in politischen, wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und anderen gesellschaftlichen Handlungsfeldern. Parallel dazu wurde die Umweltbewegung mitsamt ihren inzwischen professionalisierten Interessenverbänden gesellschaftlich zunehmend positiv bewertet (vgl. etwa Brand et al. 1997; Brand 1999; Huber 2001, 245 ff.; Mautz/Byzio 2004, 111 f.).

Die „konstruktiv-pragmatische Wende“ innerhalb der Ökologiebewegung war von einer Aufbruchstimmung begleitet, die mit der für viele Beteiligte neuartigen Erfahrung zusammenhing, tatsächlich etwas bewegen zu können. Verglichen mit der „utopischen Phase“, in der es vor allem darum ging, durch öffentliches Propagieren eines „sanften Energiepfads“ Handlungsperspektiven zu eröffnen und Handlungsmotivationen zu verstärken, standen die Praktiker der konstruktiven Wende nun allerdings vor einer drastisch veränderten Aufgaben- und Problemstellung: Sofern sie sich nicht auf eher symbolische Aktivitäten beschränken wollten, mussten sie dafür sorgen, dass eine auch quantitativ relevante Verbreitung der erneuerbaren Energien in einem überschaubaren Zeitraum und nicht erst in utopischer Ferne bewerkstelligt werden konnte. Vor allem mussten sie Handlungsformen entwickeln, mit deren Hilfe sie, als Bürger, die bis dahin zumeist nur als Verbraucher mit dem Stromsystem zu tun hatten, auf einer ökonomisch tragfähigen Basis selbst Strom produzieren konnten. Denn die Entwicklungsperspektive der

¹⁹ Die inhaltliche Bandbreite der Projekte reichte vom Bereich „Energie“ (z.B. Energiesparprojekte oder Projekte zur regenerativen Energiegewinnung) über Projekte in den Bereichen „Verkehr“, „Abfall“, „Ernährung/Landwirtschaft“, „Konsum“, „Bauen/Wohnen/Garten“ bis hin zu thematisch übergreifenden Projekten. Aus einer tabellarischen Aufstellung über Laufzeit und Beginn der Projekte geht hervor, dass von 108 einbezogenen Projekten mit unbefristeter Laufzeit nur vier vor 1985 gegründet wurden; vgl. Sibum/Hunecke 1997, Tabelle 9, 48 sowie die Übersicht über die recherchierten Projekte, 102 ff.

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen wurde nicht nur von der gesellschaftlichen Basis aus propagiert, sondern sie sollte auch entsprechend der oben beschriebenen Grundprinzipien *bottom-up*, d.h. aus der Zivilgesellschaft heraus verwirklicht werden. Doch im Rahmen welcher Strukturen und mit welchen finanziellen Mitteln sollte dies geschehen? Die Protagonisten konnten dabei weder auf Organisationen oder Institutionen zurückgreifen, die auf so etwas wie die alternative Stromerzeugung zugeschnitten gewesen wären, noch verfügten sie über potente Geldgeber, die ihnen Risikokapital für ihre Projekte zur Verfügung gestellt hätten. Im Bereich der Windenergienutzung, die sich von vornherein als die (in Bezug auf die jeweils möglichen kleinsten Erzeugungseinheiten) kapitalintensivste Form der alternativen Stromproduktion erwies, entwickelte sich die gemeinschaftliche Handlungsform „Bürgerkraftwerk“ in der Rechtsform der GmbH & Co KG zu einer tragenden Säule des Verbreitungsprozesses.²⁰ Im Bereich der Fotovoltaik dagegen konnten auch einzelne Privathaushalte in die Stromproduktion einsteigen. In beiden Bereichen sowie selbstredend im Bereich der landwirtschaftlichen Biogasverstromung spielten zudem landwirtschaftliche Betriebe eine wichtige Rolle (worauf wir unten in einem gesonderten Abschnitt eingehen werden).

Die Grundidee des *Bürgerkraftwerkes* bestand darin, die Finanzierung der Anlagen zur Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ähnlich einem Umlageverfahren auf einen hinreichend großen Personenkreis aufzuteilen, um das finanzielle Risiko auf viele (unter Umständen auf mehrere hundert) Schultern zu verteilen. Als deutscher Prototyp eines solchen gemeinschaftlichen Finanzierungs- und Betriebsmodells kann das bereits erwähnte Bürgerwindprojekt „Windkraft Wedel“ gelten, das Ende der 1980er Jahre im Raum Hamburg gegründet wurde. Seine Initiatoren konnten sich an dänischen Vorbildern orientieren, da sich die soziale Erfindung der „Genossenschaftswindmühle“ bereits ab Ende der 1970er Jahre im nördlichen Nachbarland verbreitet hatte. Die Übernahme dieses Konzepts lag auch deshalb nahe, weil es vom Gedanken basisdemokratischen kollektiven Handelns geprägt war, der in der Ökologie- und Alternativbewegung populär war. Die Bedeutung des Konzepts „Bürgerkraftwerke“ für die Entwicklung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien liegt nicht nur darin, dass es in Gestalt des Bürgerwindparks bis gegen Mitte der 1990er Jahre eine wichtige Anschubbedin-

²⁰ Genauere Zahlen über den quantitativen Anteil der Bürgerwindkraftanlagen liegen nicht vor. Bekannt ist, dass die Struktur der vom „250-Megawatt-Programm“ insgesamt (d.h. von 1989 bis 1997) geförderten Betreiber als größte Gruppe die Landwirte mit einem Anteil von 49 Prozent aufwies, gefolgt von „Betreibergemeinschaften“ und „Betriebsgesellschaften“, die zusammen 34 Prozent ausmachten. Hinter dieser Unterscheidung verbirgt sich laut Durstewitz et al. (2003, 4 f.) allerdings keine scharfe Trennung zwischen nicht-gewerblichen und gewerblichen Windkraftprojekten, da unter die Rubrik „Betriebsgesellschaft“ auch Bürgerbeteiligungsprojekte und unter die Rubrik „Betreibergemeinschaft“ auch Zusammenschlüsse von mehreren Landwirten fallen könnten. Außerdem müsse berücksichtigt werden, dass die vom „250-Megawatt-Programm“ erfasste Betreiberstruktur nur bis einschließlich 1992 für die gesamte Betreiberstruktur aussagekräftig gewesen sei, da „seit 1993 (...) der weitaus größte Teil der in Deutschland neu installierten WEA außerhalb des 250 MW Wind-Programms errichtet“ worden sei.

gung für die expansive Entwicklung des deutschen Windkraftsektors war (siehe hierzu ausführlicher: Byzio et al. 2002, 272 ff.). Vielmehr wurde es im Laufe der 1990er Jahre in zum Teil modifizierter Form auch im Fotovoltaiksektor erprobt, wo es heute zu einer der tragenden Säulen der Erschließung neuer Nutzerkreise geworden ist (siehe unten).

Wenngleich die Genossenschaftsidee des dänischen Konzepts etlichen Windkraftpionieren aus der Umweltbewegung als die attraktivste bzw. mit ihren Überzeugungen am stärksten übereinstimmende Organisationsform erschien, so konnte sie sich dennoch nicht durchsetzen. Schon die ersten Bürgerwindprojekte wählten die GmbH & Co. KG als die für ihre Zwecke praktikabelste organisatorische Lösung und nahmen damit eine folgenreiche Weichenstellung vor. Einer der ausschlaggebenden Gesichtspunkte für diese Entscheidung war die damit gesicherte Haftungsbeschränkung für die Geld gebenden Kommanditisten und Gesellschafter – was für die Minimierung der finanziellen Risiken sehr wichtig war. Ein zweiter Grund bestand darin, dass die alternativen Stromproduzenten sich mit dem Kauf und dem Betrieb von Windrädern unweigerlich in die Sphäre ökonomischen Handelns begaben. Entsprechend waren sie daran interessiert, als berechenbare Geschäftspartner akzeptiert zu werden, etwa von Firmen, denen sie Windkraftanlagen oder Serviceleistungen abkaufen, oder von staatlichen Instanzen, deren Fördermittel sie in Anspruch nehmen wollten (Byzio et al. 2002, 303). Im Rückblick zeigt sich, dass mit der Entscheidung der frühen Bürgerwindgruppen für die GmbH & Co. KG der Grundstein für zeitlich und organisatorisch stabile Projekte im Bereich regenerativer Stromerzeugung gelegt wurde. Diese Rechtsform legte die Herausbildung projektinterner arbeitsteiliger Strukturen der Entscheidungsfindung und Aufgabenbewältigung nahe, wobei der basisdemokratische Anspruch der Gründerphase im Laufe der Zeit zumeist in formale Verfahren organisationsinterner Kontrolle mündete, z.B. die alljährlich stattfindende Kommanditistenversammlung als Kontrollinstanz gegenüber der Geschäftsführung (vgl. Byzio et al. 2002, 302 ff., 326 ff., 298 ff.). Für die Gesamtentwicklung des Windenergiebereichs noch wichtiger war, dass die Organisationsform der GmbH & Co. KG bei entsprechender projektinterner Weichenstellung zum Sprungbrett in die Professionalisierung und Verbetrieblung wurde. Aus zunächst ehrenamtlich tätigen wurden bezahlte Geschäftsführer, die unter den ab 1991 verbesserten Förderbedingungen einen expansiven, auf Gewinnerzielung ausgerichteten Kurs einschlugen und durch die – inzwischen auch überregionale – Einwerbung von weiteren Geld gebenden Kommanditisten die Finanzierungsbasis verbreiterten. Solche nach wie vor stark im Umfeld der Bürgerwindgruppen verwurzelten Betriebsgründungen lieferten überdies die Blaupause für etliche von vornherein kommerziell orientierte Neugründungen, die den „Windkraft-Boom“ Mitte der 1990er Jahre auslösen sollten.

Am „Bürgerkraftwerk“ zeigt sich sehr deutlich, wie mit der praktischen Umsetzung der Innovation „Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien“ zwar

Ideale der Alternativ- und Ökologiebewegung verwirklicht wurden, sich gleichzeitig aber auch Praktiken etablierten, die von den utopischen Ausgangsvorstellungen erheblich abwichen. So entsprach das „Bürgerkraftwerk“ einerseits dem Ideal eines basisdemokratischen, kollektiven Handelns. Im Kontrast zum etablierten System, das von großen Konzernen und ihren großtechnischen Anlagen dominiert wurde, produzierten Bürger Strom, und zwar in selbst gewählten Organisationsformen und auf der Grundlage alternativer Techniken. Andererseits jedoch entfernte sich die Praxis der Verwertung dieses Stroms vom Ideal der sich selbstversorgenden kleinen Einheiten. Da die Ende der 1980er, Anfang der 1990er Jahre am Markt erhältlichen dänischen Windkraftanlagen bereits einige Hunderttausend D-Mark kosteten und da der an den ersten gemeinschaftlichen Windkraftprojekten interessierte Teilnehmerkreis in der Regel nicht aus wohlhabenden, sondern vorwiegend aus normal-, zum Teil aus gering verdienenden Personen bestand, musste der Kreis der Finanziere einer solchen Gemeinschaftsanlage notwendigerweise recht groß sein. Dies bedeutete immer auch eine gewisse lokale oder regionale Streuung des Teilnehmerkreises, so dass die in der „utopischen Phase“ noch stark im Vordergrund stehende Idee der Selbstversorgung kleiner überschaubarer Einheiten nicht zu realisieren war. Es überrascht somit nicht, dass die Pioniere der deutschen Bürgerwindprojekte die Idee der Selbstversorgung von Anfang an nicht in Betracht gezogen haben, sondern hierin eine nicht zukunfts-trächtige Nischenlösung sahen. Ihr Ansatz sah vielmehr von vornherein die Einspeisung des selbstproduzierten Stroms ins bestehende Versorgungssystem vor und setzte damit ein sowohl technisches wie auch ökonomisches Arrangement mit den vorhandenen Systemstrukturen voraus.

Die Entscheidung für die Netzeinspeisung war eine Weichenstellung, mit der sich die Innovation von Entwicklungsansätzen entfernte, die einen radikalen Systembruch voraussetzten. Die Entwicklung ging nicht in Richtung kleiner autarker Versorgungseinheiten, sondern primär in die – ökologische – Richtung einer Substitution fossiler und atomarer Produktionskapazitäten mithilfe einer teilweisen Integration in etablierte Versorgungsstrukturen. Der mit der Innovationsentwicklung angestrebte Paradigmenwechsel bekam damit eine geringere Reichweite. Allerdings war auch diese Umsetzungsrichtung der Innovation geeignet, den ökonomischen Ansprüchen der handelnden Akteure gerecht zu werden. Deutlich wird das, wenn wir die anfangs übliche Richtschnur für die Höhe der finanziellen Beteiligung an Windkraftanlagen betrachten: Jeder der Beteiligten sollte nach Möglichkeit so viele Anteile zeichnen, dass er das von ihm persönlich bzw. im eigenen Haushalt verbrauchte Quantum Strom über die Windkraftanlage selbst produzierte – *„oder sogar mehr, d.h. nicht nur den Strom, den ich im Haushalt verbrauche, sondern auch den Strom, an den ich über Industrie und Verkehr und sonst irgend etwas beteiligt bin“*.²¹ Insofern wurde die ökologisch-alternative Utopie der energetischen Graswurzelre-

²¹ Interview mit einem hannoverschen Windkraftpionier.

volution im neuen Gewand verwirklicht. Im Vordergrund stand nicht mehr die Vision von sich mehr und mehr ausbreitenden selbstversorgenden kleinen Einheiten, sondern die Hoffnung auf die vielen neuen an Bürgerkraftwerken beteiligten Energieerzeuger: „Das war ja auch ein sehr schöner Gedanke, die Windenergienutzung so auf breite Füße zu stellen und in der Bevölkerung fest zu verankern, mit dem Gedanken im Grunde genommen: Ich verbrauche Strom, aber ich gucke auch, dass ich als Erzeuger auftrete und den Strom, den ich verbrauche, ökologisch auch wieder erzeuge.“²²

Wie wir oben bereits zeigten, spielte der *Privathaushalt* (bzw. die über den Einzelhaushalt hinaus gehende Hausgemeinschaft) in den utopischen Entwürfen alternativer Energiesysteme eine zum Teil zentrale Rolle, und zwar auch, was die Eigenproduktion von Energie aus erneuerbaren Energiequellen anbelangt. So gingen z.B. Ökohaus-Konzepte davon aus, dass die Bewohner ihren Energiebedarf aus Sonnenenergie, selbsterzeugtem Biogas und einem eigenen Windgenerator deckten. Doch mit der konstruktiv-pragmatischen Wende der Umweltbewegung stellte sich heraus, dass solche weit reichenden Vorhaben, weil sie nur schwer in die Alltagspraxis zu integrieren waren, kaum realisiert wurden. Auch in avancierten (deutschen) Öko-Wohnprojekten der 1980er und 1990er Jahre beschränkte sich der Einsatz erneuerbarer Energie auf fotovoltaische bzw. solarthermische Anlagen.²³ Die Idee der umfassenden Selbstversorgung durch die Kombination verschiedener erneuerbarer Energiequellen erwies sich als nicht praktikabel. Dennoch blieb der Ansatz, Energie direkt im Privathaushalt zu produzieren, für die Entwicklung von Fotovoltaik und solarthermischer Warmwassererzeugung äußerst wichtig. Während die Windkraftentwicklung zunehmend im Zusammenhang mit Ideen kollektiv-zivilgesellschaftlicher Energieproduktion vorankam, wurde die Diffusion von Fotovoltaik und Solarthermie in erheblichem Maße von Eigenheimbesitzern getragen. Damit zeigt sich ein wichtiger Aspekt der zweiten Entwicklungsphase alternativer Stromproduktion: Es ging darum, Umsetzungsformen aufzuspüren, die für die Entwicklung der einzelnen Techniken jeweils adäquat waren. Die kleinen Fotovoltaik- und Solarthermieanlagen waren aufgrund der für sie typischen modularen Bauweise praktikable Lösungen für einzelne Privathaushalte. Zwar steckte die Verbreitung der beiden Techniken Ende der 1980er, Anfang der 1990er Jahre noch in den Anfängen. Sie wurde aber bereits durch erste Förderprogramme unterstützt, die den gewählten Anwendungskontext gezielt stabilisierten. Das bereits erwähnte 1000-Dächer-Programm richtete sich aufgrund der geförderten Anlagengröße (zwischen einem und fünf kWp) explizit an Eigenheimbesitzer, die nun zum ersten Mal in größerer Zahl zu Produzenten von regenerativ erzeugtem Strom wurden. Was die Nutzung der Fotovoltaik

²² Ebenda.

²³ Siehe hierzu eine vom Soziologischen Forschungsinstitut Göttingen (SOFI) und der Arbeitsgruppe Stadtforschung der Universität Oldenburg Mitte der 90er Jahre durchgeführte empirische Studie zu ökologischen Bau- und Wohnprojekten in der Bundesrepublik (13 Projekte) und Dänemark (2 Projekte), insbesondere die Übersicht 1, 32 sowie die Kurzportraits der untersuchten Wohnprojekte, 185 ff.; vgl. Gestring et al. 1997.

attraktiv machte, war – neben dem Investitionszuschuss aus dem Förderprogramm – vor allem ihr ökologisches Image. Es entsprach dem Idealbild „sanfter Technologien“ (kein katastrophisches Risikopotenzial, nicht radioaktiv, emissionsfrei in der Anwendung, dezentral einsetzbar) und konnte überdies mit der Erwartung sozialer Anerkennung einhergehen, da die Anlagen gut sichtbar auf dem Hausdach installiert wurden.²⁴ Hinzu kam bei nicht wenigen Akteuren die Faszination von einer Technik, die damals noch kaum verbreitet und von hohem Neuigkeitswert war.²⁵ Für die Übernahme der Technik ins Eigenheim sprach darüber hinaus, dass sie sauber ist, eine unmittelbare Erfolgskontrolle erlaubt²⁶ und, sofern sie fachgerecht installiert wird, relativ wartungsfreundlich ist und wenig Arbeit macht. Auch im Bereich der Fotovoltaik hatte die Selbstversorgung mit dem erzeugten Strom von Beginn an nur eine marginale Bedeutung. Schon 1990/91 machten „Insellösungen“ weniger als 10 Prozent der installierten Leistung aus und ab dem Jahr 2000 verringerte sich ihr Anteil weiter.²⁷ Auch hier wurden also die alternativen Erzeugungstechniken zumindest insofern in die vorhandenen Systemstrukturen integriert, als der produzierte „Ökostrom“ in die allgemeinen Stromnetze eingespeist wird.

2.1.3. *Landwirtschaftliche Betriebe als Stromerzeuger*

Die neue staatliche Betreiberförderung fand ihren Adressaten jedoch nicht allein im Umfeld der Alternativ- und Ökologiebewegung, sondern ebenso in der Landwirtschaft. Viele Landwirte wurden im Laufe der 1990er Jahre zu „neuen Stromerzeugern“. Wie die anderen Akteure des alternativen Produktionspfades erzeugten auch sie Strom in kleinteiligen und dezentralen Anlagen. Von den Akteuren aus den neuen sozialen Bewegungen unterschieden sie sich jedoch in mindestens zwei Punkten. Zum einen knüpften ihre Aktivitäten an vorhandene betriebliche Strukturen an, die für diese Energieproduktion gute Voraussetzungen boten. Immerhin ist es das Kerngeschäft landwirtschaftlicher Betriebe, Biomasse anzubauen. Ob diese dann zur Herstellung von Nahrungsmitteln oder zur Energieproduktion (d.h. zur Umwandlung der in der Biomasse gespeicherten Energie in Wärme oder Strom) genutzt wird, macht für die Landwirte im Grunde keinen Unterschied. Landwirtschaftliche Betriebe besitzen zudem oftmals Flächen, die sich als Standorte für Windkraftanlagen eignen. Schließlich verfügen sie in der Regel über große

²⁴ Zum Vorreiter- bzw. Vorbildbewusstsein, das sich bei Bewohnern ökologischer Wohnsiedlungen entwickeln und auch mit dem Bedürfnis nach sozialer Abgrenzung einhergehen kann, vgl. Gestring et al. 1997, 130ff.

²⁵ Die Bedeutung der Technikfaszination als Motiv der frühen Fotovoltaikanwender wurde uns in den Interviews mit Vertretern von Solarinitiativen und -vereinen wiederholt bestätigt.

²⁶ Mittels einer üblicherweise vorhandenen Digitalanzeige des eingespeisten Stroms.

²⁷ So machten Inselanlagen 2004 nur noch gut 3 Prozent der installierten Leistung aller in Deutschland errichteten Fotovoltaikanlagen aus; vgl. die auf der website des Bundesverband Solarenergie e.V. (BSi) veröffentlichte Statistik „Photovoltaik 1990-2004“, URL: www.bsi-solar.de/marktdaten.asp.

Dachflächen, auf denen sich Solaranlagen installieren lassen. Die Landwirte unterschieden sich von den Bewegungsakteuren zum anderen aber auch darin, dass ökomoralische Überzeugungen für sie zwar wichtig sein konnten, jedoch in den meisten Fällen allenfalls als nachrangige Handlungsmotive fungierten.²⁸ Während viele Bürgergruppen und Privathaushalte primär aus Idealismus handelten und dabei notgedrungen ökonomisch denken mussten, um ihr Projekt über Wasser zu halten, engagierten sich die Landwirte von vornherein in erster Linie aus ökonomischen Motiven. In den 1980er Jahren und davor ging es den Pionieren der landwirtschaftlichen Windenergienutzung und der Biogasnutzung noch zumeist darum, sich durch die Eigenproduktion von den hohen Energiekosten der Stromversorger unabhängig zu machen.

Doch ein Trend wurde daraus erst mit dem Beginn der staatlichen Betreiberförderung Ende der 1980er Jahre (Windenergie) bzw. ihrer Fortentwicklung in späteren Jahren (Biogas). Im Bereich der Windenergie war dies so ausgeprägt, dass die Landwirte bis Mitte der 1990er Jahre sogar die dominierende Betreibergruppe waren (Durstewitz et al. 2003, 4). Die Bedeutung der Landwirte für die Windenergieentwicklung sank allerdings in Abhängigkeit von der weiteren Technikentwicklung. Je größer und teurer die Windrotoren wurden, desto weniger waren einzelnen Betreiber, d.h. auch einzelne Landwirte in der Lage, sich noch neue Anlagen zu leisten. Ihr Engagement war eine Durchlaufstation im Innovationsprozess des Windenergiesektors, weil ihre Handlungspräferenzen und -möglichkeiten auf Dauer nicht zum Technikfortschritt und den damit verbundenen ökonomischen Anforderungen passten. Ab Mitte der 1990er Jahre wuchs die Bedeutung anderer Akteure (vor allem der professionellen Betreibergesellschaften mit ihren Windfonds), die in der Lage waren, die Entwicklung fortzuführen. Die Windenergienutzung etablierte sich aufgrund dessen zunehmend in einem Handlungsraum zwischen den zunächst dominierenden zivilgesellschaftlichen und landwirtschaftlichen Kleinprojekten einerseits und den industriell-großtechnischen Strukturen der Energieversorgungsunternehmen andererseits.

Der *Biogassektor* jedoch ist bis heute ganz überwiegend an die Landwirtschaft und ihre Akteure gebunden. Die Entwicklung und Nutzung der Biogastechnik wurde dementsprechend im Vergleich zu den beiden anderen Techniksparten sehr viel stärker von den für landwirtschaftliche Betriebe geltenden ökonomischen, politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen bestimmt wie auch von den sich daraus ergebenden Handlungsrestriktionen und -möglichkeiten. So bestand eine entscheidende Handlungsrestriktion darin, dass es bis zum Inkrafttreten des Stromeinspeisegesetzes 1991 keinen mit dem 250-MW-Programm im Windenergiebereich oder auch mit dem 1000-Dächer-Programm für Fotovoltaik vergleichbaren einheitlichen Förderrahmen für die Biogasverstromung gab. Interessierte Landwirte konnten bestenfalls vereinzelte Förderungen in dem einen oder ande-

²⁸ Dies wurde uns in zahlreichen Expertengesprächen in den Bereichen Windenergie, Fotovoltaik und Biogas wiederholt bestätigt.

ren Bundesland in Anspruch nehmen. Diese Restriktion begrenzte den frühen Interessentenkreis für Biogasanlagen auf wenige Akteursgruppen. Als eine Keimzelle der modernen Biogasnutzung gilt die „Bundschuh-Biogasgruppe“, die aus einer (erfolgreichen) Protestbewegung gegen eine geplante Daimler-Benz-Teststrecke in Baden-Württemberg hervorging. Um 1985/86 errichtete diese Gruppe zusammen mit regionalen Landwirten einige Biogas-Hofanlagen. Aktiv wurden zunächst einzelne Landwirte aus dem Ökolandbau sowie sonstige „Überzeugungstäter“,²⁹ bei denen sich mehr oder minder ausgeprägte ökologische Motive mit dem praktischen Ziel verbanden, über die Verwertung der eigenen Gülle (und sonstiger geeigneter Bio-Abfälle) in der Biogasanlage einen hochwertigen und umweltgerechten Dünger sowie Prozesswärme zur Eigenversorgung ihres Betriebs zu erhalten. Die Stromeinspeisung wurde als zusätzliche Erwerbsquelle zunächst kaum ernsthaft in Betracht gezogen, da die Energieversorgungsunternehmen (vor 1991) nur relativ geringe Vergütungssätze gewähren wollten.³⁰ Zu den frühen Interessenten der Biogasnutzung zählte aber auch schon der eine oder andere für diese Technik aufgeschlossene konventionell arbeitende Landwirt mit Milchviehhaltung (da die dort anfallende Gülle sich für die Verarbeitung in einer Biogasanlage besonders gut eignet). Damit sich die frühen Biogasanlagen „rechneten“, wurden sie üblicherweise im Selbstbau errichtet. Eine Alternative dazu gab es auch deshalb nicht, weil vor den frühen 1990er Jahren keine professionellen Anbieter solcher Anlagen existierten. Die ersten Biogasprojekte wurden zumeist in Kooperation mit den wenigen Experten, die es auf diesem Gebiet damals gab, realisiert³¹ und waren auf jeden Fall auf einen hohen Eigenleistungsanteil der beteiligten Landwirte angewiesen. Da vielseitige technisch-handwerkliche Anforderungen sowie ein hoher Eigenleistungsanteil zu den strukturellen Merkmalen von landwirtschaftlichen Betrieben gehören, waren für einen solchen Weg der Technikadaption recht gute Voraussetzungen vorhanden.

Im Kontext der gesamten Innovationsentwicklung der alternativen Stromproduktion verstärkte der Biogasbereich die Tendenzen in Richtung auf eine technisch wie ökonomisch kleinteilige und dezentrale Stromproduktion. Dies gilt insbesondere deswegen, weil die Biogasnutzung in Deutschland stets von einer

²⁹ Wie einer der von uns interviewten Biogasexperten einen bestimmten Typus unter den Biogaspionieren bezeichnete.

³⁰ Laut einem in den späten 80er Jahren in der baden-württembergischen Bundschuh-Biogasgruppe aktivem Biogaspionier lagen die vom Energieversorgungsunternehmen in Aussicht gestellten Einspeisevergütungen zwischen 2 und 3 Pfennigen, was „ökonomisch überhaupt nicht tragbar“ gewesen wäre.

³¹ In Bayern handelte es sich dabei z.B. um den einen oder anderen wissenschaftlichen Mitarbeiter an der Fachhochschule Weihenstephan, der sich auf dieses Gebiet spezialisiert hatte und nun gemeinsam mit interessierten Landwirten in die praktische Umsetzung einstieg. In Baden-Württemberg (z.B. bei der Bundschuh-Biogasgruppe) und in Niedersachsen handelte es sich zum Teil um Studenten in den Bereichen Landwirtschaft oder Ingenieurtechnik (z.B. Maschinenbau), die sich schon während des Studiums für die Biogastechnik interessierten und in die Selbstbaupraxis einstiegen.

Dominanz der „Einzelhofanlage“ geprägt war. Gemeinschaftsanlagen mehrerer Landwirte, Bürgerbeteiligungsanlagen oder Genossenschaftskonzepte (die für die dänische Biogasentwicklung bestimmend waren) spielten als Organisationsform von Biogasprojekten hierzulande in der gesamten Entwicklung eine untergeordnete Rolle.³² Folgt man Umbach-Daniel, ist dies nicht allein auf bestimmte ökonomische Rahmenbedingungen und die Grundausrichtung der staatlichen Anwendungsförderung zurückzuführen, sondern auch auf typische Charakteristika der landwirtschaftlichen Struktur und Kultur in Deutschland. Als Beispiele hierfür nennt die Autorin den Wunsch vieler Landwirte, ökonomisch eigenständig zu bleiben, sowie die vor allem in Süddeutschland vorherrschende kleinbetrieblichen Strukturen in der Landwirtschaft. In solchen Strukturen habe sich die Biogastechnik zuerst verbreitet, wodurch die Ausrichtung der branchentypischen Verbandspolitik und die Strategien der Technikanbieter wesentlich geprägt worden seien (Umbach-Daniel 2002, 5ff. +138ff.).

Wie die GmbH & CO. KG im Bereich der Windkraftnutzung und der Privathaushalt im Bereich der Solarenergienutzung etablierte sich im Biogasbereich also vor allem der landwirtschaftliche Einzelbetrieb als tragfähige Organisationsform für die Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen.

2.2. Ursachen und Bedingungen des Erfolges

Wie im vorherigen Abschnitt gezeigt, bestand das hervorstechende Merkmal der ab Mitte der 1980er Jahre beginnenden zweiten Entwicklungsphase der erneuerbaren Energien darin, dass die Stromproduktion aus Wind-, Solar- und Bioenergie nun ihren utopischen Entwurfscharakter verlor und sich in konkretisierten Formen umsetzte. Erst jetzt konnte von einer nennenswerten Zahl „neuer“ Stromproduzenten und einer sozialen Ausdifferenzierung des Akteursfeldes gesprochen werden. Die nun einsetzende Verbreitung der alternativen Stromproduktion lässt sich an einigen Zahlen ablesen: So erhöhte sich die Anzahl der in Deutschland errichteten Windkraftanlagen von 548 im Jahr 1990 auf 7.875 Ende 1999.³³ Im gleichen Zeitraum nahm die Zahl der landwirtschaftlichen Biogasanlagen von ca. 100 auf 850 zu.³⁴ Im Bereich der Fotovoltaik war die installierte Leistung von 1,5 MWp im Jahr 1990 auf 69,5 MWp im Jahr 1999 steil angestiegen³⁵, was hieß, dass inzwischen viele Tausend kleiner Solaranlagen auf deutschen Eigenheim- und sonstigen Dächern installiert waren.

³² Umbach-Daniel (2002, 12) konnte auf Basis eigener Recherchen nur 15 Biogasgemeinschaftsanlagen ermitteln, was bei insgesamt 1650 Biogasanlagen im Jahre 2001 nur einem Anteil von knapp 1 Prozent aller in Deutschland betriebenen Biogasanlagen entsprach.

³³ Vgl. Reiche 2004, Tabelle 18, 66.

³⁴ Vgl. Reiche 2004, Tabelle 15, 57; Lucke 2002, Abbildung 5, 32.

³⁵ Quelle: die vom Bundesverband Solarindustrie e.V. (BSi) veröffentlichten Marktdaten. URL: www.bsi-solar.de/marktdaten.

In qualitativer Hinsicht führte die Entwicklung zu einer *sozialen Öffnung* des Produzentenspektrums: So wurden in dem genannten Zeitraum Hunderte (wenn nicht Tausende) von Landwirten zu Produzenten regenerativ erzeugten Stroms. Dabei handelte es sich zu einem großen Teil um konventionell wirtschaftende Betriebe, deren Inhaber in der Windkraft- oder Biogasanlage eine lukrative zusätzliche Einnahmequelle sahen. Etliche neue Windkraftprojekte konnten nicht zuletzt deswegen verwirklicht werden, weil es inzwischen möglich war, auch Interessenten außerhalb der grün-alternativen Insiderzirkel für Bürgerwindprojekte zu gewinnen. Im Solarenergiesektor eröffnete sich die Möglichkeit, das im Prinzip riesige Potenzial an Eigenheimbesitzern für die Nutzung solarthermischer und photovoltaischer Anlagen zu erschließen.

Im Anschluss an die Schilderungen im vorangegangenen Abschnitt wollen wir jetzt analysieren, aus *welchen Gründen* es zu dieser Art der Technikdiffusion sowie zur massenhaften Verbreitung alternativer Stromproduzenten gekommen war. Eine wichtige Triebkraft dieser Entwicklung haben wir bereits im vorherigen Abschnitt benannt: die ab Ende der 1980er Jahre einsetzende staatliche Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien, die wesentliche rechtliche und finanzielle Voraussetzungen dafür schuf, dass handlungsbereite Akteursgruppen ihre Projekte im Bereich der alternativen Stromproduktion umsetzen konnten. Die Verbreitungsschübe, die von bestimmten Förderprogrammen sowie vom Strom-einspeisegesetz ausgingen, gehörten insgesamt zu den auffälligsten Entwicklungen im Bereich der regenerativen Energien am Ende der 1980er und im Laufe der 1990er Jahre. Doch die Existenz früher Förderprogramme erklärt nicht hinreichend, wie es zu den genannten Diffusionswellen kommen konnte. Im Zentrum der Förderung standen finanzielle Anreize (Investitionszuschüsse; gesetzlich geregelte Einspeisevergütungen), die aber aufgrund des Pionierstatus, die die hier interessierenden Techniken zunächst hatten, für die Betreiber von Anlagen mit einer beträchtlichen Unsicherheit darüber verbunden waren, ob sich das eigene Projekt unterm Strich ökonomisch tragen oder aber zu Verlusten führen würde. Besonders unwägbar erschienen Projekte im Bereich der Biogasverstromung, da die garantierten Vergütungssätze hier niedriger als beim Windstrom lagen. Und bei der Fotovoltaik lief die staatliche Förderung jenseits des 1000-Dächer-Programms vollends ins Leere, da sie noch nicht einmal ansatzweise kostendeckend war.

Aber es war nicht nur die Barriere finanzieller Unsicherheiten, die es zu überwinden galt. Die Anwendung neuer, innovativer Techniken ist immer auch eine *Wissensfrage*, das heißt eine Frage der Wissenserzeugung, der Wissensvermittlung und der Wissensanwendung. Dies galt auch für die erneuerbaren Energien: Es ging nicht nur darum, ihren Bekanntheitsgrad als Alternative zur herkömmlichen Stromproduktion in der Öffentlichkeit zu steigern. Vielmehr ging es auch darum, potenziellen Technikanwendern ein ausreichendes Handlungswissen bereitzustellen sowie gegebenenfalls konkrete Handlungsangebote zu machen, die es ihnen

ermöglichten oder zumindest erleichterten, in die Nutzung regenerativer Energien einzusteigen.

In der (frühen) Verbreitung der erneuerbaren Energien stoßen wir damit auf ein aus der Innovationsforschung bekanntes Phänomen: Innovationen – seien sie technischer, sozialer oder institutioneller Art – werden von den potenziellen Akteuren in der Regel unter den Vorzeichen der *Ungewissheit* über ihre zu erwartenden Folgen sowie über ihre Vor- und Nachteile gegenüber dem (technischen, sozialen oder institutionellen) Status Quo wahrgenommen (Rogers 1983, 6+12ff.; zum Problem des „Ungewissheitszirkels“ radikaler Innovationen vgl. Rammert 2007, 25). Die *Verbreitung* von Innovationen kann dementsprechend als Prozess der Kommunikation und Interaktion zwischen sozialen Akteuren beschrieben werden, durch den es zur Reduktion von Ungewissheit sowohl bei den Innovatoren als auch bei den potenziellen Anwendern kommt (Rogers 1983, 5 f.; Esser 2000, 299 ff; Huber 2001 115ff.). Wir wollen den erfolgreichen Diffusionsprozess der erneuerbaren Energien im Folgenden als Prozess der Unsicherheitsreduktion begreifen und dabei seine wichtigsten Elemente und Mechanismen herausarbeiten.

2.2.1. *Multiplikatoren in einem dezentralisierten Diffusionssystem: Technikpioniere, „Change Agents“ und „Opinion Leaders“*

Der Innovationsforscher Rogers (1983, 333 ff.) verortet die von ihm untersuchten „Diffusionssysteme“ auf einem Kontinuum von (vollständig) zentralisiert bis (vollständig) dezentralisiert. Dementsprechend lässt sich die gegen Ende der 1980er Jahre einsetzende Verbreitung der regenerativen Energien als eine im hohen Maße *dezentralisierte Diffusion* einordnen. Während die Verbreitung von Innovationen in zentralisierten Systemen den Charakter einer Einbahnstraße hat und linear von oben nach unten, das heißt von Experten zu Anwendern erfolgt, ist für dezentrale Diffusionssysteme kennzeichnend, dass der Diffusionsprozess von den Nutzern selbst beeinflusst und kontrolliert wird (ebenda, 346). Die Innovationen entstehen nicht in formalisierten F&E-Systemen, sondern in lokalen Kontexten sowie unter Beteiligung oder Federführung experimentierender Laien, die dabei oftmals gleichzeitig als Entwickler und Nutzer der Innovationen in Erscheinung treten. Es sind somit lokale Einheiten, die darüber entscheiden, welche Innovationen durch horizontale Netzwerke diffundieren. Dementsprechend unterscheiden sich dezentrale von zentralen Innovationssystemen vor allem auch durch den Modus der Kommunikationsbeziehungen: „*Decentralized diffusion systems are based upon a convergence-type of communication, in which participants create and share information with one another in order to reach a mutual understanding*“ (ebenda).

Rogers' Charakterisierungen treffen im Kern auch auf die (frühe) Verbreitung der regenerativen Energien zu. Deren Diffusion wurde weder von einer zentralen Instanz gesteuert noch verlief sie in einem *top-down*-Prozess. Typisch war vielmehr eine von lokalen Schwerpunkten ausgehende Verbreitung in horizontalen Netzwerken. Die Voraussetzungen für einen solchen Diffusionsmodus waren dort

besonders günstig, wo bereits einschlägige Netzwerke existierten. Dies war vor allem der Fall innerhalb des milieuspezifischen Gefüges, das von der sich institutionalisierenden Umweltbewegung bzw. den miteinander personell vernetzten neuen sozialen Bewegungen insgesamt gebildet wurde. Eine pragmatisch gewordene Umweltszene bildete das Gravitationszentrum einer neuen „Kultur“ sozialökologischer Projekte und verfügte damit über Kommunikationskanäle und Netzwerkstrukturen, in denen sich „Erfindungen“ wie z.B. Umweltwerkstätten, Car Sharing oder Projekte und Initiativen im Bereich regenerativer Energien verbreiteten.³⁶ Aufgrund der anschaulichen Praxis und ihres exemplarischen Charakters blieb der Einzugsbereich solcher Projekte, das heißt die soziale Reichweite ihrer Diffusion, in der Regel nicht auf den inneren Zirkel der Ökologiebewegung beschränkt.

Dezentralisierte Diffusionssysteme sind auf bestimmte *Schlüsselakteure* angewiesen, deren wichtigste Funktion im Innovationsprozess darin besteht, zur Reduktion von Ungewissheit beizutragen. Sie werden damit zu dezentralen Multiplikatoren der Innovation und zu einer der entscheidenden Triebkräfte des Diffusionsprozesses. Wir wollen im Folgenden zwischen „Technikpionieren“, „Change Agents“ und „Opinion Leaders“ unterscheiden, die in ihrer jeweiligen Rolle an der Verbreitung der erneuerbaren Energien beteiligt und für das Funktionieren des dezentralisierten Diffusionsmodus unerlässlich waren. Sie trugen dazu bei, auf Grundlage der zunächst noch unverbundenen Verbreitung alternativer Stromerzeugung zunehmend regionale sowie überregionale „Szenen“ und Netzwerke von Techniknutzern zu etablieren.

Damit der Diffusionsprozess in Gang kommen konnte, musste es, wie im Fall anderer Innovationen auch, zunächst einen Kreis von *Technikpionieren* bzw. „*Innovatoren*“ geben, die die Risiken einer frühen Anwendung der Innovation auf sich nahmen sowie Mittel und Wege fanden, Ungewissheiten zu reduzieren und die Übernahme der Innovation durch neue Nutzer, das heißt durch die so genannten „frühen Adoptoren“, zu erleichtern.³⁷ So kristallisierte sich auch im Bereich der alternativen Stromproduktion der Typus des Innovators (bzw. der Innovatorengruppe) heraus, der genügend risikobereit war, um einen anwendungsfähigen *technischen* Prototyp (Windkraftanlage, Biogasanlage, fotovoltaischen Dachanlage) in Betrieb zu nehmen oder den Prototyp eines anwendungsfähigen *organisatorischen* Kontextes für den Betrieb regenerativer Energieerzeugungsanlagen (z.B. das Bürgerkraftwerk) zu entwickeln. Funktionierende Pioniermodelle waren praktisches Anschauungsmaterial für potenzielle Adoptoren und trugen dazu bei, handlungs-

³⁶ Wir haben einen solchen dezentralisierten und auf milieutypischen sozialen Netzwerkstrukturen gestützten Diffusionsmodus am Beispiel von Car Sharing, autofreiem Wohnen und den Bürgerwindprojekten der frühen 90er Jahre in einer früheren Studie eingehender untersucht; vgl. Byzio et al. 2002, 409ff.; zur Verbreitung von Bürgerwindprojekten innerhalb einer „grün-alternativen Szene“ vgl. ebenda, 316ff.

³⁷ Verschiedene Typen von Adoptoren können danach unterschieden werden, zu welchem Zeitpunkt sie die Innovation übernommen haben; vgl. Rogers 1983, 241ff.

hemmende Ungewissheiten über Nutzen und Nachteile der in Frage kommenden Innovation zu reduzieren. Das Ergebnis des Handelns der Pioniere war im Grunde ein konkretisiertes Handlungsangebot an nachfolgende Akteure, das zwar nicht unbedingt eine rundum fertige Lösung darstellte, aber immerhin ein wertvolles Bündel an Erfahrungswissen enthielt. Beispielhaft für die Bedeutung dieses Mechanismus ist das bereits erwähnte Bürgerwind-Pionierprojekt „Windkraft Wedel“, nach dessen Vorbild eine regelrechte Gründungswelle von Bürgerwindprojekten in Gang kam (Byzio et al. 2002, 316 ff.). Und auch die süddeutschen Solarvereine, die Ende der 1980er, Anfang der 1990er Jahre ins Leben gerufen wurden, machten die Erfahrung, mit ihrem Anliegen auf eine bereits latent vorhandene Nachfrage zu stoßen, die ihnen einen zum Teil unerwartet regen Zulauf verschaffte.³⁸ Der Kreis der frühen Adoptoren bestand nicht nur aus „Öko-Idealisten“. Die Tatsache, dass das 250-MW-Windprogramm bei seinem Start 1989 zunächst zu fast 70 Prozent von Landwirten in Anspruch genommen wurde (Durstewitz et al. 2003, Abbildung 2, 5), spricht für eine auch in dieser Interessengruppe bereits vorhandene latente Nachfrage, die nur noch freigesetzt werden musste. Aber auch unter den Landwirten musste es zunächst den Pionier geben, der sich den ersten Schritt zutraute. Es sei *„ein enormer Mut“*, so ein Zeitzeuge, *„den man damit beweist, auch wenn es erstmal nur kleinere Anlagen waren. Aber den ersten Schritt zu machen und zu sagen: Ich mache das, ich probiere das jetzt mal aus. Und wo dann im Nachhinein viele andere (Landwirte) festgestellt haben: Es geht.“* Auf diese Weise sei es dann bei den Landwirten zu dem – für dezentrale Diffusionsprozesse typischen – *„Schneeballeffekt“* gekommen.³⁹

Vielfach waren es diese Pioniere aus den frühen Windkraft-, Fotovoltaik- und Biogasprojekten, die dann auch in die für die Verbreitung von Innovationen wichtige offensive Rolle des *„Change Agents“* hineinwuchsen.⁴⁰ Voraussetzung war neben *„missionarischem Ehrgeiz“* und *intrinsic* Motivation ein ausreichendes Maß an organisatorischem Talent und an kommunikativen Fähigkeiten. Letztere durften sich nicht nur auf die Belange des eigenen Pionierprojekts beschränken, sondern mussten sich mit mindestens ebenso großer Intensität nach außen richten, um die potenziellen Adoptoren der Innovation erreichen zu können. Darüber hinaus waren etliche der Pioniere – auch dies ein typisches Kennzeichen von *Change Agents* – zu Experten *„ihrer“* Technik geworden. Ihr Expertenstatus beruhte dabei im Wesentlichen auf den Kompetenzen und Erfahrungen, die sie im

³⁸ So berichtet der Vorsitzende des 1993 gegründeten „Rosenheimer Solarfördervereins“: *„Ich hatte das Gefühl, dass so ein latentes Interesse für diese Technik in der Bevölkerung da ist, dass es aber kaum jemand gab, der dieses Interesse befriedigen konnte und darüber Informationen bringen konnte. So dass wir deshalb für viele Leute schon so eine Lücke gefüllt haben: Da kann man hingehen, da trifft man Gleichgesinnte, die auch in die Richtung gehen wollen. Das war schon so ein Kristallisationspunkt.“*

³⁹ Expertengespräch mit dem Geschäftsführer des Bundesverband WindEnergie e.V.

⁴⁰ Zur Rolle des *„Change Agents“* bei der Diffusion von Innovationen vgl. Rogers 1983, 312 ff.; vgl. auch Hübner/Felser 2001, 91, die die Funktion von *„Diffusionsagenten“* bei der Verbreitung von Solaranlagen hervorheben.

Rahmen ihres Engagements in einem Pionierprojekt erwerben konnten. Typisch für dieses Expertenwissen ist in den von uns untersuchten Bereichen, dass es zu einem guten Teil auf „Amateurbasis“, das heißt durch ehrenamtlichen Einsatz erworben wurde. Charakteristisch ist aber auch, dass dieses Wissen durch Kompetenzen gestützt oder erweitert wird, die sich der oder die Betreffende über den Beruf angeeignet hat. So hatten etliche Pioniere in den Bürgerwindprojekten eine technische oder naturwissenschaftliche Ausbildung (Byzio et al. 2002, 403), ähnliches trifft auch auf die Protagonisten im Solarenergiebereich zu. Bei den Biogaspionieren schließlich lag in der Regel eine enge Verbindung zu landwirtschaftlichen bzw. agrar- und ingenieurwissenschaftlichen Berufen vor.

Ein wesentlicher Vorteil dezentraler Change Agents ist ihre soziale Nähe zu den potenziellen Adoptoren. Sie erhöht die Chancen, dass beide Seiten die gleiche Sprache sprechen, sich an ähnlichen Normen orientieren und so rasch ein wechselseitiger Verständigungsprozess über die betreffende Innovation (z.B. über ihre technisch-organisatorischen Spezifika, über ihre Vor- und Nachteile usw.) eingeleitet werden kann. Soziale Nähe zwischen Change Agents und potenziellen Adoptoren äußerte sich bei der Verbreitung alternativer Stromproduktion zum Beispiel darin, dass beide Seiten dem soziokulturellen Milieu der Umweltbewegung angehörten (oder ihm zumindest nahe standen). Soziale Nähe lag aber auch dort vor, wo – wie im Fall der Biogastechnik – die beteiligten Akteure gemeinsam einem landwirtschaftlich geprägten sozialen Umfeld entstammten. Sie bestand schließlich auch bei der Solarenergie, da deren Promotoren und Anwender ganz überwiegend ähnlichen Mittelschichtgruppen angehörten.

Wichtig ist, dass die Aktivitäten dezentraler Change Agents nicht auf einen „latenten Zentralismus“ abzielen, sondern den dezentralisierten Diffusionsmodus unterstützen und perpetuieren. In den von uns untersuchten Diffusionsprozessen wurde Dezentralität nicht selten zu einem eigenständigen Ziel, an dem zumindest ein Teil der Akteure, die die Funktion von Change Agents übernommen hatten, ihr Handeln ausrichteten. So stand für etliche der frühen Windkraftpioniere nicht so sehr die Expansion des eigenen Projekts im Vordergrund, sondern die Idee einer Graswurzelrevolution aus vielen kleinen Windstromproduzenten, deren Verbreitung sie mit vorantreiben wollten. Auch die Entwicklung im Biogassektor, die, wie sich zeigte, fast ausschließlich von der Einzelhofanlage dominiert wird, geht nicht zuletzt auf den dezentralen Ansatz zurück, den schon etliche der Biogaspiere vertreten und als Multiplikatoren mit voran getrieben haben. Und dass sich in Bayern Anfang der 1990er Jahre eine stark dezentralisierte, aber gleichwohl eng vernetzte Solarenergieszene herausbilden konnte, hatte viel mit der Dezentralisierungsstrategie einer 1989 in Freising gegründeten Pioniergruppe regionaler Multiplikatoren zu tun. Deren Konzept beruhte darauf, ein stark dezentralisiertes Netz von Solarinitiativen und -vereinen in Bayern ins Leben zu rufen, über das sich die Solarenergienutzung jeweils im lokalen Rahmen weiter verbreiten sollte. Auf diese

Weise konnte in den folgenden Jahren ein Verbund von über 120 beteiligten Organisationen geschaffen werden.⁴¹

Für Change Agents ist charakteristisch, dass sie den sozialen Prozess der Diffusion einer Innovation „gezielt und effizient initiieren, organisieren und gestalten“ (Hübner/Felser 2001, 91). Daneben gibt es im Rahmen der hier interessierenden Diffusionsprozesse eine weitere „Schlüsselfigur der sozialen Interaktion“. Der Typus des *Meinungsführers* (oder „*Opinion Leader*“), wie er von der Diffusionsforschung beschrieben wird, zeichne sich, so Hübner/Felser, dadurch aus, dass er „viele persönliche Beziehungen“ habe und „sozial besonders gut integriert sei“ (ebenda). Meinungsführer sind im Vergleich zu Change Agents somit nicht unbedingt die aktiv gestaltenden Promotoren einer Innovation, können aber dennoch, sofern sie zu den frühen Adoptoren einer Innovation zählen, zu wichtigen Multiplikatoren einer Neuerung werden, da sie innerhalb ihrer *peer group* eine besondere Vorbildfunktion haben und überdurchschnittlichen Einfluss auf das Verhalten der anderen ausüben. Wie Untersuchungen zur Verbreitung von Solaranlagen unter Eigenheimbesitzern zeigen, macht sich die Wirkung von *Opinion Leadership* unter anderem beim „Nachbarschaftseffekt“ – oder „Nachahmungseffekt“ – bemerkbar. Typisch sei, dass sich Solaranlagen inselartig auf den Dächern einer Stadt ausbreiteten: „*Wo einzelne Nachbarn eine Solaranlage installiert hatten, setzte sich die Installation von Solaranlagen auch bei anderen Nachbarn durch*“.⁴²

Der Schluss liegt nahe, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit von Diffusionsstrategien in dem Maße zunimmt, in dem es gelingt, Meinungsführer in den Prozess mit einzubeziehen und ihre besondere Wirksamkeit als Multiplikatoren von Innovationen zu nutzen. Aus empirischen Untersuchungen ist bekannt, dass Meinungsführer überdurchschnittlich häufig Kontakte zu Change Agents aufweisen – bzw. letztere überdurchschnittlich häufig versuchen, Meinungsführer in den Diffusionsprozess einzubeziehen (Rogers 1983, 281 ff.). Kennzeichnend für die Entwicklung der bayerischen Solarinitiativen ist zum Beispiel, dass sie (auch heute noch) gezielt versuchen, potenzielle Multiplikatoren, z.B. aus dem Bereich der Lokalpolitik, des lokalen bzw. regionalen Handwerks oder der Kirchen in ihre Strategie mit einzubeziehen (siehe unten, Kap. II.3.1). Aber auch wenn es eine solche gezielte Strategie nicht gibt: Meinungsführer unter den frühen Adoptoren einer Innovation tragen im besonderen Maße dazu bei, dass innerhalb des eigenen sozialen Umfelds die Ungewissheiten und wahrgenommenen Risiken einer innovativen Technikanwendung aus der Sicht potenzieller Nutzer geringer werden. Insbesondere wenn es sich dabei um eine finanziell umfangreichere Investition handelt, geht es immer auch um Vertrauen, was die Rolle der Meinungsführer unter den Innovatoren noch einmal aufwertet. Aus der Sicht eines Insiders der

⁴¹ Expertengespräch mit einem Gründer der Freisinger Solarinitiative und erstem Sprecher der „Arbeitsgemeinschaft Bayerischer Solarinitiativen“.

⁴² Hübner/Felser 2001, 23 (unter Bezug auf eine US-amerikanische Untersuchung aus den frühen 1980er Jahren).

Windkraftszene traf dies auch auf die frühe Verbreitung von Windkraftanlagen unter den Landwirten zu, da hier jeder einzelne, sofern er sich nicht einer Betreibergemeinschaft anschloss, zu einer Investition von mehreren Hunderttausend D-Mark bereit sein musste.⁴³

2.2.2. Die Institutionalisierung innovativer Szenen und Netzwerke

Die dezentralen Change Agents und Opinion Leaders waren auch wichtig für das Zustandekommen von Institutionalisierungsprozessen, die über die zunächst geografisch verstreuten Aktivitätszentren hinausreichten. Im Verlauf solcher Prozesse entwickelten sich zunächst regionale, später auch überregional vernetzte „Szenen“, die zu Schauplätzen eines mehr oder minder intensiven Wissens- und Erfahrungstransfers wurden. Im Falle funktionierender Austauschbeziehungen konnten sich dabei „szenetypische“ Routinisierungen von Entscheidungs- und Handlungsmustern entwickeln, was wiederum dazu beitrug, Zeit und Kosten bei der Planung und Realisierung sowie in der Betriebsphase regenerativer Energieanlagen zu sparen. Was sich hier herausbildete, waren Innovationsnetzwerke, in denen der Wissenstransfer zum Teil direkt von den Pionierprojekten und ihren Change Agents ausging wie zum Beispiel im Fall einiger früher Solar- oder Bürgerwindprojekte. Wissenstransfer fand überdies auf Informationsveranstaltungen, Meetings, Tagungen, Messen oder „Lehrfahrten“ statt, die im Zuge der sich institutionalisierenden Windkraft-, Solarenergie- oder Biogas-Szene an Bedeutung gewannen.

Mit der Zeit ging die regionale und überregionale Institutionalisierung von innovativen Szenen und Netzwerken immer mehr über die Ebene des eher informellen Wissens- und Erfahrungsaustausch hinaus. Vor allem in den 1990er Jahren professionalisierten und ökonomisierten sich die Szenen zunehmend. Diese Entwicklung erfasste sowohl die Windenergie- als auch die Biogas- und die Solarenergieszene, wies von Szene zu Szene allerdings unterschiedliche Verlaufsformen und Geschwindigkeiten auf. Die folgenden vier Merkmale waren jedoch für den Diffusionsprozess in allen drei Umsetzungsbereichen der untersuchten Innovation bedeutsam.

Das erste Merkmal ist die Gründung von *bereichsspezifischen Verbänden*. Die Windkraftszene wies anfangs (Ende der 1980er Jahre) mit der Deutschen Gesellschaft für Windenergie (DGW) und dem Interessenverband Windkraft Binnenland (IWB) eine duale Verbandsstruktur auf. 1996 erfolgte der Zusammenschluss zum Bundesverband WindEnergie (BWE). Im Biogassektor wurde 1992 der bis heute mitgliederstärkste Verband, der Fachverband Biogas e.V., gegründet. Im Solarenergiesektor gab es Anfang der 1990er Jahre bereits zwei Organisationen: die 1975 ins Leben gerufene Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) sowie den 1979 gegründeten Bundesverband Solarindustrie (BSi), der sich zunächst als Interessenvertretung der mittelständischen Solarthermiewerhersteller ver-

⁴³ Expertengespräch mit dem Geschäftsführer des Bundesverband WindEnergie e.V.

stand (Reiche 2004, 106). Die 1998 gegründete Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft (UVS) war bereits Ausdruck des beginnenden Booms des deutschen Solarsektors. Die Verbände übernahmen wichtige Multiplikatorfunktionen, etwa durch die Herausgabe von Zeitschriften, durch professionelle Öffentlichkeitsarbeit oder durch Lobbyarbeit im politischen Raum. Die hauptamtliche Mitarbeiter in den Verbandszentralen (sowie in regionalen Gliederungen wie beim Bundesverband WindEnergie) wurden zu wichtigen Beratern für Mitglieder und Interessenten und fungierten damit auch als professionelle Change Agents.

Das zweite Merkmal ist die Entstehung bzw. Erweiterung einer *professionellen Herstellerszene*. Die ab Anfang der 1990er Jahre steigende Nachfrage nach Windkraftanlagen sowie nach Biogasanlagen in Deutschland eröffnete Marktchancen für professionelle Herstellerbetriebe. Dabei handelte es sich zum Teil um *StartUps*, etwa von Windkraftpionieren, die ihre ersten Prototypen noch „in der Garage“ zusammengebaut hatten, oder z.B. um Biogas-Enthusiasten aus der Bundschuhgruppe, die nun eine Chance sahen, sich mit einer Produktions- oder Planungsfirma selbstständig zu machen. Zum Teil waren es aber auch alteingesessene Anlagen- oder Maschinenbauer, die in die neuen Märkte einstiegen. Im Solarenergiebereich konnte die Anfang der 1990er Jahre zunächst insgesamt nur mäßig ansteigende Nachfrage nach solarthermischen und photovoltaischen Anlagen im Wesentlichen noch von den bereits existierenden Herstellern gedeckt werden. Erst gegen Ende der 1990er Jahre steigerte sich die Nachfrage, was zu einer Ausweitung und Ausdifferenzierung der Herstellerszene führte. Insgesamt gesehen resultierten aus der skizzierten Entwicklung zum einen stärker marktvermittelte Hersteller-Kundenbeziehungen. Zum anderen wurden auf Seiten der Hersteller nun zunehmend professionelle Diffusionsstrategien erforderlich, um neue Kunden zu gewinnen und die eigenen Marktchancen zu verbessern.

Als drittes Merkmal der Professionalisierung und Ökonomisierung der innovativen Szenen und Netzwerke entstand ein *Markt für anwenderbezogene Dienstleistungen*. Entsprechende Dienstleistungen wurden z.B. von professionellen Planungsbüros (unter anderem im Bereich der Windparkplanung), von Handwerksbetrieben mit der Spezialisierung auf Solaranlagen-Installation oder von öffentlichen Beratungseinrichtungen (z.B. von Energieagenturen oder kommunalen Solarberatungen) angeboten. Die verschiedenen Dienstleister fungierten in der von ihnen betreuten Techniksparte als Promotoren regenerativer Energietechniken und waren damit ebenfalls wichtige Multiplikatoren. Nicht selten wurden derartige Dienstleistungen überdies in bereits vorhandene Strukturen integriert: Zum Beispiel gingen Landwirtschaftskammern oder regionale Maschinenringe dazu über, Beratungsleistungen oder Entscheidungshilfen für Biogas-Interessenten anzubieten. In bestimmten Gemeinden konnten Interessenten für private oder gemeinschaftliche Solaranlagen nun einschlägige Informationen und Beratungsleistungen von dem kommunalen Klimaschutz- oder dem Agenda-21-Beauftragten erhalten.

Das vierte Merkmal ist schließlich die Herausbildung *professioneller Betreiberszene* – wobei die Entwicklung in den hier interessierenden Techniksparten ganz unterschiedlich verlief: Im Bereich der Biogasnutzung gab es von vornherein eine überaus starke professionelle Anbindung an landwirtschaftliche Betriebe. Betreibermodelle auf zivilgesellschaftlicher Basis spielten in diesem Sektor eine zu vernachlässigende Rolle. Ganz anders im Windkraftsektor: Hier war die Entwicklung zu Beginn von einem Nebeneinander landwirtschaftlicher Anlagenbetreiber und zivilgesellschaftlicher Betreibergemeinschaften gekennzeichnet. Ab Mitte der 1990er Jahre veränderte sich die Betreiberszene jedoch grundlegend: Neue Anlagen wurden immer seltener von Landwirten installiert, vielmehr wurde die Expansion des Windenergiesektors nun von professionalisierten gewerblichen Betreibern getragen. Im Bereich der Fotovoltaik schließlich setzte die Professionalisierung mit der Entwicklung kommerzieller Betreibermodelle für Großanlagen erst gegen Ende der 1990er Jahre ein. Insgesamt gesehen hatte der Strukturwandel auf Betreiberseite zur Folge, dass die Technikdiffusion im Bereich regenerativer Energien zunehmend von Marktmechanismen und darauf abgestellten Strategien bestimmt wurde. Charakteristisch war aber auch, dass in Teilbereichen der Gesamtentwicklung (insbesondere im Solarenergiesektor) die zivilgesellschaftlich vernetzten Diffusionswege und -mechanismen der Frühphase erhalten blieben und nach wie vor relevant sind (siehe unten, Kap. II.3.1).

2.2.3. Die Bedeutung netzwerkinterner Rückkoppelungsprozesse

Funktionierende Netzwerkbeziehungen auf Basis „vertrauensbasierter Kooperation“ zwischen den beteiligten Akteuren verringern technologische Unsicherheit und Marktintransparenz und ermöglichen zudem die Weiterentwicklung von Technik nach dem Muster „rekursiver Innovationsprozesse“ (Kowol/Krohn 1995). Die Innovationsforschung verwendet den Begriff *Rekursivität*, um auszudrücken, dass eine Neuerung nicht bereits als „fertige“ Innovation die Entwicklungsabteilung eines Unternehmens verlässt und dann in einem vollständig antizipierten Anwendungskontext wie vorgesehen funktioniert. Vielmehr seien verschiedene Impulse aus dem Anwendungskontext mit dem Herstellungskontext rückgekoppelt, wodurch eine (Aufwärts-)Spirale „rekursiver Kreativität“ (Degele 1997) bzw. „rekursiven Lernens“ (Krohn 1997) in Gang kommen könne. Entsprechende Impulse könnten in ganz unterschiedlichen Formen auftreten – als spontane Weiterentwicklungen, als Aufdecken von Fehlfunktionen, als „Entdeckung“ neuer Anwendungsmöglichkeiten oder gar als vollständige Neuinterpretationen des Anwendungskontextes der Innovation. Die jüngere soziologische Innovationsdebatte hat gezeigt, dass Erklärungsansätze, die Ursachen und Wirkungen von Innovationsaktivitäten über solche Rückkopplungsschleifen erfassen, realitätshaltiger bzw. leistungsfähiger sind als „*Technology-push*“- oder „*Demand-pull*“-Ansätze, die mit eindeutigen Kausalitätsrichtungen argumentieren. Dies gelte insbesondere für die Untersuchung all jener Innovationsprozesse, in deren Rah-

men sich die Akteursbeziehungen netzwerkförmig institutionalisieren (Kowol/Krohn 1995, 79 ff.). Wenn wir uns also die Frage stellen, welche Faktoren und Impulse die uns interessierenden Innovationen ermöglicht und vorangebracht haben, dann finden wir die Antwort, indem wir den Blick noch etwas genauer als bisher auf die vielfältigen Interaktionen innerhalb der genannten Netzwerke und Szenen richten.

Im Rahmen der von uns einbezogenen Techniksparten ist die *Biogasnutzung* ein besonders evidentes Beispiel dafür, dass die „rekursive Aneignung von Technik“ (Degele 2002, 67) zum Motor der Innovation und ihrer Diffusion werden kann. Wie sich zeigte, war der Biogasanlagenbau in seiner Frühphase eine Selbstbaubewegung, bei der Hersteller und Anwender noch weitgehend identisch waren. Landwirte bauten unter Anleitung bzw. unter tätiger Mitwirkung von – zunächst zum großen Teil nicht-professionellen – Experten die ersten Biogasanlagen, deren Praxistauglichkeit in einem *Trial-and-Error-Verfahren* erprobt wurde. Die Resultate flossen dann als neues Expertenwissen in den Bau und die Erprobung weiterer Pionieranlagen ein, wodurch erneut praxisrelevantes Expertenwissen erzeugt wurde, das innerhalb der sich konstituierenden Biogasszene transferiert werden konnte. Der Prozess der funktionalen Differenzierung von sich professionalisierenden Anlagenplanern und -herstellern einerseits und landwirtschaftlichen Anlagenbetreibern andererseits begann in den frühen 1990er Jahren, wobei sich diese Entwicklung ganz überwiegend *innerhalb* der bereits bestehenden Netzwerkstrukturen der Biogasszene vollzog. Konkret bedeutete dies, dass einige der zunächst ehrenamtlich tätigen Biogas-Enthusiasten, aber auch der eine oder andere landwirtschaftliche Anlagenbetreiber den Schritt hin zum selbständigen Entwickler, Planer oder Hersteller von Biogasanlagen wagten. Entscheidende Handlungsressourcen waren dabei das in den Jahren zuvor erworbene Expertenwissen im Bereich der Biogastechnik sowie die Zugehörigkeit zu einem einschlägigen Akteursnetzwerk, womit sich die Risiken und Kosten eines Geschäftsstarts verringern ließen. Angesichts dieser Konstellation war eine weiterhin enge Rückkopplung zwischen Technikproduzenten und Technikanwendern garantiert.⁴⁴ Es waren aber nicht nur die engen sozialen Verflechtungen einer über Jahre zusammengewachsenen „Szene“, die solchen Innovationsnetzwerken Stabilität verliehen. Vielmehr spricht einiges dafür, dass die auf den ersten Blick überraschende Komplexität der Biogastechnik – sie umfasst mechanische Verfahren, biologische Prozesse und elektrotechnische Komponenten – den beteiligten Akteuren Innovationsstrategien nahe legte, die im Endeffekt auf dem Prinzip des „rekursiven Lernens“ beruhten. Dass „diese Technologie einfach sehr stark durch *Learning by doing*“ – auch heute

⁴⁴ So sei es „ein ganz typischer Werdegang, den ich da immer wieder beobachte“, dass es der Bruder des Landwirts und Biogasanlagenbetreibers gewesen sei, der „durch den Bau dieser eigenen Anlage am Hof so viel Know-how gesammelt hat, dass er sich gesagt hat, das könnte ich ja eigentlich auch weiter vermitteln. Davon haben wir einige. (...) So sind diese kleinen Planungsbüros in Gang gekommen.“ (Niedersächsischer Betreiber einer Biogasanlage und Präsidiumsmitglied des Fachverband Biogas e.V.)

noch – vorankomme, scheint unter den von uns befragten Biogasexperten weitgehend Konsens zu sein. Dass der Landwirt innovativer Experte für die Biogastechnik sei und auch bleiben werde, liege an der strukturellen Affinität von Biogaserzeugung und landwirtschaftlichem Produktionsprozess. Auch heute gelte, dass man im Biogasbereich „eben immer auch den Faktor Landwirtschaft“ habe: *„Eine Biogasanlage ist (...) ein lebendes Objekt, Sie müssen jeden Tag da hingehen und hinschauen, was die Bakterien machen. Sie müssen die füttern und pflegen und hätscheln und müssen auch ein Gefühl dafür haben. Sie müssen die Inputstoffe heranschaffen und nachher wieder ausbringen. Aus meiner Überzeugung wird dieser Faktor immer dazu führen, dass diese Entwicklung einer Zentralisierung, wo es die Investition gibt und dann läuft das, sich im Bereich der Biogasnutzung nicht so umsetzen wird.“*⁴⁵

Das von der Biogasszene geschaffene Innovationsnetzwerk begünstigte die Entwicklung und Verbreitung bestimmter *verfahrenstechnischer Innovationen*, die angesichts eines unter dem Stromeinspeisegesetz recht restriktiven staatlichen Förderrahmens die einzige Möglichkeit waren, die Handlungsoptionen und Investitionsmöglichkeiten der noch jungen Branche zu erweitern. Einen ersten entscheidenden Schritt in diese Richtung machten Mitte der 1990er Jahre einige – sowohl süd- als auch norddeutsche – Protagonisten der Biogasszene, die mit einer Alternative zur vorher üblichen nahezu ausschließlichen Gülleverarbeitung zu experimentieren begannen. Das Zauberwort hieß *„Kofermentation“*. Es bezeichnet die zusätzliche Verwendung von biogenen Abfällen aller Art als Gas erzeugende Gärsubstanz, was in der Praxis bedeutete, dass die Anlagen nun mit einer ganzen Palette von Inputstoffen gefahren werden konnten.⁴⁶ Die neue Verfahrensweise, die einen rentableren und stärker gewinnorientierten Anlagenbetrieb zu versprechen schien, da die Abnahme der Abfälle noch einmal extra vergütet wurde, diffundierte auf breiter Front innerhalb der Biogasszene und war vermutlich die wichtigste Ursache dafür, dass sich diese Szene in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre beträchtlich erweiterte (zum Beispiel durch konventionell wirtschaftende Landwirte, die ein weiteres ökonomisches Standbein suchten). Allerdings führte dieser Boom schnell zum Aufbau von Überkapazitäten und zum Preisverfall für die von den Biogasbauern erbrachte Dienstleistung der Abfallentsorgung. Die Biogasverstromung stieß damit auf ökonomisch bedingte Verbreitungsgrenzen, so dass die Biogasszene in eine Krisensituation geriet. Erneut begann die Suche nach Alternativen, die eine weitere Expansion im Rahmen ökonomisch tragfähiger Umsetzungsformen ermöglichen sollten. Das neue Zauberwort, das die verfahrenstechnische Entwicklung im Biogasbereich seither stark prägt und für neues Branchenwachstum gesorgt hat (siehe unten, Kap. II.3.1), lautete *„Nanaros“*. Es steht für die von der weiterhin experimentierfreudigen Biogasszene Ende der 1990er Jahre gemachte „Entdeckung“, dass sich eine Biogasanlage auch mit nachwachsenden

⁴⁵ Expertengespräch mit dem Geschäftsführer des Fachverband Biogas e.V.

⁴⁶ Von Schlachthofabfällen über organischen Müll aus Großküchen bis hin zu biogenen Industrieabfällen, etwa Fettschlämmen aus der Nahrungsmittel verarbeitenden Industrie.

Rohstoffen (im Branchenjargon: Nawaros), z.B. mit Mais, Getreide, Sonnenblumen oder sonstigen „Energiepflanzen“ betreiben lässt. Am Anfang auch dieser Entwicklung scheint ein für die Biogasszene typisches *Trial-and-Error*-Verfahren gestanden zu haben, bei dem nachwachsende Rohstoffe zunächst noch (in der Hochphase der Kofermentation) die Rolle eines „Lückenbüßers“ spielten, sich aber bald als überaus funktional im Hinblick auf die Prozessbeherrschung und die Produktionsleistung entpuppten.

Der Biogasbereich präsentiert sich demnach geradezu als Paradebeispiel für drei wichtige Innovations- bzw. Diffusionsaspekte der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen. Erstens wird hier noch einmal generell die hohe Bedeutung dezentraler Szenen und Netzwerke deutlich. Zweitens zeigt sich, dass es sich dabei weder um reine Anwender- oder Herstellernetzwerke, sondern um die Vernetzung eines heterogenen Akteursfeldes handelte. Drittens wird erkennbar, wie der Innovations- und Diffusionsprozess von kontinuierlichen Rückkopplungen innerhalb dieses Akteursfeldes profitierte. Dass diese Aspekte im Biogasbereich so evident sind, liegt wie gesehen daran, dass die Art der Energieproduktion hier eine enge Kooperation zwischen Anlagenbauern und Anlagenbetreibern erforderte. Doch in schwächer bzw. anders ausgeprägter Form lässt sich Ähnliches auch in den anderen Einsatzfeldern alternativer Energietechnik erkennen. Auch hier spielten intensive Rückkopplungen zwischen Anwendern und Herstellern eine mit entscheidende Rolle bei der (Weiter-)Entwicklung der jeweiligen Technik.

Anders als im Fall des Biogasbereichs ist die Entwicklung der *Fotovoltaik* dadurch charakterisiert, dass ihr technologischer Kern, die fotovoltaische Zelle, ein High-Tech-Produkt ist, das in einem stark spezialisierten und automatisierten Produktionsverfahren hergestellt werden muss. Somit lässt sich der technologische Kern im Anwendungskontext kaum innovativ bearbeiten oder weiterentwickeln, da es hierzu der High-Tech-Labors der Hersteller bedarf. Allerdings ist der fotovoltaischen Zelle – bzw. dem zu einem fotovoltaischen Modul zusammengefassten Zellenverband – kein von vornherein feststehender Anwendungskontext inkorporiert. Diesen mussten sich die Solarpioniere erst erschließen, was dazu führte, die Möglichkeiten fotovoltaischer Anlagen zunächst für den privaten Nutzer, das heißt für den häuslichen Gebrauch zu erproben. Das Experimentieren mit anwendungsfähigen Lösungen setzte Impulse frei, die auf der Herstellerseite unter anderem die Komponentenfertigung beeinflusste, etwa die Entwicklung wetter- und bruchfesterer Solarpaneele,⁴⁷ zuverlässigerer Haltevorrichtungen oder verbesserter Stromableitungstechniken.⁴⁸ Da die Fotovoltaikanlagen in erster Linie auf oder an Gebäuden angebracht wurden, zunächst vor allem auf den Dächern

⁴⁷ Eine bestimmte Anzahl von Solarmodulen wird zu einem Solarpaneel zusammengefasst; ein oder mehrere miteinander verkoppelte Solarpaneele bilden die Hauptkomponenten der Fotovoltaikanlage.

⁴⁸ Die fotovoltaisch erzeugte Elektrizität muss in einem Wechselrichter zu Wechselstrom umgewandelt und an einem Einspeisepunkt an das Stromnetz abgegeben werden.

von Eigenheimen, später auch auf öffentlichen oder gewerblichen Gebäuden, gab es genügend – im Anwendungskontext entstandene – Anreize für die Anlagen- und Komponentenhersteller, innovative Entwicklungen im Bereich der verbesserten Gebäudeintegration und der Bauästhetik voranzutreiben: etwa bei der Farbgestaltung der Solarzellen oder bei der Entwicklung flacherer oder flexiblerer Produktvarianten, die besser in Dächern oder Fassaden eingepasst werden konnten. Als die Nutzermärkte infolge verbesserter Förderbedingungen zu expandieren begannen und neue Anwendungskontexte von der Solarszene erschlossen wurden – z.B. Bürgersolaranlagen auf öffentlichen Dächern –, ergaben sich daraus auch zusätzliche Impulse für die Innovationsdynamik auf Seiten der Hersteller (z.B. Materialverbesserungen, Erhöhung des technischen Wirkungsgrads von Solarzellen).

Im Bereich der Stromproduktion aus *Windenergie* schließlich war die Selbstbauphase gegen Ende der 1980er Jahre im Wesentlichen vorüber. Für die Anlagenbetreiber war es möglich, in der Praxis bereits erprobte Anlagentypen in Dänemark zu erwerben und in einem mehr oder minder ausgereiften Zustand in Betrieb zu nehmen.⁴⁹ Allerdings zeigte sich schnell, dass die technischen Entwicklungsmöglichkeiten der Windkraftanlagen längst nicht ausgereizt waren, z.B. im Hinblick auf Leistungsumfang und Wirkungsgrad. Ähnlich wie im Bereich der Fotovoltaik war es der in einem dezentralisierten Diffusionssystem sich erweiternde und vielfachende Anwendungskontext, der – parallel zur Entstehung einer professionellen deutschen Herstellerszene – mit der technischen Weiterentwicklung hin zu immer ausgereifteren Windkraftanlagen rückgekoppelt war. Hinzu kam, dass der zunächst nur an besonders windgünstigen Standorten Gewinn versprechende Förderrahmen des Stromeinspeisegesetzes die Hersteller zur Entwicklung produktiverer Anlagen veranlasste. Dies alles löste eine Dynamik aus, die dazu führte, dass in schneller Abfolge immer leistungsstärkere Anlagenklassen entwickelt wurden und sich das Preis-Leistungs-Verhältnis von Windkraftanlagen kontinuierlich verbesserte.⁵⁰ Während die innovative Leistung der Windkraftpioniere auf Betreiberseite darin bestand, neue Anwendungskontexte zu erschließen und zu multiplizieren, etwa die Nutzung von Windkraftanlagen durch Bürgerwindinitiativen oder landwirtschaftliche Betriebe, ermöglichte die damit korrespondierende anlagentechnische Weiterentwicklung die Erschließung neuer Anwendungskontexte (z.B. den kostendeckenden Betrieb leistungsstarker Anlagen auch an weniger windgünstigen Standorten oder die Errichtung von Windparks als lukrative und fondsfinanzierte

⁴⁹ Wobei zu berücksichtigen ist, dass die zu diesem Zeitpunkt bereits professionalisierte dänische Herstellerszene aus einer Ende der 1970er Jahre entstandenen „idealistischen“ Selbstbauszene hervorgegangen ist; vgl. Heymann 1997, 199. Garud/Karloe (2003) beschreiben in einer vergleichenden Studie zur Technikgenese von Windkraftanlagen die Entwicklung in Dänemark als geradezu paradigmatisches Beispiel eines rekursiven Innovationsprozesses.

⁵⁰ Lag die durchschnittliche Nennleistung einer neu gebauten Windkraftanlage 1991 bei ca. 160 KW, so waren es 1999, dem letzten Geltungsjahres des Stromeinspeisegesetzes, bereits ca. 940 KW (Reiche 2004, Tabelle 18, 66).

Investitionsobjekte), die infolge ihrer Ausbreitung wiederum neue Anreize für die technische Weiterentwicklung boten. Derartige Rückkopplungen zwischen den Herstellern der für die alternative Energieproduktion benötigten technischen Anlagen und den Anwendern dieser Anlagen sind für die Stromproduktion aus Windenergie bis in die Gegenwart bedeutsam geblieben. So haben die Betreiber von Windkraftanlagen von jeher ein großes Interesse an systematisch erzeugtem Know-how über Anlagenausfälle, Materialdefekte, Serienfehler usw., das inkrementelle Innovationen im Bereich der Anlagentechnik unterstützt. Der oben beschriebene Prozess des rekursiven Lernens wurde deshalb in Form so genannter Schadensdatenbanken institutionalisiert. Nach dem Motto „Wissen ist Macht“ verspricht sich die Betreiberseite von der systematischen und breit angelegten Datenerhebung eine größere Transparenz in Bezug auf typische Anwenderprobleme, eine verbesserte Problemlösungskompetenz der beteiligten Akteure wie auch eine stärkere Position im Verhältnis zu Herstellern und Zulieferern (Weinhold 2006).

2.2.4. Rückkopplungen zwischen Basisakteuren und Politik

Wenn es einen gemeinsamen Nenner der diversen Studien gibt, die sich mit der in den 1990er Jahren beginnenden expansiven Entwicklung der regenerativen Energien in der Bundesrepublik befassen, dann ist es *zum einen* die kaum zu überschätzende Bedeutung, die man der umweltpolitischen Regulierung als treibender Kraft des Erneuerbare-Energien-Sektors zumisst. Weitgehend einig ist man sich *zum anderen* aber auch in der Einschätzung, dass staatliche Politik zwar als eine notwendige, aber keinesfalls als hinreichende Bedingung zur Erklärung erfolgreicher Technikdiffusion im Bereich regenerativer Energien betrachtet werden sollte.⁵¹ Erstens wird darauf hingewiesen, dass die politische Regulierung des Erneuerbare-Energien-Sektors von Beginn an von allgemeineren sozialen Prozessen begleitet gewesen und von ihnen beeinflusst worden ist, zum Beispiel vom Wandel gesellschaftlicher Technikleitbilder oder vom Druck öffentlicher Umweltdebatten und einer sich institutionalisierenden Umweltbewegung. Zweitens gilt der Politikbereich der erneuerbaren Energien als exemplarisches Beispiel dafür, dass umweltpolitische Steuerung ihr Gestaltungspotenzial nicht zuletzt deswegen entfalten konnte und kann, weil sie in umfassendere *Governancestrukturen* eingebettet ist. Dieser Befund 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). Dabei wirken – im Rahmen „*komplexer Strukturen kollektiven Handelns*“ – „*normalerweise*“ staatliche und nicht-staatliche Akteure bzw. Akteu-

⁵¹ Vgl. etwa Jacobsson et al. 2002; Jacobsson/Lauber 2006; Ohlhorst 2006; Durstewitz et al. 2003; Umbach-Daniel 2002; Heymann 1997.

re „*innerhalb und außerhalb von Organisationen*“ zusammen (Benz 2004, 25 ff.). Wie unsere Analyse zeigt, war die Verbreitung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien – neben finanziellen Anreizen seitens des Staates und gesetzlich garantierten Marktzutrittschancen – auch auf das Zusammenspiel heterogener Akteure (bzw. Akteursgruppen) im Rahmen dezentralisierter Diffusionssysteme angewiesen, denen Technikentwickler, Anlagenhersteller, ein breites Spektrum von Technikanwendern (Landwirte, Privathaushalte, Bürgerinitiativen, kommerzielle Betreibergesellschaften usw.), Umweltschutzakteure, Protagonisten der Alternativszene, anwendungsorientierte Forscher usw. angehörten. Diese Diffusionssysteme mit ihren Promotoren und Multiplikatoren regenerativer Energietechnologien beruhten zwar im Kern auf szenen- bzw. brancheninternen Vernetzungen, entwickelten sich aber darüber hinaus zum integralen Bestandteil umwelt- und technologiepolitischer Governancestrukturen. Deren Kennzeichen wurden kommunikative und steuerungsrelevante *Rückkopplungen* zwischen Branchenakteuren aus dem Bereich der erneuerbaren Energien einerseits und politischen Entscheidern andererseits, ohne die die staatliche Förderung der „Erneuerbaren“ vielfach ins Leere gelaufen wäre. Folgt man Jacobsson/Lauber (2006, 266), dann zeichneten sich solche Rückkopplungsprozesse schon zu einem recht frühen Zeitpunkt ab. 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. Ein erster Erfolg zeigte sich bei der Entstehung des Stromeinspeisegesetzes: Einem Bündnis, dem neben Vertretern früher Wind- und Solarenergieverbände auch der bereits etablierte Bundesverband der Wasserkraftwerke sowie CSU- und Grünenpolitiker angehörten, gelang es, das Basiskonzept der Einspeisevergütung im Rahmen des Gesetzgebungsverfahrens verbindlich durchzusetzen (Jacobsson/Lauber 2006, 264; Reiche 2004, 146; Byzio et al. 2002, 313). Diese „Lobbyarbeit“ stand am Beginn eines in den Folgejahren zunehmenden Austausches mit umweltpolitischen Akteuren, die sich für die Förderung regenerativer Energietechnologien einsetzten und schließlich selbst zum integralen Bestandteil der *Advocacy Koalition* wurden.

Die Genese umweltpolitisch relevanter Governancestrukturen auf der Grundlage positiver Rückkopplungen zwischen den Akteuren im Erneuerbare-Energien-Sektor und maßgeblichen politischen Akteuren wurde im Bereich der *Fotovoltaik* besonders augenfällig. Im Rahmen dezentralisierter Diffusionssysteme gelang es nicht nur, die Anwendung dieser Energietechnik im lokalen bzw. regionalen Raum zu entwickeln und zu verbreiten, sondern auch, den notwendigen Förderrahmen zunächst auf kommunaler Handlungsebene auszuloten und auf diesem Wege entsprechende regulative Verbesserungen auf bundespolitischer Ebene vorzubereiten. Ein solches Vorgehen war aus Sicht der Solarszene schon allein deswegen geboten, weil für den Bereich der Fotovoltaiknutzung vom Stromeinspeisegesetz keinerlei Marktanreize ausgingen. Solarstrom wurde in gleicher Höhe wie Windstrom vergütet, doch im Unterschied zu den Windrotoren konnten Fotovoltaikan-

lagen auf der Basis dieser Vergütung bei weitem nicht kostendeckend betrieben werden. Trotz der erheblichen Fortschritte beim Wirkungsgrad photovoltaischer Zellen konnte die Solarbranche nicht auf Ertragseffekte hoffen, die mit jenen vergleichbar gewesen wären, die im Windbereich vom Größenwachstum und Produktivitätsfortschritt der Anlagen oder im Biogasbereich von der Verfahrensinnovation „Kofermentation“ ausgingen. Für die Windkraft- und Biogasakteure war das Stromeinspeisegesetz eine finanzielle Grundsicherung, die Innovationen ermöglichte, mit deren Hilfe eben dieser regulative Rahmen gewinnträchtiger genutzt werden konnte. Für die Solarszene der 1990er Jahre – zumindest für einen erheblichen Teil dieser Szene – stand dagegen das *politische Ziel* der kostendeckenden Vergütung im Zentrum der eigenen Entwicklungsbemühungen.

Die Strategie der Solar-Betreiberszene bestand darin, mittels eines betont dezentralen Politikansatzes zunächst auf lokaler Ebene für kostendeckende Vergütungen zu sorgen und damit gleichzeitig Demonstrationsprojekte zu schaffen, die einer bundesweiten Regelung als Vorbilder dienen konnten. Damit gingen entscheidende Impulse für die weitere Zukunft der Fotovoltaik nicht „von oben“, das heißt von regulativen Maßnahmen auf Bundes- oder Länderebene, sondern „von unten“ aus, das heißt auf der Grundlage bereits bestehender oder neu geschaffener lokaler Governancestrukturen.⁵² Mit gezielter Basisarbeit nahm man Einfluss auf die Kommunalparlamente. Durch die Mobilisierung kommunaler Umweltgruppen, durch Überzeugungsarbeit gegenüber örtlichen Politikern, durch Allianzen mit „solarfreundlichen“ Kommunalvertretern usw. sollten die Bürgervertretungen dazu gebracht werden, den lokalen Energieversorger – etwa die örtlichen Stadtwerke – zu einer kostendeckenden Vergütung für den in seinem Versorgungsgebiet eingespeisten Solarstrom zu verpflichten. Nachdem die Idee der kostendeckenden Vergütung von ersten Pionierprojekten (in Aachen und Freising) ausgearbeitet und veröffentlicht worden war, verbreitete sie sich – ganz nach dem Muster dezentralisierter Diffusionssysteme – schnell innerhalb der Solarszene. Bis einschließlich 1999 war es gelungen, in 30 bayerischen Kommunen mit eigenen Stadt- oder Gemeindewerken (darunter Großstädte wie München, Nürnberg oder Würzburg) die kostendeckende Vergütung für Solarstrom durchzusetzen. Hinzu kamen 72 bayerische Gemeinden ohne eigene Gemeindewerke, die ähnlich lautende Beschlüsse fassten bzw. Appelle zur Einführung der kostendeckenden Vergütung an ihren regionalen Energieversorger richteten (Schrimppff 2004, 138). Außerhalb Bayerns waren es bundesweit ca. 50 Städte (insbesondere in Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg), die die kostendeckende Vergütung einführten. Unterm Strich betrachtet hat die Verbreitung der kommunalen kostendeckenden Vergütung erheblich zum Wachstum des Fotovoltaikmarkts in den 1990er Jahren beigetragen und trotz des Auslaufens des staatlichen 1000-

⁵² Zur genaueren Bestimmung von sowie zur wissenschaftlichen und politischen Debatte um „Governance auf lokaler Ebene“ vgl. Heinelt 2004.

Dächer-Förderprogramms (Mitte der 1990er Jahre) eine gewisse Konsolidierung des Fotovoltaiksektors in Deutschland ermöglicht.

Als besonders wirksam erwiesen sich die im Politikbereich der erneuerbaren Energien sich herausbildenden Governancestrukturen nach der Regierungsübernahme durch Rot-Grün 1998, in deren Folge die „ökologische“ Advocacy Koalition, die das politische Ziel eines breiten regenerativen Energiemix unterstützte, bis weit in das Regierungslager hinein reichte und – zumindest bis zum Ende der rot-grünen Regierungszeit – die Hegemonie im Bereich der Erneuerbare-Energien-Politik erlangen konnte.⁵³ Entsprechend stark war der Einfluss, den die Branchenverbände der erneuerbaren Energien auf das Gesetzgebungsverfahren im Vorfeld des im April 2000 verabschiedeten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (siehe unten, Kap. II.3.1) nehmen konnten. So betont Bechberger in einer Analyse des zum Erneuerbare-Energien-Gesetz führenden „*Politikformulierungsprozesses*“, dass sich die einschlägigen Branchenverbände mit dem Ende 1999 vorgelegten Gesetzesentwurf der Koalitionsfraktionen „*sehr zufrieden*“ zeigten, „*sahen sie doch einen Großteil ihrer Forderungen bereits darin berücksichtigt*“ (Bechberger 2000, 41). Das erfolgreiche Einwirken auf die Gesetzgebung sei nicht zuletzt durch eine „*frühzeitige Festlegung*“ der Verbände „*auf eine gemeinsame Position*“ und durch ein entsprechend „*geschlossenes Auftreten gegenüber der Regierung*“ möglich geworden (ebenda, 52). Aus der Sicht des Bundesverband WindEnergie habe es sich bei dem Gesetz um „*einen bedeutenden Durchbruch für die erneuerbaren Energien*“ gehandelt, „*der in weiten Teilen Folge (...) einer erfolgreichen Lobbyarbeit*“ des Verbandes gewesen sei (Bartelt 2000, 6). Die Solarbranche profitierte davon, dass die Erfahrungen, die die Betreiberszene – insbesondere in Bayern – mit der praktischen Umsetzung lokaler Vergütungsregelungen gemacht hatte, in das Gesetzgebungsverfahren einfließen. Ohne den jahrelangen praktischen Vorlauf in bundesweit 80 Städten und Gemeinden, in denen die technische und administrative Funktionsfähigkeit sowie die ökonomische Anreizwirkung kostendeckender Einspeisevergütungen erprobt werden konnten, wäre ein solcher „*Quantensprung*“ der Einspeisevergütung von 17 Pf/kWh im alten Stromeinspeisegesetz auf 99 Pf. im Erneuerbare-Energien-Gesetz vermutlich nicht durchsetzbar gewesen.⁵⁴ Auch für den Biogassektor war eine passgenaue

⁵³ Wir stützen uns hier auf Reiche (2004, 139 ff.). Eine Führungsrolle in der „ökologischen Koalition“ nahmen nach der rot-grünen Regierungsübernahme, folgt man Reiche, neben dem Bundesumweltministerium die rot-grünen Koalitionsfraktionen sowie der Bundesverband WindEnergie als „wichtigster regenerativer Branchenverband“ ein. Zur ökologischen Koalition zählt Reiche ferner „die großen Umweltverbände, die regenerativen Branchenverbände, einige Stadtwerke, die beiden großen Einzelgewerkschaften IG Metall und ver.di sowie die IG Bauen-Agrar-Umwelt, den VDMA und Vertreter der Landwirtschaftslobby“ (ebenda, 142).

⁵⁴ Wir schließen uns hier der im Expertengespräch geäußerten Einschätzung des Geschäftsführers des Bundesverband Solarindustrie e.V. (BSi) an: „Man muss sich das mal vorstellen: Wir haben in diesem Jahr (2000) einen Sprung gemacht von 17 Pf. auf 99 Pf. Einspeisevergütung für die Kilowattstunde. Das war ein Quantensprung. (...) Das konnte man nur machen mit dem Hinweis darauf, dass es in diesen Städten ja schon funktioniert und schon entsprechende positive Auswirkungen gehabt hat usw. Ohne diese Basis wäre das nicht denkbar gewesen.“

Feinjustierung des Förderinstrumentariums deswegen möglich, weil die Energie-wende-Ziele der rot-grünen Bundesregierung einerseits und die Interessen der noch jungen regenerativen Energiebranchen erheblich konvergierten. Ähnlich wie in der Wind- und der Solarenergiebranche kam es auch im Fall des Biogassektors zu Rückkopplungen zwischen Branchenvertretern und den politischen Akteuren des Gesetzgebungsverfahrens. Wobei es aus Sicht der Branche vor allem darum ging, für den verfahrenstechnisch bereits erprobten Umstieg auf Energiepflanzen („Nawaros“), der allerdings die Rohstoffkosten für die Anlagenbetreiber deutlich ansteigen ließ, einen passenden institutionellen Förderrahmen zu bekommen.⁵⁵ Alles in allem kam es somit im Vorfeld des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zu einer Stabilisierung umweltpolitischer Governancestrukturen, die auf der wechselseitigen Aktivierung von Politik auf der einen Seite und Vertretern einschlägiger Branchenverbände, Landwirten, Bürgern, mittelständischen Unternehmen usw. auf der anderen Seite beruhten. Mit Blick auf die im Bereich der regenerativen Energien nach wie vor relevanten Akteure „an der Basis“ orientierte sich eine solche Politik am Leitbild des „aktivierenden Staates“, der versucht, das vorhandene Potenzial an bürgerschaftlichem wie auch an privatwirtschaftlichem Engagement aufzugreifen, nach Möglichkeit zu verstärken und in den Dienst (energie-) politischer Ziele zu stellen.⁵⁶

2.3. Fazit

Wollen wir den Charakter der Innovation „Stromproduktion aus erneuerbaren Energien“ anhand der einzelnen Merkmale ihrer Umsetzung bestimmen, lässt sich am Ende der zweiten von uns beschriebenen Entwicklungsphase Folgendes feststellen: Einerseits hatte sich die Zielrichtung der alternativen Energieproduktion nicht unwesentlich verändert. Eine Selbstversorgung kleiner überschaubarer Einheiten auf der Basis erneuerbarer Energien ließ sich in der Praxis, das heißt unter den vorherrschenden technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen wie auch aufgrund des Entwicklungsstandes der alternativen Techniken offensichtlich nicht verwirklichen. Die Zukunft zumindest der *Strom*versorgung aus regenerativen Energiequellen gehörte der Einspeisung ins bestehende Netz und der Vergütung dieser Einspeisung durch die etablierten Stromversorger. In soweit beruhte die Ausbreitung der Innovation auf einer Ankoppelung der alternativen Produk-

⁵⁵ Dass von der Biogasbranche in diesem Punkt erfolgreiche Überzeugungsarbeit geleistet wurde (die allerdings erst im Rahmen der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2004 umgesetzt wurde), wird vom Geschäftsführer des Fachverband Biogas e.V. im Expertengespräch hervorgehoben: „Wenn noch mehr Biogasanlagen gebaut werden sollen, dann müssen wir die nachwachsenden Rohstoffe mobilisieren. Das haben wir der Politik entsprechend vorgetragen. (...) Wenn ihr das wollt, dann müsst ihr für diese Anlagen eine extra Vergütung einrichten. Die muss kostendeckend sein. (...) Die Energiepflanzen muss ich ja anbauen, das kostet Geld. (...) Wir haben das dann entsprechend vorgerechnet. Das sind ja einfach nachvollziehbare Zahlen. (...) Schlussendlich haben wir die Politik überzeugt, dass das notwendig ist. Jetzt gibt es diese 6 Cent“ (d.h. den so genannten „Nawaro-Bonus“; d. Verf.).

⁵⁶ Zur Debatte um die Bedeutung und Funktion des „aktivierenden Staates“ für Zivilgesellschaft und bürgerschaftliches Engagement vgl. etwa Heinze/Olk 2000; Priller 2002; Schuppert 2002.

tion an die Strukturen des vorhandenen Systems. Andererseits jedoch erfolgte ihre Umsetzung in Formen, die den weit gehenden Transformationsansätzen aus der ersten Phase in recht hohem Maße entsprachen. Die alternative Stromproduktion kontrastierte zur herkömmlichen vor allem deshalb, weil sie technisch wie ökonomisch kleinteilig und dezentral strukturiert war. In dieser Hinsicht wurde die Vorstellung von kleinen überschaubaren Einheiten realisiert. Mit ihren kleinen und dezentralen Produktionseinheiten distanziierten sich viele Protagonisten der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen demonstrativ vom dominierenden großtechnischen Produktionspfad und der dahinter stehenden großindustriellen und staatlichen Akteurskonstellation. Den Kern der Innovation bildete demnach nicht nur die ökologische Leitidee, die einen neuen technischen und ökonomischen Ansatz für die Stromversorgung begründete, sondern auch die Überzeugung, dass diese Leitidee nur durch eine neue, das heißt vor allem plurale und bürgernahe Akteurskonstellation umzusetzen sei. Dementsprechend verbreiteten sich die verschiedenen Formen der alternativen Stromversorgung innerhalb dezentraler Netzwerke, das heißt ausgehend von den Pionieren in den Bürgergruppen und in der Landwirtschaft hin zu Akteuren, die entweder aus demselben Umfeld stammten oder die – wie vor allem im Fall der professionellen Betreibergemeinschaften im Windsektor – zumindest bis zu einem gewissen Grad damit verbunden blieben.

Bemerkenswert ist, dass sich die staatliche Förderung der erneuerbaren Energien auf diese basisbezogene Ausprägung der Innovation einließ. Nachdem sich insbesondere im Zusammenhang mit dem Projekt GROWIAN gezeigt hatte, dass die etablierten Akteure aus Großindustrie und Stromwirtschaft als Innovatoren – und damit der Weg eines *zentralisierten* Innovations- und Diffusionsprozesses nach dem *top-down*-Prinzip – nicht in Frage kamen, wandte sich der Staat gleichsam den Rebellen außerhalb des Systems zu. In ihren Reihen gab es etliche Akteure – potenzielle Betreiber wie auch potenzielle Anlagenhersteller –, die nur auf eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für die alternative Stromproduktion warteten. Ohne die staatliche Intervention wäre dieses latente Handlungspotenzial wohl kaum aktiviert worden. Doch auf der anderen Seite hätte dem Staat ohne die Existenz der genannten Akteure ein anknüpfungsfähiger Bezugspunkt für seine Aktivitäten im Bereich der erneuerbaren Energien gefehlt.

Was die von ihnen produzierten Mengen betraf, so waren die „neuen“ Stromproduzenten allerdings nach wie vor eine *quantité négligeable*. Der Anteil der Elektrizitätsproduktion aus Windenergie und Biomasse (wozu neben der Biogasverstromung z.B. auch die Stromerzeugung aus festen Brennstoffen zählt) an der gesamten deutschen Elektrizitätserzeugung lag 1999 bei zusammen 1,8 Prozent (Windenergie: 1 Prozent; Biomasse: 0,8 Prozent);⁵⁷ die Stromerzeugung aus Fotovoltaik war bis dahin unter quantitativen Gesichtspunkten noch weitgehend vernachläss-

⁵⁷ Vgl. Reiche 2002, Tabelle 1., 14.

sigbar. Angesichts ihres geringen quantitativen Gewichts konnten die neuen regenerativen Energietechniken zu diesem Zeitpunkt weder als tragfähige Alternative zum bestehenden Elektrizitätsversorgungssystem noch als ernsthafte Konkurrenz für die großen Stromkonzerne betrachtet werden. Zudem bildeten die einzelnen Umsetzungspfade der Stromversorgung aus erneuerbaren Energiequellen gemeinsam noch keinesfalls ein kohärentes alternatives Energiesystem. Vielmehr hatte sich je Techniksparte eine mehr oder minder eigenständige Szene mit jeweils ganz uneinheitlicher regionaler Verteilung herausgebildet, wobei der Prozess der Institutionalisierung und Professionalisierung von „szenetypischen“ Innovationsnetzwerken teilweise erst begonnen hatte. Trotz regionaler Produktionsschwerpunkte – Windenergie vor allem in den norddeutschen Küstenländern, Solarenergie in erster Linie in bestimmten süddeutschen Gebieten, Biogas mit Schwerpunkten in Bayern und Baden-Württemberg sowie sich abzeichnenden Schwerpunkten im nördlichen Niedersachsen – konnte in keiner dieser Regionen auch nur ansatzweise an eine flächendeckende Versorgung mit regenerativ erzeugtem Strom gedacht werden. Was sich am Ende der 1990er Jahre herausgebildet hatte, waren insofern unterschiedliche, durch übergeordnete Leitideen lose miteinander verknüpfte Marktnischen. Die allmähliche Expansion dieser Nischen basierte sowohl auf funktionierenden dezentralen Innovations- und Diffusionssystemen als auch auf staatlicher Förderung. Alle drei von uns untersuchten Nischen waren in gewissem Maße in das etablierte Stromsystem integriert, weil sie zwangsläufig an dessen technische und auch ökonomische Strukturen andocken mussten. Zugleich waren sie innerhalb dieses Systems jedoch Fremdkörper. Denn ihre Entwicklung beruhte letztlich auf Leitbildern, ökonomischen Prämissen und Strukturvorstellungen, die sich mit den hergebrachten Strukturen des Stromsektors auf die Dauer nicht ohne weiteres vereinbaren lassen.

3. Dritte Phase: Stromproduktion aus erneuerbaren Energien auf Erfolgskurs – und vor neuen Herausforderungen (2000 bis heute)

Die Entwicklung ab 2000 ist von einem beschleunigten Ausbau der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien gekennzeichnet, und zwar in allen drei von uns untersuchten Technikbereichen. Gleichzeitig schreiten die Professionalisierung, Stabilisierung und Ausdifferenzierung dezentraler Akteurs- und Diffusionsnetzwerke – wenn auch mit einigen Unterschieden zwischen den Bereichen – weiter voran. Neben den bereits in den vorhergehenden Phasen sich entfaltenden netzwerkinternen Ressourcen des Innovationsprozesses ist es die mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz ab 2000 noch einmal merklich erweiterte Förderung, die den Vormarsch der erneuerbaren Energien vorantreibt. Den erneuerbaren Ener-

gien kommt im Rahmen der von der rot-grünen Bundesregierung eingeleiteten – und von der Großen Koalition bisher fortgeführten – energiepolitischen Substitutionsstrategie eine tragende Rolle zu. Neben Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz bildet die alternative Energieproduktion den Kern dessen, was von Rot-Grün politisch zugespitzt als „Energiewende“ bezeichnet wurde. Die Koalition stand vor dem Problem, dass sie aus der Kernenergie aussteigen und gleichzeitig den Ausstoß klimarelevanter Gase in einem erheblichen Maße reduzieren wollte.⁵⁸ Um diesem Dilemma zu entkommen, schien es nur folgerichtig, auf den zügigen Ausbau der erneuerbaren Energien zu setzen und dies mit adäquaten gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie mit staatlichen Fördermaßnahmen zu unterstützen. Die Diffusion der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen basiert insofern auf der zunehmenden politischen und gesellschaftlichen Anerkennung von Grundorientierungen, aus denen heraus diese Innovation in den 1970er Jahren entstanden ist. Was einst unter der Überschrift „sanfte Energien“ diskutiert wurde, steht heute im Zentrum der Bemühungen um eine nachhaltige Energieversorgung, die mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (sowie dessen Novellierung in 2004) entschieden vorangetrieben wurden. Die besondere Bedeutung des nun erweiterten und neu justierten gesetzlichen Förderrahmens lag zum einen darin, dass er dem in den einzelnen regenerativen Stromerzeugungstechniken bis dahin jeweils erreichten technischen Stand gerecht wurde und gleichzeitig gezielte Anreize für technische Weiterentwicklungen schuf. Zum anderen war er mit ausreichenden Anreizen versehen, in deren Folge sich das bisher erreichte soziale Spektrum alternativer Stromproduzenten noch einmal in relevanter Weise erweiterte und die bereits existierenden dezentralen Akteursnetzwerke stabilisiert und ausgebaut werden konnten. Wir werden im Abschnitt 3.1 darauf zurückkommen.

Nicht zu übersehen ist allerdings, dass der beschleunigte Wachstumsprozess des Erneuerbare-Energien-Sektors auch seine „Kehrseite“ im Sinne ambivalenter Folgewirkungen hat. So zeigt sich, dass sich das Produktionsmodell der regenerativen Stromerzeugung insbesondere im Windenergiebereich inzwischen nicht unerheblich von seinen ursprünglichen Grundprinzipien entfernt hat. Hinzu kommt, dass die „Erneuerbaren“ im Zuge ihres technischen und ökonomischen Expansionsprozesses eine ganze Reihe von Konfliktpotenzialen – auch innerhalb des „ökologischen Lagers“ selbst – freisetzen sowie vor strukturellen Problemen stehen, die die potenzielle Akteursbasis begrenzen können. Beides stellt erhöhte Anforderungen an die Diffusionsstrategien, die von den Promotoren und Multiplikatoren im Bereich der erneuerbaren Energien verfolgt werden (Abschnitt 3.2).

⁵⁸ So hatte sich die Bundesregierung verpflichtet, die Kohlendioxid-Emissionen bis zum Jahr 2005 um 25 Prozent gegenüber 1990 zu reduzieren sowie den Ausstoß einer Reihe anderer klimaschädlicher Gase in der Periode 2008 bis 2012 um 21 Prozent zu verringern (Basisjahr: 1990); vgl. Die Bundesregierung 2002, 147.

Ein weiteres Problem betrifft die Integration der erneuerbaren Energien in das Stromsystem. Das Verhältnis der „Erneuerbaren“ zum konventionellen Stromsektor beruhte von Beginn an auf einer Konkurrenz der Paradigmen. Die Ankopplung der regenerativen Stromerzeugung an das bestehende Elektrizitätssystem gelang nicht zuletzt deswegen, weil eine solche Entwicklung von politischer Seite gefördert und – im Sinne einer technologischen Nische – geschützt wurde. Mit der inzwischen beschleunigten Expansion der Nische können die Inkompatibilitäten zwischen der regenerativen Stromproduktion und dem gewachsenen Stromsystem nicht mehr ausgeblendet werden (Abschnitt 3.3).

3.1. Die Innovation aus heutiger Sicht

3.1.1. *Die Erfolgsbilanz der erneuerbaren Energien*

Seit den späten 1980er Jahren, als die Verbreitung der „neuen“ regenerativen Energien in Deutschland langsam einsetzte, hat sich das Bild zum Teil dramatisch gewandelt. Windkraftanlagen, die vor 20 Jahren noch als Kuriosum in norddeutschen Marschgebieten auffielen, sind heute zumindest in den nördlicheren Bundesländern zum festen Bestandteil der Kulturlandschaft und damit zum auffälligsten Zeichen einer energiepolitischen Wende geworden. Wer durch Süddeutschland reist, wird möglicherweise überrascht sein von den zahlreichen bläulich leuchtenden Fotovoltaikanlagen auf den Dächern von Wohnhäusern und Bauernhöfen in kleineren Ortschaften. Weniger auffällig sind Biogasanlagen, da sie sich zumeist in das Gebäudeensemble eines landwirtschaftlichen Betriebs einfügen; in einigen süd- und norddeutschen Landstrichen prägen die oft dunkelgrün gestrichenen Anlagenbauten (Vorratssilos, Fermenter, Gasbehälter, Maschinenhaus) bereits das Erscheinungsbild der dortigen Bauernhöfe.

Schon diese sichtbaren Veränderungen im Landschafts- und Siedlungsbild sprechen dafür, dass die regenerativen Energien im Wettstreit mit dem traditionellen Stromerzeugungssektor erheblich aufgeholt haben. Immerhin liegt der Anteil der regenerativen Energien am deutschen Bruttostromverbrauch mittlerweile (2006) bei 11,8 Prozent.⁵⁹ Der regenerative Energiesektor ist damit längst kein ökonomisches Leichtgewicht mehr, sondern hat sich zu einem Wirtschaftsbereich entwickelt, in dem Milliardenumsätze gemacht⁶⁰ und von dem, wie das Bundesumweltministerium mitteilt, inzwischen „deutlich mehr“ Arbeitsplätze als von

⁵⁹ Vgl. BMU 2007. Die größte Teilmenge stammt inzwischen aus der Windenergie, die 2006 einen Anteil von rund 5 Prozent am gesamten Stromverbrauch in Deutschland hatte, gefolgt von der Wasserkraft (einschl. der großen Wasserkraftwerke) mit einem Anteil von rund 3,5 Prozent; Biogas kam 2006 auf einen Anteil von rund 0,9 Prozent am Stromverbrauch, die Fotovoltaik auf rund 0,16 Prozent; vgl. BMU 2007.

⁶⁰ Laut dem Bundesumweltministerium lag der Inlandsumsatz mit erneuerbaren Energien im Jahr 2006 bei ca. 21,6 Mrd. €; BMU 2007, 6.

„Kohle und Atomkraft zusammen“ gesichert werden (BMU 2005, 4).⁶¹ Das Branchenprofil ist mittelständisch, geprägt von oft erst in den 1990er Jahren gegründeten Herstellerfirmen sowie einer breiten Palette von zum Teil noch jüngeren Projektierungs-, Planungs- und Dienstleistungsunternehmen. Etliche dieser Unternehmen haben bereits ein rasantes Wachstum hinter sich, einige von ihnen sind inzwischen als Aktiengesellschaften an der Börse notiert. Die Bereiche Windkraft und Solarenergie sind seit einigen Jahren auch für *Big Player* interessant geworden: So gehören Shell, BP und Siemens zu den weltweit wichtigsten Solarzellenproduzenten. Siemens ist zudem (ebenso wie der US-Konzern General Electric) in das Geschäft mit Windparks eingestiegen. Die Planungen für Offshore-Windparks vor der deutschen Küste sind zwar bisher vor allem von mittelständischen *Startups* aus der Windkraftbranche vorangetrieben worden, stoßen aber angesichts der hier erwarteten Milliardeninvestitionen auch bei Energiekonzernen auf Interesse. So ist der Eon-Konzern laut einer Meldung des Branchenmagazins „neue energie“ vor den deutschen Küsten inzwischen „an fünf Offshore-Projekten mit einer potenziellen Gesamtleistung von bis zu 1.500 MW beteiligt“ (Lönker 2007, 42).

Schaut man sich die Zuwächse in den drei hier betrachteten Erzeugungsbereichen an, so kann für den Zeitraum ab 2000 von einer Boomphase gesprochen werden, die alles in allem bis heute anhält:

Im *Windenergiesektor* kam es nach dem Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf dem Inlandsmarkt zu einem beispiellosen Boom, dessen Maximum im Jahr 2002 mit ca. 3.250 MW neu installierter Leistung erreicht war (2000: 1.665 MW). In den folgenden Jahren ging das Wachstum zwar wieder zurück, lag aber in 2004 mit ca. 2.000 MW und in 2006 mit ca. 2.230 MW neu installierter Windstromleistung immer noch über dem im Jahr 2000, dem Startjahr des EEG, erfolgten Zuwachs (siehe Anhang, Abbildungen 4 und 5). Im Bereich der Offshore-Windkraftnutzung löste das EEG, das erstmals die Förderung von maritimen Anlagen vorsah, eine Flut von Genehmigungsanträgen aus (vgl. zum folgenden Byzio et al. 2005, 30 ff.): Bis 2002 waren ca. 30 Genehmigungsverfahren beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), der für Offshore-Windparks in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) zuständigen Behörde, eingeleitet worden.⁶² Hinzu kamen bis 2002 sieben Anträge für die 12-Seemeilenzone, die bei den zuständigen Stellen der Bundesländer eingereicht wurden. Zwar war abzusehen, dass etliche der Anträge sich letztlich als nicht genehmigungsfähig erweisen würden. Gleichwohl zeichnet sich ab, dass die dyna-

⁶¹ Für das Jahr 2006 meldet das Bundesumweltministerium ca. 214.000 dem Bereich der erneuerbaren Energien zuzurechnende Beschäftigte in Deutschland unter Einbeziehung des Außenhandels und vorgelagerter Wertschöpfungsstufen; BMU 2007, 6.

⁶² Die AWZ, auf die sich begrenzte nationale Hoheitsrechte erstrecken, schließt unmittelbar an das eigentliche Hoheitsgebiet, die 12-Seemeilenzone, an und darf laut internationalem Seerechtsübereinkommen maximal 200 Seemeilen breit sein. Sie ist von vielen Küstenstaaten vornehmlich zum Schutz ihrer Fischereiereisen sowie weiterer ökonomisch relevanter Meeresnutzungen errichtet worden; vgl. Vitthum 1995.

mische Entwicklung im Bereich der Windenergienutzung, die an Land zu beobachten war, sich zukünftig auch im deutschen Offshore-Bereich fortsetzen könnte. Immerhin erteilte das BSH bis Ende 2007 mehr als 20 der beantragten Offshore-Projekte die Baugenehmigung (17 Nordseeprojekte, sechs Ostseeprojekte).⁶³ Allerdings ist bis dato noch keines dieser Projekte in der Bauphase. Die Umsetzung der zum Teil sehr ambitionierten Projektplanungen erscheint aus heutiger Sicht – auch aus der Sicht etlicher Branchenvertreter – problematischer, als es die Aufbruchstimmung nach dem Inkrafttreten des EEG erwarten ließ (Wir werden darauf im Abschnitt 3.2 zurückkommen).

Auch *Biogasanlagen* haben sich nach Angaben des Bundesumweltministeriums in den letzten Jahren „rasant entwickelt“ (BMU 2006, 10). Waren im Jahr 1999 etwa 850 Anlagen am Netz, die insgesamt 50 MW elektrische Leistung installiert hatten, so sind es Ende 2006 etwa 3.500 Biogasanlagen mit einer installierten Leistung von ca. 1.100 MW. Allein im Jahr 2005 sind ca. 500, im Jahr 2006 sogar ca. 800 neue Anlagen – überwiegend im landwirtschaftlichen Bereich – in Betrieb gegangen (siehe Anhang, Abbildungen 6 und 7). In diesem Aufwärtstrend zeigt sich, dass sich die Vergütungsregelungen für Strom aus Biogasanlagen mit dem Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 sowie mit der EEG-Novelle im Jahr 2004 jeweils deutlich verbessert haben.⁶⁴

Noch steiler verlief der Anstieg im *Fotovoltaikbereich*, der im Jahr 1999 mit einer installierten Nennleistung von 69,5 MWp⁶⁵ ein dem Biogassektor vergleichbares Niveau erreicht hatte (siehe Anhang, Abbildung 8). Gemeinsam mit der Förderung des zum 1.1.1999 eingeführten Hunderttausend-Dächer-Programms, das zinsverbilligte Darlehen für Fotovoltaikanlagen bereitstellte, entfaltete das EEG den beabsichtigten Anreiz, der durch die Novellierung des EEG in 2004 noch einmal verstärkt wurde.⁶⁶ Hatte sich die installierte Anlagenleistung bereits unter den vergleichsweise günstigen Rahmenbedingungen des alten EEG bis Ende 2003 auf gut 400 MWp erhöht, so ist sie bis Ende 2006 noch einmal um das Sechsfache ge-

⁶³ Quelle: neue energie 12/2007, Tabelle S. 46/47.

⁶⁴ Das in 2000 verabschiedete EEG sah für Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung bis 500 kW (die den Löwenanteil aller landwirtschaftlichen Biogasanlagen ausmachen) eine Einspeisevergütung von 20 Pf/kWh vor, was ca. fünf Pf/kWh über der bisherigen durchschnittlichen Vergütung lag. Die Situation verbesserte sich dann noch einmal mit der EEG-Novelle in 2004: Neben der Grundvergütung von bis zu 11,5 Cent/kWh gibt es einen Zuschlag von bis zu sechs Cent/kWh, sofern die Biogasanlage ausschließlich mit nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Energiepflanzen, Gülle) betrieben wird („Nawaros-Bonus“). Mit Biogasanlagen können nun – je nach Leistungsklasse der Anlage – bis zu 17,5 Cent für eine Kilowattstunde Strom verdient werden.

⁶⁵ Mit der Leistungseinheit MWp wird die elektrische Spitzen- (Peak-)Leistung angegeben, die eine Fotovoltaikanlage unter optimalem Sonneneinstrahlungsbedingungen erreicht.

⁶⁶ Die EEG-Novelle sieht nicht nur eine zum Teil deutlich höhere Einspeisevergütung als das alte EEG, sondern überdies deren Staffelung nach Anlagengröße und Anlagenstandort vor. 2004 wurden folgende Vergütungssätze pro eingespeister Kilowattstunde gezahlt: Freiflächenanlagen 45,7 Cent; Anlagen auf Gebäuden bis 30 KWp installierter Leistung 57,4 Cent; Anlagen auf Gebäuden größer 30 KWp bis 100 KWp 54,6 Cent; Anlagen auf Gebäuden größer 100 KWp 54 Cent; Bonus für Fasadenanlagen 5 Cent; vgl. Reiche 2004, Tabelle 35, 153.

stiegen und lag bei etwa 2.500 MWp (verteilt auf insgesamt rund 300.000 Solarstromanlagen).⁶⁷ Zwar hat die Fotovoltaik den Biogasbereich innerhalb des betrachteten Zeitraums in punkto installierter Leistung überholt, doch gilt dies nicht für die tatsächlich erbrachte Stromleistung. Der Vorteil der Biogastechnik liegt darin, dass der Strom witterungsunabhängig, das heißt kontinuierlich erzeugt werden kann, so dass eine Biogasanlage im Jahresdurchschnitt auf deutlich mehr Volllaststunden als eine Fotovoltaikanlage (oder auch eine Windkraftanlage) kommt. So wurde im Jahr 2006 mit der vorhandenen Leistungskapazität aller Biogasanlagen in Höhe von 1.100 MW bereits zweieinhalb Mal mehr Strom als mit sämtlichen deutschlandweit installierten Fotovoltaikanlagen erzeugt.⁶⁸

3.1.2. *Das Erneuerbare-Energien-Gesetz: Die Entfaltung eines neuen Steuerungsmodus in der Energiepolitik*

Wir haben oben eine auch im internationalen Vergleich beachtliche Entwicklung eines alternativen Energiepfades bilanziert, der in den Utopien ökologischer Vordenker seinen Ausgangspunkt hatte und im Zusammenspiel von politischen Weichenstellungen sowie zivilgesellschaftlichem und unternehmerischem Pioniergeist zu einem erfolgreichen und in die Zukunft weisenden Weg wurde. Dass im Jahr 2000 für die regenerativen Energien eine in der Bundesrepublik bisher einmalige Boomphase eingeläutet wurde, ging zu einem Gutteil auf das in diesem Jahr verabschiedete Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zurück. Die Tragweite dieses gesetzgeberischen Schrittes lag nicht nur darin, dass die Förderung der regenerativen Stromproduktion erheblich erweitert wurde. Sie lag vielmehr auch darin, dass sich mit dem EEG der *neue politische Steuerungsmodus* nun vollends durchsetzte, der sich fundamental von dem Stil der bisher üblichen deutschen Energiepolitik unterschied und der unter den Bedingungen des vorher geltenden Stromeinspeisegesetzes nur begrenzt wirksam werden konnte.

Die traditionelle Energiepolitik basierte – zumindest vor der 1998 erfolgten Liberalisierung des Strommarkts – auf direkten finanziellen Zuwendungen, einer vielschichtigen Beteiligung der öffentlichen Hand an „gemischtwirtschaftlichen“ Energieversorgern sowie vor allem auf der staatlichen Sicherung von Erzeugungs- und Distributionsmonopolen für einige wenige Schlüsselunternehmen (d.h. einer „historische(n) Symbiose von Staat und Energiewirtschaft“, Henicke/Müller 2006, 130). Der Steuerungsmodus für die erneuerbaren Energien zielt dagegen auf eine indirekte Förderung innovativer Potenziale, die sich jenseits des im Stromsektor traditionell dominierenden Netzwerkes aus staatlichen und ökonomischen Akteuren entfalten sollen. Huber bezeichnet derartige Regulierungsaktivitäten des Staates als „*Kontextsteuerung*“, d.h. Maßnahmen, die „*nicht unter unmittelbare rechtswirk-*

⁶⁷ Quelle: BSW-Solar / www.solarwirtschaft.de (Stand: Juni 2007).

⁶⁸ In absoluten Zahlen: In 2006 wurden in Deutschland aus Fotovoltaikanlagen rund 2 Mrd. kWh Strom, aus Biogasanlagen rund 5,4 Mrd. kWh Strom erzeugt (BMU 2007, 4).

same Anweisungen, und damit direkte staatliche Verhaltenszwingung“ fallen, sondern eine „indirekt lenkende“ Aktivität des Staates beinhalten (Huber 2001, 362 ff.).⁶⁹ Die Stärke einer Kontextsteuerung sieht Huber in Abgrenzung zu ordnungsrechtlichen Ansätzen darin, in mittel- bis langfristiger Perspektive Umweltinnovationen wie zum Beispiel erneuerbare Energien wirksam fördern zu können – „eben aufgrund der partizipativen, kooperativen Aktivierung von Eigenbeiträgen relevanter Akteursgruppen“ (ebenda, 376).⁷⁰

Dieses regulative Instrumentarium entspricht im Prinzip dem innovationspolitischen Konzept des „strategischen Nischenmanagements“: Eine am Nischenkonzept orientierte Technologiepolitik kann vor allem dort ihre Stärken entfalten, wo es darum geht, privatwirtschaftliche Defizite bei den Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen auszugleichen. Der Staat ist gefordert, Nischenentwicklungen insbesondere in solchen Technologiefeldern zu unterstützen, in denen die bestehenden Technologielinien massive von der Allgemeinheit zu tragende ökologische Kosten verursachen und somit kaum zu erwarten ist, dass die Träger der etablierten Technologien die notwendigen Anstrengungen unternehmen, ökologisch überlegene Alternativen zu erforschen und zu entwickeln (Coenen 2002, 400 f.).

Zu den Erfolgsbedingungen umweltpolitischer Regulierung gehört auch die handwerkliche Ausführung der beschlossenen Maßnahmen und Förderinstrumente. Der Erfolg im Bereich der erneuerbaren Energien beruht nicht zuletzt darauf, dass die Politik sich nicht auf die Umsetzung isolierter Einzelinstrumente beschränkt, sondern sich auf einen „breiten Policy Mix“ stützt, zu dem neben technologiespezifischen und Planungssicherheit gewährenden Einspeisevergütungsmodellen auch gezielte staatliche Investitionsförderungen und geeignete planungsrechtliche Instrumente gehören. Gleichwohl steht das Erneuerbare-Energien-Gesetz als „das wichtigste Gesetz“ im Zentrum aller dieser Maßnahmen (Reiche 2004, 186 f.).⁷¹

Bemerkenswert am Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist zunächst einmal, dass damit der regenerativen Stromproduktion Priorität gegenüber der fossilatomaren eingeräumt wurde, und zwar „im Hinblick auf Klimaschutz, Umwelt-

⁶⁹ Im Einzelnen gehören zu diesem Steuerungstypus auch marktbezogene Finanzinstrumente wie z.B. „selektive Subventionen“, um „umweltpolitisch erwünschte Produkt-, Technologie- oder Verfahrensinnovationen“ auf den Weg zu bringen. Ein „umweltpolitisch wirksames Beispiel“ sei die „Subventionierung von Windenergie durch die gesetzliche Einspeisevergütung“ (Huber 2001, 362+371f).

⁷⁰ Wobei bestimmte Instrumente zur Kontextsteuerung auch staatsinterventionistische „Top-down-Vorgaben“ enthalten können: So schreibt das Erneuerbare-Energien-Gesetz den Energieversorgungsunternehmen vor, den regenerativ erzeugten Strom zu bestimmten Mindestpreisen abzunehmen – eine Regelung, die die Verbraucher über einen Aufschlag auf ihre Stromrechnung zu bezahlen haben; Reiche 2004, 187.

⁷¹ Wichtige weitere Förderprogramme waren das 1999 gestartete „Marktanreizprogramm zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien“, das Investitionszuschüsse für die Errichtung regenerativer Energieanlagen zur Verfügung stellte, sowie das ebenfalls 1999 begonnene „100.000-Dächer-Programm“, mit dem Fotovoltaikanlagen durch günstige Darlehen bzw. Investitionszuschüsse gefördert wurden; vgl. Fischechick et al. 2000, 148 ff.

schutz, nachhaltige Entwicklung“ (§ 1 EEG). Darüber hinaus legte der Gesetzgeber eine klare Zielmarke fest: Bis 2010 sollte sich der Anteil des regenerativ erzeugten Stroms mindestens verdoppeln (§ 1 EEG). In der EEG-Novelle 2004 wurde diese Zielvorgabe noch einmal erweitert. Demnach wird angestrebt, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung bis 2010 auf mindestens 12,5 Prozent und bis zum Jahr 2020 auf mindestens 20 Prozent zu erhöhen (§ 1 EEG 2004). Als eine der entscheidenden Neuerungen wurden die Vergütungssätze im EEG nicht mehr wie im Stromeinspeisegesetz an die (variablen) Endverbraucherpreise gekoppelt, sondern für den gesamten Förderungszeitraum garantiert festgelegt. Dies erhöhte die Planungssicherheit enorm und half der Windenergiebranche, einen Markteinbruch zu überwinden, der mit den vorübergehend sinkenden Strompreisen nach der 1998 erfolgten Liberalisierung des Strommarktes zusammenhing. Hinter dem EEG von 2000 stand zudem das erklärte Ziel, nicht nur die Windkraftnutzung weiter auszubauen, sondern eine neue Dynamik bei der Biomasse und der Fotovoltaik auszulösen sowie die geothermische Stromerzeugung in Gang zu setzen. Zu diesem Zweck wurden die von den Stromkonzernen zu zahlenden Vergütungssätze für den regenerativ erzeugten Strom zum Teil deutlich angehoben. Mit der EEG-Novelle 2004 wurde dieses Ziel konsequent weiterverfolgt, indem insbesondere die Vergütung für die Biostromproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen sowie für die Solarstromproduktion auf Gebäudedächern, Fassaden und Freilandflächen noch einmal erhöht wurde. Damit reagierte der Gesetzgeber auf den unterschiedlichen Stand der Innovationsentwicklung in den einzelnen Bereichen der regenerativen Stromproduktion. Doch blieb es für die Akteure in allen geförderten Sparten auch weiterhin erforderlich, die Innovationsdynamik aufrechtzuerhalten, da beide Versionen des EEG Degressionsregelungen in Bezug auf die Höhe der jeweiligen Einspeisevergütungen enthalten. Aufgrund dieser Regelungen vermindert sich die Höhe der Einspeisevergütung von Jahr zu Jahr. Dies heißt konkret: Je später eine neue Anlage in Betrieb genommen wird, desto niedriger fällt die für die gesamte Zeitspanne ihres Betriebs zu erwartende Vergütung des produzierten Stroms aus. Wenn die Degression der Vergütung nicht durch technische oder anderweitige Verbesserungsinnovationen kompensiert wird, lohnt es sich nach wenigen Jahren nicht mehr, in die Stromerzeugung einzusteigen.

Die Praxis zeigt, dass von einer solchen Regelung wirkungsvolle Anreize für Anlagenhersteller und -betreiber ausgehen, Kosten zu senken und die Anlagenproduktivität zu erhöhen (Nitsch et al. 2005). War gegen Ende der 1990er Jahre die 1-Megawatt-Anlage neuester Stand der Windenergien-Technik, so ist gegenwärtig bei mehreren Herstellern die 5-Megawatt-Anlage in der Erprobung. Im Bereich der Fotovoltaik, wo nach wie vor die weitaus höchsten Gestehungskosten pro Kilowattstunde vorliegen, hat sich in den letzten 15 Jahren ein wesentlicher Teil der Innovationsbemühungen darauf konzentriert, den Wirkungsgrad von Solarzellen zu erhöhen. Fotovoltaikanlagen mit kristallinen Siliziumzellen, die ge-

genwärtig einen Marktanteil von über 90 Prozent haben, erreichen heute im Schnitt Wirkungsgrade von 14 bis 16 Prozent. Im Fall von – schon heute massenproduktionsstauglichen – „Hocheffizienzzellen“ werden bereits Wirkungsgrade von 20 Prozent überschritten (Janzing 2005; Rentzing 2005a). Ein anderer Weg zur Kostenreduktion wird mit der Entwicklung Material sparender Solartechnologien beschritten, das Stichwort lautet „Dünnschichtzellen-Technologie“. Ziel ist es, durch eine Verbesserung der Zelleigenschaften zu einer kostenoptimalen Kombination von Wirkungsgrad und Zelldicke zu kommen. Darüber hinaus wird seit einigen Jahren mit Dünnschicht-Solarzellen experimentiert, die nicht auf der Siliziumtechnologie, sondern auf bestimmten Verbindungshalbleitern beruhen.⁷² Hier muss der Nachteil geringerer Wirkungsgrade mit dem Vorteil eines kostensparenden Materialeinsatzes abgewogen werden. Im Bereich der landwirtschaftlichen Biogasnutzung hat sich bei den Strom erzeugenden Motoren der elektrische Wirkungsgrad seit Mitte der 1990er Jahre von knapp über 20 Prozent auf heute 30 bis 35 Prozent erhöht, „die Besten kommen sogar an die 40 Prozent heran“.⁷³ Auch beim Gärprozess sind die Effektivierungspotenziale, z.B. durch die Verkürzung der Verweildauer der Gärsubstrate oder durch die Erhöhung der Prozessstabilität, noch nicht ausgeschöpft. Und schließlich gibt es noch erhebliche Potenziale im Pflanzenbau, etwa beim „Einsatz von Hochleistungs-Energiepflanzen, die die Pflanzenzüchter zurzeit in Versuchen testen“ (Bensmann 2005, 57).

Das Förderinstrument der kostendeckenden Einspeisevergütung, wie es im EEG 2000 und in der EEG-Novelle 2004 umgesetzt wurde, zielt demnach einerseits darauf, für die Pioniertechniken im Bereich der regenerativen Stromerzeugung geschützte Entwicklungsräume – bzw. technologische Nischen – zu schaffen. Andererseits sollen den Akteuren genügend Anreize für technische Weiterentwicklungen gegeben werden, um mittel- bis langfristig zu voll marktfähigen, mit den konventionellen Energieträgern konkurrenzfähigen Techniken zu kommen. Ob und in welchen Zeiträumen dies für welche der hier in Frage kommenden Techniken gelingen kann, ist derzeit natürlich noch kaum abzusehen. Da es hierbei auch um einen Kostenwettbewerb geht, wird vieles davon abhängen, wie sich die *Differenzkosten* zwischen regenerativer und konventioneller Stromproduktion zukünftig entwickeln werden. Mit Differenzkosten bezeichnen Fishedick et al. (2000, 117 ff.) die zusätzlichen Kosten, die bei den regenerativen Energien im Vergleich zu den konventionellen Energien aufgebracht werden müssen. Die Entwicklung der Differenzkosten hängt von zahlreichen Faktoren ab, etwa von Preisentwicklungen sowohl auf den Märkten für fossile Rohstoffe als auch auf den Märkten für regenerative Energietechniken⁷⁴, von der Zunahme energetischer

⁷² Wie z.B. Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) oder Cadmium-Tellurid (CdTe); vgl. Rentzing 2005a, 39 f.

⁷³ Expertengespräch mit einem norddeutschen Biogasexperten und Präsidiumsmitglied des Fachverband Biogas e.V.

⁷⁴ So haben die starken Preiserhöhungen für Solarzellen in den letzten Jahren die Kosten für die Solarstromproduktion erhöht.

Wirkungsgrade bei den verschiedenen – konventionellen wie regenerativen – Techniken der Stromerzeugung und schließlich davon, inwieweit die Betreiber konventioneller Kraftwerke auch in Zukunft auf staatliche Subventionen sowie auf die Möglichkeit, ökologische Folgekosten zu externalisieren, zurückgreifen können. Hennicke/Müller erwarten – unter Hinweis auf „mehrere Gutachten“ – bei den Stromkosten aus regenerativer und aus fossiler Elektrizitätsproduktion eine „Scherenentwicklung“. Den infolge von Kostendegression, Massenproduktion und Lerneffekten tendenziell sinkenden Kosten bei den erneuerbaren Energien stünde dabei zum einen die zu erwartende allgemeine Preissteigerung für fossile Brennstoffe gegenüber. Zum anderen gehen die Autoren bei ihren Berechnungen davon aus, dass nicht nur am Kernkraft-Ausstiegsbeschluss festgehalten werde, sondern dass den Betreibern von Kraftwerken auf Basis fossiler Energien ein Weiter-so-wie-bisher aus klimapolitischen Gründen zukünftig verwehrt werde und ihnen wirksame – sowie recht kostenträchtige – Klimaschutzmaßnahmen wie die Kohlendioxid-Deponierung abverlangt würden. Unter diesen Voraussetzungen, so Hennicke und Müller, sei mittelfristig damit zu rechnen, „*dass der dezentral erzeugte Strommix aus erneuerbaren Energien und Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber einem fossil dominierten zentralisierten Kraftwerkspark überlegen ist*“ (Hennicke/Müller 2006, 195). Fazit: Die von den Stromverbrauchern per EEG-geregelter Umlage getragenen „*vorübergehenden Mehrkosten*“ für den „*grünen Strom*“ seien die für den Klimaschutz und den Atomausstieg notwendige Startfinanzierung. Ab etwa 2020 bis 2030 könne jedoch regenerativ erzeugter Strom denjenigen aus fossil befeuerten Kraftwerken „*deutlich unterbieten*“ (ebenda).

Demgegenüber ergeben Berechnungen, die für den Zeitraum bis 2020 von klimapolitisch konservativeren Erwartungen ausgehen, ein anderes Bild: Pfaffenberger/Hille (2004a,b) erwarten zwar mittelfristig mehr oder minder deutliche Preiserhöhungen bei den Emissionszertifikaten für die auf fossiler Basis produzierenden Kraftwerke, sie rechnen aber damit, dass der so entstehende Kostendruck durch die Steigerung elektrischer Wirkungsgrade bei Kraftwerksneubauten (Braunkohle-, Steinkohle- und Gaskraftwerke) zumindest teilweise kompensiert werden könne.⁷⁵ Damit blieben die Erzeugungskosten für Strom auf fossiler Basis auch in Zukunft vergleichsweise niedrig, wohingegen die Erzeugungskosten für regenerativ produzierten Strom, folgt man den Berechnungen von Pfaffenberger/Hille (2004a, 8-12 ff.), auch im Jahr 2020 noch weit darüber liegen würden. Sollten sich die Marktbedingungen im Stromsektor gemäß diesem Szenario entwickeln, dann ist zu erwarten, dass der regenerative Energiemix infolge weiterhin bestehender Differenzkosten auch in längerer Perspektive nur begrenzt marktfähig und

⁷⁵ Die „unter Klimaschutzgesichtspunkten interessanten Konzepte“ zur Kohlendioxid-Abtrennung und -lagerung sind aus Sicht von Pfaffenberger/Hille „zurzeit und auch im Hinblick auf den anstehenden Investitionszyklus (d.h. im betrachteten Zeitraum bis 2020, d. Verf.) technisch und wirtschaftlich nicht realisierbar“ (Pfaffenberger/Hille 2004b, K-7).

damit auf den Steuerungsmodus einer marktunabhängigen und kostendeckenden Vergütungsregelung angewiesen sein wird.

3.1.3. Erweiterung des sozialen Spektrums alternativer Stromproduzenten

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz war nicht nur für die weitere Steigerung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen entscheidend, sondern auch dafür, dass das in den Jahren zuvor entstandene heterogene Spektrum „neuer“ Stromproduzenten erhalten blieb und sich noch weiter ausdifferenzierte. Der Gesetzgeber verfolgte damit eine Grundidee der Ökostrompioniere, nach der die Stromversorgung kein Privileg der etablierten Versorgungsunternehmen sein sollte, sondern ein Betätigungsfeld, das grundsätzlich jedem offen steht. Durch die garantierten und differenzierten Vergütungssätze erhöhte der Gesetzgeber den Anreiz für zusätzliches Engagement im Bereich der alternativen Stromproduktion. Der mit Hilfe des EEG weiter vorangetriebene Prozess *sozialer Öffnungen* des Stromsektors hin zu einer Vielfalt „neuer Stromproduzenten“ bleibt damit einer der entscheidenden Diffusionsfaktoren für die erneuerbaren Energien.

Wir haben bereits gesehen, wie im *Windenergiesektor* mehr und mehr Akteure mit genuin ökonomischen Motiven aktiv wurden: „Grüne“ Firmengründer, die ihr Engagement für die erneuerbaren Energien nun zur beruflichen Existenzsicherung nutzten und zum gewinnorientierten unternehmerischen Handeln ausbauten; Landwirte auf der Suche nach einem weiteren wirtschaftlichen Standbein; private Geldanleger mit einem Interesse an „ethischen“ Anlagemöglichkeiten, für die Windfonds attraktiv waren; wohlhabende Privatpersonen, denen sich mit solchen Anlagemodellen Möglichkeiten zur Steuerersparnis über Verlustzuschreibungen eröffneten usw. Durch die Regelungen im EEG sind inzwischen sogar einige große Unternehmen aus der Energiebranche hinzugekommen, die sich als „strategische Partner“ mittelständischer Planungs- und Projektierungsfirmen im Sektor der Offshore-Windkraftnutzung oder als Betreiber eigener Windparks finanziell engagieren und damit die großkapitalistische Variante der Allianz von Ökonomie und Ökologie repräsentieren. Allerdings lässt sich bei der Windkraft mittlerweile eine gewisse Verengung des Akteursspektrums durch die fortgeschrittene Ökonomisierung des Handlungsfeldes beobachten. Seit Jahren verschieben sich die Gewichte hin zu einer immer stärkeren Professionalisierung der Branche, und zwar nicht mehr nur bei den Anlagenherstellern, sondern auch bei den Betreibern der Windanlagen. Aufgrund dieses Trends wurden die Landwirte und Bürgergruppen, die die Szene einst dominierten, immer mehr zu „Zaungästen“ der Entwicklung.⁷⁶

Die Besonderheit des *Fotovoltaiksektors* liegt dagegen darin, dass er nach wie vor ein besonders breites soziales Akteursspektrum umfasst. Verantwortlich dafür sind im Wesentlichen zwei Entwicklungsfaktoren, die den Boom der Strompro-

⁷⁶ Wir haben diesen Trend in einer früheren Studie ausführlicher nachgezeichnet (Byzio et al. 2002, 372ff.).

duktion aus Fotovoltaik nach wie vor tragen. *Erstens* bewirkte die mit dem EEG im Jahr 2000 eingeführte und mit der Gesetzesnovelle im Jahr 2004 noch einmal nachjustierte kostendeckende Einspeisevergütung eine soziale Öffnung hin zu bisher nicht (oder kaum) erreichten Bevölkerungssegmenten. Unter den günstigeren Vergütungsbedingungen wurde die Investition in eine Solarstromanlage nun auch für Akteure interessant, die in erster Linie an einer gewinnorientierten Geldanlage interessiert waren, wobei der Nimbus des Öko-Investments als zusätzlich motivierender Faktor wichtig sein konnte, aber nicht in jedem Fall wichtig sein musste. *Zweitens* kam es durch die Marktexpansion zur Professionalisierung der Solarszene, in deren Verlauf nicht nur der inländische Produktionssektor (z.B. Hersteller von Solarzellen und -modulen oder von sonstigen Anlagenkomponenten) an Bedeutung gewann, sondern auch etliche mittelständische *StartUps* im Bereich der professionellen Anlagenfinanzierung, -planung und -projektierung sowie des technischen und kaufmännischen Betriebs von Solargroßanlagen gegründet wurden.

Mit der boomartigen Entwicklung des Fotovoltaikbereiches hat sich eine besonders kleinteilige und dezentralisierte Ausprägung der Innovation „Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen“ etabliert. Solarstrom wird nach wie vor überwiegend in klein dimensionierten Anlagen auf Gebäudedächern erzeugt. Ansätze zur Zentralisierung lassen sich allein dort beobachten, wo größere Freilandanlagen errichtet oder großflächige Dächer von Industrieanlagen mit Modulen bestückt werden. Im Wesentlichen lassen sich im Hinblick auf das soziale Spektrum der Solarstromproduzenten *vier Verbreitungsstränge* unterscheiden:

Der erste – und älteste – Strang umfasst die Solarstrom produzierenden *Eigenheimbesitzer*, deren Bandbreite heute vom überzeugten Öko-Idealisten bis hin zum kühl kalkulierenden Häuslebauer reicht, der die Fotovoltaikanlage vor allem als günstige Langfristinvestition betrachtet. Den zweiten, seit einigen Jahren expandierenden Strang repräsentieren die *Bürgersolarkraftwerke*, die in der Regel von lokalen Initiativen oder Solarvereinen ins Leben gerufen werden. Sie sind zumeist auf die finanziellen Möglichkeiten von Interessenten zugeschnitten, die sich eine eigene Fotovoltaikanlage nicht leisten können (bzw. wollen) oder denen als Mieter die baulichen bzw. eigentumsrechtlichen Voraussetzungen dafür fehlen. Das soziale Spektrum der an solchen Gemeinschaftsanlagen beteiligten Personen kann recht breit ausfallen, je nachdem in welcher Höhe die Mindestbeteiligung festgelegt wird, wie das soziale Umfeld der Initiatorengruppe beschaffen ist, welche Stoßrichtung die Initiatoren für ihre Werbe- und Kommunikationsstrategien wählen und inwieweit die Multiplikatorfunktion lokaler Vorreiter zum Tragen kommt. Der dritte, in den letzten Jahren ebenfalls expandierende Strang wird von *privaten Investoren* gebildet, die in kommerzielle Solarstrom-Beteiligungsmodelle eingestiegen sind, etwa in Solarfonds, über die Großanlagen bis zu mehreren Megawatt Nennleistung finanziert werden, oder in stärker regional vermarktete Beteiligungen an mittelgroßen Anlagen, wobei die Mindesteinlage auch hier in der Regel deutlich höher als bei Bürgersolarprojekten ausfällt. Die Zielgruppe solcher kom-

merziellen Beteiligungsmodelle sind naturgemäß einkommensstärkere Personen oder Haushalte, die nach renditeträchtigen und ökologisch vertretbaren Alternativen zu den sonstigen am Finanzmarkt gehandelten Anlageformen suchen. Den vierten Strang bilden schließlich die *Landwirte*, für die die Solarstromerzeugung heute zu einer lukrativen Nebeneinnahme geworden ist, da sie in der Regel über ausreichende Dachflächen für mittelgroße Solaranlagen (im Leistungsbereich von 30 bis 100 kWp) verfügen und bei der Anlageninstallation gegebenenfalls Eigenleistungen erbringen können. Mit Hilfe der in vielen Regionen existierenden landwirtschaftlichen Maschinenringe haben sie zudem nicht selten die Möglichkeit, sich zu Einkaufsgemeinschaften zusammenschließen, um dadurch in den Genuss von Preisnachlässen beim Anlagenkauf zu kommen. Branchenexperten zufolge waren die Landwirte in den letzten Jahren sogar die stärkste treibende Kraft im Fotovoltaikbereich (Rentzing 2005c).

Auch der gegenwärtige, vor allem von der EEG-Novelle 2004 ausgelöste Boom bei der *Biogasnutzung* wird in erster Linie von Landwirten getragen. Gerade dieser aktuelle Boom führte zu einer bisher beispiellosen Diffusion regenerativer Energietechniken in die konventionelle Landwirtschaft. Manche Verfechter der Energiewende und auch Interessenvertreter der Landwirtschaft erkennen hier bereits einen Trend „vom Landwirt zum Energiewirt“, aufgrund dessen viele Betriebe die Nahrungsmittelproduktion weitgehend aufgeben könnten, um sich fortan auf den Energiepflanzenanbau und die Stromerzeugung in eigenen Biogas-, Fotovoltaik- und/oder Windkraftanlagen zu konzentrieren. Dies brächte, so das Argument, einerseits Entlastung für den überproduzierenden Nahrungsmittelsektor und wäre andererseits ein wichtiger Beitrag für den Klimaschutz und den ökologisch notwendigen Strukturwandel im Energiesektor.

Der *vollständige* Umstieg auf den „Energiewirt“ ist die weitestgehende Lösung, die gleichwohl für einen (hier nicht quantifizierbaren, weil aus heutiger Sicht noch nicht absehbaren) Teil der Landwirte in Frage kommen könnte. Die häufigere Variante scheint jedoch die Energieproduktion als *zusätzliches* Standbein zu sein. Für die Biogasnutzung sind weitere Abstufungen des Engagements der Landwirte zu berücksichtigen: Am weitesten verbreitet dürfte nach wie vor die Kombination aus Milchviehhaltung und dem Betreiben einer kleineren Biogasanlage zur Verwertung der eigenen Gülle sein. Eine zweite Perspektive, die angesichts des seit 2004 gezahlten „Nawaro-Bonus“ an Bedeutung gewinnt, ist die Kombination von Nahrungsmittel- und Energiepflanzenanbau mit dem Eigenbetrieb einer Biogasanlage, deren Größe dem zu erwartenden Nawaro-Ertrag angepasst ist. Ebenfalls an Bedeutung gewinnt eine Variante des Engagements im Biogasbereich, bei der sich der einzelne Landwirt an einer Gemeinschaftsbiogasanlage finanziell beteiligt, für deren technischen Betrieb er nicht selbst verantwortlich ist, die er aber mit Rohstoffen (Energiepflanzen, Gülle) beliefert. Schließlich ist eine Variante denkbar, bei der sich der Landwirt auf den Anbau von Energiepflanzen spezialisiert, um diese an große landwirtschaftliche oder sonstige gewerbliche Biogasproduzenten

zu verkaufen. Unabhängig davon, ob ein Landwirt ganz oder teilweise auf die „Biogas-Schiene“ setzt und ob er dabei die gesamte Wertschöpfungskette im eigenen Betrieb abdeckt oder sich auf die Rolle eines Rohstofflieferanten beschränkt: Die von uns befragten Experten sind sich einig, dass ein Landwirt mit einem solchen Schritt angesichts der zunehmenden Einkommensunsicherheiten im Landwirtschaftssektor einen Beitrag zur betrieblichen Risikoabsicherung leistet – und sich damit im Idealfall von strukturellen Abhängigkeiten emanzipiert, die sich infolge der immer stärkeren Spezialisierung bäuerlicher Betriebe in den letzten Jahrzehnten verfestigt haben.

Alles in allem sind die Landwirte damit nicht nur prototypisch für die Gruppe der neuen, ökonomisch motivierten Energieproduzenten, auf die das Förderkonzept des EEG in besonderer zugeschnitten ist. Möglicherweise sind sie auch beispielhaft dafür, dass diese neuen Energieproduzenten mehr sein können als bloß eine Durchlaufstation im Diffusionsprozess der regenerativen Stromerzeugung. Zwar scheint die Entwicklung der Windkraftnutzung gerade in der Landwirtschaft eher das Gegenteil zu belegen. Doch für die Biogasverstromung könnte sich die direkte Anbindung an landwirtschaftliche Einzelbetriebe oder kleine Betriebsverbände ebenso als idealer Produktionszuschnitt herausstellen wie für die Fotovoltaik die massenweise Integration in Dächer und Fassaden privater Wohngebäude. In beiden Feldern scheint die Ausdifferenzierung des Akteursfeldes, die durch die finanziellen Anreize des Erneuerbare-Energien-Gesetz befördert wird, zum dauerhaften Merkmal der Innovation geworden zu sein.

3.1.4. *Stabilisierung und Ausbau dezentraler Akteursnetzwerke*

Die Verbreitung der regenerativen Stromerzeugung wird auch heute noch durch das Engagement eines breiten Spektrums von Multiplikatoren vorangebracht. Allerdings nimmt die Bedeutung jener Multiplikatoren zu, die diese Funktion nicht im privaten Umfeld bzw. ehrenamtlich, sondern im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit ausfüllen. Eine entscheidende Grundlage für die *Professionalisierung der Multiplikatorfunktion* bildete wiederum die generelle Verbesserung des Entwicklungsumfeldes der alternativen Stromproduktion unter der rot-grünen Bundesregierung ab 1998.

Im Vergleich zum weit entwickelten und hochgradig professionalisierten Windenergiesektor ist es in den beiden anderen von uns untersuchten Bereichen der alternativen Stromproduktion noch in höherem Maße notwendig, Akteure für die Nutzung der jeweiligen Technik zu gewinnen. Auch hier haben sich die für den Diffusionsprozess relevanten Multiplikatorfunktionen vor dem Hintergrund des günstigen Entwicklungsumfeldes weiter ausdifferenziert und professionalisiert. So wird das dezentralisierte Diffusionssystem der *Biogasszene*, das ursprünglich stark von ehrenamtlichen Change Agents geprägt war, heute von einer Vielfalt professioneller Multiplikatoren genutzt, um die Verbreitung der Biogasnutzung unter den Landwirten weiter voranzutreiben. Neben dem Fachverband Biogas,

der gezielt Informationsveranstaltungen, Tagungen und Weiterbildungsseminare für Landwirte veranstaltet, spielen heute Fachberater bei den Landwirtschaftskammern und bei regionalen Bauernorganisationen eine zunehmend wichtige Multiplikatorenrolle, da sie erstens eine herstellerunabhängige Beratung anbieten können und zweitens genügend soziokulturelle Nähe – bzw. „Stallgeruch“ – mitbringen, um von den Landwirten als beratende Instanz akzeptiert zu werden. Ähnliches gilt für die landwirtschaftlichen Maschinenringe, deren Beratung von etlichen Landwirten, die das Betreiben einer Biogasanlage in Betracht ziehen, nachgefragt wird.⁷⁷

In der Zunahme professioneller Multiplikatoren kommt auch zum Ausdruck, dass die Förderung der Biogasnutzung nicht mehr nur Gegenstand von Umweltpolitik ist, sondern inzwischen in etlichen Bundesländern auch zum Zielkanon von Landwirtschaftspolitik und landwirtschaftlicher Strukturförderung gehört und damit ein weiteres institutionelles Standbein erhalten hat. Zum Beispiel werden in *Bayern* landwirtschaftliche Biogasanlagen mit Stromeinspeisung ins öffentliche Netz im Rahmen des Einzelbetrieblichen Investitionsförderprogramms (EIF) finanziell gefördert. Den „Hauptbeitrag“ beim Ausbau der erneuerbaren Energien in Bayern soll nach den Zielvorgaben der Bayerischen Staatsregierung die Biomasse leisten, da sie „das größte mittelfristig erschließbare Potenzial erneuerbarer Energien liefert und auch landwirtschaftspolitisch von besonderem Interesse ist“.⁷⁸ Oder das Beispiel *Brandenburg*: Das Bundesland fördert im Rahmen eines „Biomasseaktionsplans“ neben den Bereichen Biokraftstoffe und Biofestbrennstoffe auch den Biogassektor, der bis 2010 etwa 175 Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von ca. 75 MW umfassen soll. Das Landwirtschaftsministerium verspricht sich von einer solchen Entwicklung geschlossene regionale Stoff- und Wirtschaftskreisläufe, „die die Wertschöpfung in der Landwirtschaft erhöhen und die Wirtschafts- und Kaufkraft der ländlichen Regionen stärken“.⁷⁹ Dazu unterstützt das Ministerium die Arbeit der in Brandenburg inzwischen existierenden regionalen Netzwerke in den Bereichen Biomasseforschung, Technikentwicklung und Technikanwendung. Typisches Beispiel für ein stark anwendungsbezogenes Akteursnetzwerk ist die in Nordost-Brandenburg gegründete Clusterinitiative Biogas, deren Initiatoren sich als Multiplikatoren dezentraler Biogastechnik im Bereich landwirtschaftli-

⁷⁷ Ein von uns befragter Vertreter des Maschinenrings Göttingen sieht solche landwirtschaftlichen Selbsthilfeeinrichtungen sogar in einer regionalen Schlüsselfunktion: Seine Einschätzung für den Bereich Kassel lautet, „dass da 90 Prozent der Biogasaktivitäten über den Maschinenring laufen“, im Bereich Göttingen seien es die Hälfte bis zwei Drittel.

⁷⁸ Vgl. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (Hg.) (2004): Gesamtkonzept Bayern zur Energiepolitik, 11.

⁷⁹ Vgl. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (Hg.) (2006): Biomasseaktionsplan Brandenburg. Strategie zur energetischen Nutzung von Biomasse bis 2010, 3 u. 17.

cher Betriebe der Region verstehen und energiepolitische Ziele mit regionaler Strukturverbesserung verknüpfen wollen.⁸⁰

Eine Besonderheit der *Solarszene* ist nach wie vor, dass wichtige Multiplikatorfunktionen nicht nur von professionellen Change Agents, sondern im erheblichen Maße auch von zivilgesellschaftlichen Akteuren ausgeübt werden. Die Bedeutung des jeweiligen Akteurstyps kann dabei von Bundesland zu Bundesland und von Kommune zu Kommune ganz unterschiedlich sein. So gibt es etliche *Kommunen*, in denen behördliche Change Agents an der Verbreitung der Solarenergienutzung wesentlich beteiligt sind. Das ist beispielsweise dort der Fall, wo kommunale (oder auf Kreisebene) tätige Klimaschutz- oder Agenda-21-Beauftragte ernannt wurden, die sich für die Initiierung von Bürgersolkraftwerken einsetzen, oder dort, wo von kommunaler Seite versucht wird, lokale Akteursnetzwerke im Bereich Solarenergie (z.B. regelmäßig tagende „Solarstammtische“) ins Leben zu rufen, an denen Fachhandwerker, Handwerksinnungen, Solarinitiativen, Architekten, Wohnungsbaugesellschaften, Energieberater, städtische Referate, Energieversorger usw. beteiligt sind. Das ambitionierteste Konzept einer auf *Landesebene* vorangetriebenen Professionalisierung von Multiplikatorfunktionen findet sich in Nordrhein-Westfalen. Es wird flankiert von einem landesspezifischen Förderprogramm für regenerative Energien, das zum Teil deutlich über die Bundesförderungen hinausgeht. Überdies sind Solarberater der „Energieagentur Nordrhein-Westfalen“ landesweit als Change Agents für die Diffusion der Fotovoltaik (und der Solarthermie) tätig.⁸¹ Zusätzliche Multiplikatorwirkungen verspricht man sich davon, gezielt Fachhandwerker zu so genannten „Solar-Checkern“ auszubilden und als professionelle Change Agents einzusetzen, die – schon aufgrund ihres eigenen Wirtschaftsinteresses – private oder gewerbliche Kunden zur Nutzung von Solarenergie motivieren sollen.

Auch dort, wo die Professionalisierung von Multiplikatorfunktionen schon recht weit fortgeschritten ist, geht sie mit den Aktivitäten zivilgesellschaftlicher Akteure der Solarszene häufig Hand in Hand. Ebenso wie das besondere „solare“ Engagement einer kommunalen Behörde die Initialzündung für entsprechende zivilgesellschaftliche Aktivitäten am Ort auslösen kann, ist nach wie vor auch der umgekehrte Weg üblich: dass nämlich die Kommune erst aufgrund des „Drucks von unten“ beginnt, sich für die lokale Verbreitung von Solartechniken einzusetzen. Immerhin gibt es nach Schätzungen des Bundesverband Solarindustrie heute ca. 600 Solarinitiativen in Deutschland (Drücke et al. 2004, 40), die jeweils zumindest im lokalen Rahmen Multiplikatorwirkungen entfalten und zu deren ausdrücklichen Zielen in vielen Fällen gehört, Kommunen bzw. kommunale Behör-

⁸⁰ Vgl. „Die Clusterinitiative ‚ENERGIE Nordost-Brandenburg (ENOB)“; URL: www.barum111.de/Clusterinitiati.2050.0.html

⁸¹ Für die Präsenz der Energieexperten vor Ort dient das „Energieberatungsmobil NRW“, ein Bus, mit dem auch die Solarberater durch die Lande fahren, um auf Marktplätzen, auf Messen, in Schulen usw. ihre Beratungsdienste anzubieten (Expertengespräch mit zwei Solarberatern der Energieagentur NRW).

den zur Kooperation bei Solarprojekten zu bewegen (etwa zur Bereitstellung von Dächern für Bürgersolaranlagen auf öffentlichen Gebäuden).

In bestimmten süddeutschen Regionen gibt es auch heute noch ein eindeutiges Übergewicht zivilgesellschaftlicher Multiplikatoren. Deren Dominanz hängt hier erstens eng mit der langen Tradition von Solarinitiativen zusammen, das heißt mit ihrer bereits in den 1990er Jahren erfolgten Verbreitung und Vernetzung sowie mit ihrem erfolgreichen Kampf für die kostendeckende Vergütung. Zweitens ist diese Dominanz – zumindest in Bayern – auch drauf zurückzuführen, dass die dortige Landesregierung von einer besonderen Förderung der Fotovoltaik bisher abgesehen hat. Im Unterschied zu Nordrhein-Westfalen gingen damit von der landespolitischen Ebene keine Anreize für die Professionalisierung von Multiplikatorfunktionen im Bereich der Solarstromerzeugung aus. Vielmehr ist es zivilgesellschaftlichen Change Agents, die in der Pionierphase der 1990er Jahre ein einschlägiges Know-how als „Macher“ und Organisatoren erworben haben, gelungen, in einigen Regionen Bayerns die Diffusion der Solarenergienutzung unter den nun günstigeren Förderbedingungen des EEG noch einmal deutlich zu beschleunigen.

Am Beispiel der südbayerischen „Initiative Sonnenstrom vom Watzmann bis zum Wendelstein“ werden *typische Strategieelemente* solcher Basisinitiativen, denen es mitunter gelingt, die regionale Dichte von Solaranlagen um ein Vielfaches zu erhöhen, deutlich: *Erstens* das Bestreben, die lokale und regionale Politik und Wirtschaft in die Initiative einzubinden, sei es als unmittelbar Beteiligte (z.B. Handwerksbetriebe), als Unterstützer oder als Kooperationspartner (z.B. Sparkassen als Kreditgeber für lokale Solarprojekte). *Zweitens* das Festhalten am Grundprinzip der dezentralisierten Diffusion durch Impulse von erfahrenen Change Agents: Man versteht sich als „Anschiebmotor und Geburtshelfer“ für neue lokale Solarprojekte, nicht aber als umfassender Problemlöser für andere Solaraktivisten. Das heißt man konzentriert sich in der Regel auf Hilfe zur Selbsthilfe. *Drittens* das frühzeitige Ansprechen und Einbinden kommunaler Meinungsführer: So werden in möglichen „Partnergemeinden“ bereits im Vorfeld Partner, z.B. im Bauamt, angesprochen, um damit den Boden für neue Bürgerkraftwerke auf öffentlichen Gebäuden zu bereiten. *Viertens* die Inszenierung eines Wettbewerbs zwischen den beteiligten Gemeinden: Nach dem Muster der „Solarbundesliga“⁸² wurde das Konzept der „Solarregionalliga“ ins Leben gerufen, zu dem alljährlich veröffentlichte Ranglisten der beteiligten Gemeinden und Preisverleihungen an die Spitzenreiter gehören.

Alles in allem wird deutlich, dass zivilgesellschaftliche Akteure an der „Basis“, die sich am Leitbild der dezentralen und kleinteiligen Stromversorgung orientie-

⁸² Die Solarbundesliga wird organisiert von der Branchenzeitschrift Solarthemen in Zusammenarbeit mit der Deutschen Umwelthilfe e.V. An der Solarbundesliga beteiligen sich inzwischen ca. 700 Kommunen. Die Rangfolge der Gemeinden wird nach einem Punktesystem ermittelt, in das erstens die Fotovoltaik-Nennleistung pro Einwohner und zweitens die verbaute Solarthermie-Fläche pro Einwohner eingehen. Quelle: website der Solarbundesliga; URL: <http://www.solarbundesliga.de/start.htm>

ren, neben den professionellen Multiplikatoren nach wie vor sehr wichtig sind für die Ausbreitung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen.

3.2. Hemmnisse, Ambivalenzen und Konflikte beim Ausbau der erneuerbaren Energien

3.2.1. Strukturelle Diffusionshemmnisse in einem ausdifferenzierten Akteursfeld

Wir haben die Verbreitung regenerativer Energien als eine Abfolge von sozialen Öffnungen bzw. als stufenweise Erweiterung, Ausdifferenzierung und Pluralisierung der Akteursstrukturen nachgezeichnet. In gewisser Weise handelt es sich bei dieser Entwicklung um einen sich selbst verstärkenden Prozess, da mit der sozialen Ausdifferenzierung und Professionalisierung dezentraler Multiplikatoren die für die Diffusion regenerativer Energietechniken relevanten Impulse intensiviert werden konnten. Erfolgreiche Diffusionsprozesse bringen neue Multiplikatoren ins Spiel, von denen wiederum neue Diffusionsimpulse ausgehen usw. Ferner konnten wir zeigen, dass die Entwicklung dezentraler Diffusionssysteme und sich verfestigender Branchenstrukturen von einer staatlichen Förderpolitik flankiert wurde, die solche Systeme und Strukturen gezielt unterstützte. Das Erfolgsgeheimnis dieses produktiven Zusammenspiels liegt darin, dass es den Wandel des Stromsystems über die Formierung eines neuen und vielfältig differenzierten Akteursfeldes vorantreibt. Dem konventionellen Stromsystem treten nun Akteure gegenüber, die von den hergebrachten Strukturen weitgehend unabhängig sind und die ihre Aktivitäten dort entfalten, wo die etablierten Akteure sich überwiegend desinteressiert zeigen.

Doch gilt es zu differenzieren: Anders als im Fotovoltaik- und im Biogassektor ist das Akteursspektrum im Windkraftbereich in den letzten Jahren eher schmaler geworden. Die Pioniere der alternativen Stromproduktion, das heißt Landwirte und Bürgerprojekte, sind längst Zaungäste einer Branchenentwicklung, an deren weiteren Fortgang sie voraussichtlich nur sehr begrenzt beteiligt sein werden. Inzwischen sind es ganz überwiegend mittelständische Unternehmen, die im Windkraftbereich den Typus des „neuen Stromproduzenten“ verkörpern und die weitere Expansion der Windenergienutzung – zum Teil auch über die deutschen Grenzen hinaus – maßgeblich vorantreiben. Bezieht man die Offshore-Aktivitäten mit ein, dann wird deutlich, dass die ursprünglich starke zivilgesellschaftliche Basis der Windenergieszene nun vollends aus dem Spiel ist und – neben inzwischen etablierten mittelständischen Windkraftunternehmen – auch einige der großen Stromkonzerne in das Windenergiegeschäft eingestiegen sind.⁸³

⁸³ Die Ausnahme bildet der vor der nordfriesischen Küste geplante Offshore-Bürgerwindpark Butendiek, ein im Jahr 2000 von einem regionalen Initiatorenkreis ins Leben gerufenes Projekt mit insgesamt mehr als 8.000 finanziellen Teilhabern, die ganz überwiegend aus Nordfriesland stammen. Allerdings beabsichtigen die „Butendieker“, eine „strategische Partnerschaft“ mit einem größeren Unternehmen (dem irischen Windkraftunternehmen Airtricity) einzugehen, um das Projekt wegen unerwarteter Kostenentwicklungen vor dem Aus zu bewahren. Sollte es zu dem Deal kommen,

Dagegen weist vieles darauf hin, dass die Expansion der Stromproduktion aus Fotovoltaik sowie aus Biogasanlagen auch weiterhin davon abhängen wird, ob es gelingt, das bisher dominierende Akteurspektrum in den Bereichen des (individuellen sowie gemeinschaftlichen) Bürgerengagements und der Landwirtschaft weiter zu stabilisieren und in Zukunft noch auszubauen. Beide Bereiche befinden sich seit einigen Jahren in einer Boomphase, in der die Erweiterung der Akteursbasis voranschreitet. Trotz allem wollen wir im Folgenden der Frage nachgehen, inwieweit es Anzeichen dafür gibt, dass diese Entwicklung an Grenzen stoßen könnte. Das besondere Augenmerk wird sich dabei auf *strukturelle Diffusionshemmnisse* richten, die das Überschreiten bestimmter Verbreitungsschwellen der Solarenergie- und Biogasnutzung erschweren könnten.

Die Verbreitung der *Solarenergienutzung* verläuft nach wie vor zu einem großen Teil in den Bahnen dezentralisierter Diffusionssysteme, deren Anfänge auf die späten 1980er Jahre zurückgehen. Die Tatsache, dass der Verbreitungsgrad von Region zu Region ganz unterschiedlich ist, verweist darauf, dass sich die Diffusionserfolge in den solaren Hochburgen mit ihrem dichten Netz von Solarinitiativen nicht ohne weiteres auf andere Regionen übertragen lassen. So war es kein Zufall, dass der ab 2000 beginnende „Solarboom“ insbesondere in einigen süddeutschen Regionen zu beobachten war, da hier bereits Ende der 1990er Jahre eine „etablierte“ Solarszene existierte, deren Schlüsselakteure sich zu wichtigen lokalen oder regionalen Multiplikatoren der Solartechnik entwickelt hatten. Nur hier verfügte man über die personellen Kapazitäten und organisatorischen Kompetenzen, um beispielsweise Projekte wie „Sonnenstrom vom Watzmann bis zum Wendelstein“ erfolgreich auf die Beine stellen zu können.⁸⁴

Im Übrigen funktioniert der dezentrale Diffusionsmechanismus wesentlich besser in einem dörflichen als in einem städtischen sozialen Umfeld. Die von uns befragten Experten und Expertinnen der Solarszene sind sich weitgehend einig, dass mit der Größe – bzw. dem Urbanisierungsgrad – einer Kommune die Diffusionschancen für fotovoltaische und solarthermische Anlagen auf Wohnhäusern sowie für Bürgersolaranlagen zum Teil deutlich sinken. Neben der Tatsache, dass mit zunehmender Gemeindegröße der Anteil an Eigenheimbesitzern abnimmt, dürfte dies vor allem damit zusammenhängen, dass Multiplikatoren aus der Solarszene und lokale Opinion Leaders 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 heterogenen sozialen Umfeld einer (Groß-)Stadt. Dies schließt auch hier Schneeballeffekte nicht aus, z.B. in Eigenheimsiedlungen am Großstadtrand oder in Mietwohnquar-

würde Airtricity die vollständigen Projektrechte bis zur Fertigstellung des Offshore-Windparks übernehmen, den beteiligten Bürgern aber anbieten, die Hälfte ihrer Anteile zurückzukaufen (Lönker 2007, 42).

⁸⁴ Nach Einschätzung des Sprechers der Initiative habe man in der Region alles in allem „sechs Jahre Vorlauf“ gebraucht, „um diesen Schub dann binzukriegen.“

tieren, in denen Bürgersolarinitiativen um Interessenten werben. Doch die Diffusionsbarrieren sind in Großgemeinden im allgemeinen höher als im Dorfe – was sich etwa an der recht zähen Verbreitung erster Bürgersolarprojekte in Großstädten wie Hamburg oder Berlin zeigt. So gelang es in Hamburg einer bereits 1995 gegründeten Betreibergemeinschaft für Solarstromanlagen bisher kaum, bei der Interessentenwerbung für Bürgersolaranlagen nennenswert über den Personenkreis der Hamburger Anti-AKW- und Umweltszene hinaus zu kommen. Bis zum Sommer 2005 konnten zehn kleinere bis mittlere Gemeinschafts-Solaranlagen (zwischen 2 und 21 kWp Nennleistung) verwirklicht werden, die zusammen knapp 70 kWp erbringen.⁸⁵ In Berlin kam es erst im Jahre 2003 zur Gründung einer Bürger-Solarinitiative. Der „Solarverein Berlin e.V.“ konnte im Januar 2004 die erste Berliner Bürgersolaranlage (Nennleistung: 5 kWp) in Betrieb nehmen. Nachdem es gelang, die Interessentenwerbung über die persönlichen Netzwerke der Vereinsgründer hinaus auszuweiten, konnten bis Ende 2006 im Großraum Berlin vier weitere Bürgersolaranlagen eingeweiht werden (Nennleistung: 5 kWp, 30 kWp, 30 kWp, 9,3 kWp). Für 2007 plant der „Solarverein Berlin e.V.“ den Bau einer weiteren Bürgersolaranlage.⁸⁶

Die Diffusionschancen der Solartechnik werden überdies von einem sozialstrukturellen Faktor begrenzt: Das Betreiben einer eigenen Fotovoltaikanlage kommt im allgemeinen nur für Eigenheimbesitzer in Frage und setzt überdies voraus, dass diese den Betrag für eine solche Investition erübrigen können (pro Kilowatt Nennleistung musste zur Zeit unserer Erhebungen mit einem Kaufpreis zwischen 4.000 und 4.500 Euro gerechnet werden; inzwischen ist das Preisniveau weiter angestiegen). Es handelt sich hier somit um eine Zielgruppe mit einem deutlichen Mittelschicht-Bias. Mit Bürgersolarprojekten wird versucht, einen solchen Bias zu vermeiden, indem die Mindestbeteiligungssumme recht niedrig angesetzt wird. Nach Einschätzung einiger von uns befragter Experten kann es damit in der Tat gelingen, eine sozial „gemischtere“ Klientel zu erreichen.⁸⁷

Darüber hinaus ist ein spürbares Süd-Nord-Gefälle bei der Sonneneinstrahlung zu berücksichtigen, was sich auf die durchschnittliche Stromproduktion von Solaranlagen und damit auch auf die Höhe der zu erwartenden Vergütung auswirkt. So ist es in etlichen norddeutschen Gebieten infolge geringerer Renditeerwartungen schwieriger, hier ähnlich wie in Süddeutschland auch eine stärker am ökonomischen Ertrag motivierte Klientel zu erreichen. Letzteres ist jedoch unabdingbar, sofern man die in den vergangenen Jahren erzielten Wachstumsraten auf

⁸⁵ Quelle: Expertengespräch mit dem ehrenamtlichen Geschäftsführer der Betreibergemeinschaft; Projektbeschreibung (Ms.); website der Röbbek Energieanlagen Beteiligungs GmbH & Co. KG; URL: <http://freenet-homepage.de/roebbek/index.html>

⁸⁶ Quellen: Expertengespräch mit der Vorstandssprecherin des „Berliner Solarverein e.V.“; website des „Berliner Solarverein e.V.“; URL: <http://www.solarverein-berlin.de/index.html>

⁸⁷ So bietet etwa „Ökostadt e.V.“ in Hannover Mindestbeteiligungen ab 290 Euro im Rahmen der Initiative „teilSolar“ an, womit man zum Mitglied einer „Bruchteilsigentümergeinschaft“ wird; vgl. website von „Ökostadt e.V.“; URL: <http://www.oekostadt.de/prts.htm>

dem inländischen Fotovoltaikmarkt auch in Zukunft erreichen will.⁸⁸ 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 Eigenheimbesitzern – zu den wichtigsten Abnehmern von Solaranlagen gehören, seit 2006 offenbar einen Markteinbruch, da die mit solchen Anlagen verknüpften Renditeerwartungen 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. Gleichwohl sehen die von uns befragten Branchenexperten strukturelle Diffusionshemmnisse. Weitgehend einig ist man sich darin, dass sich angesichts der Höhe der Anfangsinvestition, angesichts der aufzubringenden zusätzlichen Arbeitszeit sowie angesichts der für den Anlagenbetrieb notwendigen Kompetenzen nur ein Teil der Landwirte bzw. landwirtschaftlichen Betriebe für den Einstieg in die Biogasnutzung eignet. Bensmann weist in einer Branchenanalyse für 2006/2007 zwar einerseits darauf hin, dass das derzeitige Wachstum des Biogassektors „*in erster Linie von landwirtschaftlichen Betrieben getragen*“ werde, betont aber andererseits, dass „*die Gruppe landwirtschaftlicher Einzelbetriebe, die als Investoren in Frage kommen*“, inzwischen „*überschaubar*“ sei (Bensmann 2007, 53+55). Als einen der entscheidenden Faktoren betrachten Branchenexperten die jeweilige Betriebssituation und Betriebsstruktur: So hänge es nicht zuletzt von der Größe und der Liquidität eines landwirtschaftlichen Betriebs ab, ob die Investition in eine Biogasanlage ratsam sei. Ein weiterer Faktor sei die persönliche Qualifikation des Landwirts, wobei etliche der befragten Branchenvertreter davon ausgehen, dass Vieh haltende Landwirte aufgrund ihrer besseren Kenntnisse über Fermentationsprozesse sowie infolge ihrer Vertrautheit mit dem Gülleproblem die besseren qualifikatorischen Voraussetzungen mitbrächten.⁸⁹ Gute Diffusionschancen sieht man vor allem in Viehzuchtregionen, infolge der besonderen Nawaro-Förderung seit 2004 aber auch in vom Klima sowie von der Bodenqualität begünstigten Ackerbaugebieten. Es komme hinzu, dass regionale und strukturelle Unterschiede sich in den bäuerlichen „*Mentalitäten*“ niederschlugen, die mitentscheidend dafür seien, ob man es eher mit einem „*unternehmerischen Landwirt*“ zu tun habe, ob ein Landwirt ausreichend qualifizierungsfähig sei, ob er genügend

⁸⁸ So stellt „Ökostadt e.V.“ in Hannover den Beteiligten an „teilSolar“-Projekten „*bei sehr gutem Verlauf*“ eine Verzinsung von zwei Prozent in Aussicht. Quelle: ebenda. Der Initiator der Hamburger „Röbbeck Energieanlagen Beteiligungs GmbH“ sieht sich „*jetzt immerhin in der Lage, drei Prozent Verzinsung zu zahlen*“, was schon mehr sei, „*als die Leute auf dem Sparbuch kriegen*“. Nach seiner Einschätzung erwirtschaften Solaranlagen in Hamburg „*zehn Prozent bis 15 Prozent weniger Erträge als in Süddeutschland*“ (Quelle: Expertengespräch).

⁸⁹ Ein Vertreter des Maschinenrings Göttingen kommt zu der recht restriktiven Einschätzung, dass in der von reinen Ackerbauern dominierten Region südliches Südniedersachsen nur 5-10 Prozent der Landwirte (d.h. 25-50 von insgesamt ca. 600) über ausreichende persönliche Qualifikationen für den Betrieb einer Biogasanlage verfügten. Ohnehin könne er sich das nur für Betriebe vorstellen, in denen auch Gülle anfalle.

Affinität und Kompetenz für die Biogastechnik mitbringe usw. Schließlich muss das Phänomen der Preiszyklen auf dem (Welt-)Markt für landwirtschaftliche Produkte berücksichtigt werden: So sind der Anbau von Energiepflanzen und das Betreiben einer Biogasanlage für den einzelnen Landwirt unter ökonomischen Gesichtspunkten um so attraktiver, je geringere Erträge er mit einer alternativen Flächennutzung im Bereich des Nahrungsmittelanbaus erzielen würde. Umgekehrt bedeutet dies, dass die Ertragsrechnung für eine (geplante) Biogasanlage in einer Situation steigender Getreidepreise (wie im Herbst/Winter 2006/2007) vergleichsweise ungünstig ausfällt, was die Bereitschaft der Landwirte, auf die Energiepflanzen- und Biogasproduktion umzusteigen, dämpfen könnte.⁹⁰

Festzuhalten ist somit, dass das Potenzial von Akteuren, auf die die Verbreitung von Solar- und Biogastechnologien bisher stark angewiesen war, in Zukunft möglicherweise nur begrenzt nutzbar ist, und dass ökonomische Skaleneffekte, die auf dem Weg zur allgemeinen Marktreife unerlässlich sind, zumindest für den inländischen Markt geringer als erwartet ausfallen könnten. Kompensationsmöglichkeiten bei Fotovoltaik und Biogas eröffneten sich natürlich dann, wenn sich auch in diesen Branchen – analog zum Windkraftsektor – der Trend zu Großprojekten und entsprechend finanzkräftigen Großinvestoren verstärken würde. In der Tat war im Anschluss an die EEG-Novelle im Jahre 2004 eine starke Zunahme großer Fotovoltaik-Freilandprojekte zu beobachten, die in der Regel nicht im Rahmen von Bürgerprojekten, sondern als privatwirtschaftliche Investitionsvorhaben realisiert wurden. Im Biogassektor weist zurzeit einiges auf eine verstärkte Tendenz zu Großprojekten nicht-landwirtschaftlicher Investoren hin (Bensmann 2007, 55). Ob der sich abzeichnende – und im Windenergiesektor schon längst begonnene – Trend zur Zentralisierung der dezentralen Stromproduktion vor allem neue Möglichkeiten der Markterweiterung bietet oder aber auch auf spezifische Hindernisse und neue Konfliktfelder stößt, wird uns in den nächsten Abschnitten ausführlicher beschäftigen.

3.2.2. *Widerstände in der Bevölkerung*

Die Dezentralisierung der Erzeugungsstätten zählte von Anfang an zu den Grundprinzipien der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen (siehe oben, Kap. II.1) und gilt zudem als eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass „neue Akteure“ in den Energiemarkt einsteigen und hier „technologische Vielfalt“ (Ramesohl et al. 2002, 42) sowie das für junge Branchen notwendige hohe Maß an Innovationsdynamik sicherstellen können. Unter dem Gesichtspunkt der Sozialverträglichkeit hat die Dezentralisierung jedoch eine Kehrseite, die seit Mitte der 1990er Jahre, als die Windenergienutzung sich mehr und mehr auszubreiten begann, zunehmend deutlich wurde: Je dezentraler und zahlreicher die Anlagen,

⁹⁰ So die Einschätzung von Experten für den Biogassektor auf einem Workshop des Öko-Institut Darmstadt zu „nichttechnischen Hemmnissen der Biogasnutzung“ am 24. Januar 2007 in Kassel.

desto mehr Menschen sind von Störungen betroffen, die von solchen Anlagen ausgehen und desto zahlreicher und vielfältiger werden die daraus entstehenden Konflikte.

Dass mit der Verbreitung der regenerativen Energien die Konflikte um die „Erneuerbaren“ zugenommen haben, hängt mit einer Entwicklung zusammen, die als „Zentralisierung des Dezentralen“ bezeichnet werden kann. Gemeint ist die Errichtung immer größerer Anlagen zur regenerativen Energieerzeugung. Es ist vor allem auch diese – zumindest partielle – Abkehr vom ursprünglichen Prinzip der kleinen Dimensionen, die Akzeptanzprobleme bereitet. Diese Entwicklung wird vom gesetzlich vorgegebenen Förderkonzept für erneuerbare Energien vorangetrieben. Von der degressiv gestalteten Einspeisevergütung geht ein Kostensenkungsdruck aus, der die Hersteller und Betreiber zu Innovationen veranlasst, mit denen die Erzeugungskosten gesenkt werden können. Eine der Kostensenkungsstrategien zielt auf die Zentralisierung in der Dezentralität ab: So wurde seit Mitte der 1990er Jahre vielfach eine größere Zahl von Windkraftanlagen zu größeren Windparks zusammengefasst. Im Bereich der Fotovoltaik kam es nach dem Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetz in 2000 und insbesondere nach dessen Novellierung in 2004 zu verstärkten Investitionen in Freiland-Solarparks. Bei der landwirtschaftlichen Biogasnutzung zeigt sich nach Aussagen von Branchenvertretern unter den Förderbedingungen der EEG-Novelle eine gewisse Tendenz zu größeren Gemeinschaftsanlagen, die von zwei oder mehreren Landwirten gemeinsam betrieben bzw. mit Rohstoffen versorgt wird. Darüber hinaus scheint es, wie oben gezeigt, einen Trend zu Großprojekten zu geben, die von nicht-landwirtschaftlichen Investoren, z.B. unter Federführung oder Beteiligung von Stadtwerken und Energieversorgern, realisiert werden. Im Zuge dieser Entwicklung kommt es inzwischen verstärkt zur Errichtung von „Biogasparcs“, in denen mehrere Einzelanlagen gebündelt werden (Bensmann 2007, 53). Um welche Größenordnungen es dabei gehen kann, verdeutlicht die zurzeit in Mecklenburg-Vorpommern im Bau befindliche „weltweit größte Biogasanlage“, die von Privatinvestoren errichtet wird und bei der 40 Einzelanlagen zu einem 20-Megawatt-Kraftwerk zusammengekoppelt werden (Bensmann/May 2007). Dies alles sind Entwicklungen, die dennoch mit der Zentralisierung der Energieproduktion, wie sie bei herkömmlichen Kohle- oder Kernkraftwerken der Fall ist, streng genommen nicht zu vergleichen sind. Eine Ausnahme bilden allerdings die geplanten Offshore-Windparks.

Windkraft-, Biogas- oder Fotovoltaikanlagen arbeiten im Vergleich zur zentralisierten und vom Produktionsprozess her „kompakten“ Elektrizitätserzeugung in Atom- oder Kohlekraftwerken mit einer deutlich geringeren Energiedichte. Dies hat zur Folge, dass eine den herkömmlichen Großkraftwerken auch nur halbwegs vergleichbare Leistung in der Regel durch eine große Flächen in Anspruch nehmende *Addition* von Einzelanlagen (bzw. durch die elektrotechnische Kopplung einer ausreichenden Anzahl von Solarpaneelen) zu erreichen ist. So benötigt eine

mittelgroße Fotovoltaik-Freilandanlage (wie das Projekt „Flughafen 1 Saarbrücken“ der Wiesbadener CITY SOLAR AG) eine Fläche von 40.000 qm, um auf eine Nennleistung von 1,4 MWp zu kommen.⁹¹ Setzt man ein konstantes Flächen-Leistungsverhältnis voraus, so würde eine 700-MW-Anlage das 500-fache an Fläche, d.h. 20 qkm beanspruchen. Um Windparks im Hochleistungsbereich von mehreren Hundert Megawatt errichten zu können, ist die Branche bereits dazu übergegangen, den Küstenbereich von Nord- und Ostsee zu nutzen. Beim gegenwärtigen Planungsstand ist denkbar, dass Offshore-Windparks allein vor den deutschen Küsten mittel- bis langfristig Hunderte, wenn nicht Tausende von Quadratkilometern beanspruchen könnten (Byzio et al. 2005, 38). In der Biogasnutzung schließlich haben große zentralisierte Anlagen (etwa in der Größenklasse von mehreren Megawatt und darüber) zur Folge, dass pro Anlage – sofern sie nicht ganz überwiegend mit Koferten oder Gülle gefahren wird – ausgedehnte Anbauflächen für Energiepflanzen vorhanden sein sowie entsprechend weite Transportwege zur Beschickung der Anlagen überbrückt werden müssen.⁹²

Dies alles bedeutet, dass sich das ursprüngliche Prinzip dezentraler Kleinteiligkeit der regenerativen Stromproduktion bereits in Kapazitätsbereichen, die noch weit von denen herkömmlicher Großkraftwerke entfernt sind, nicht mehr aufrechterhalten lässt. Ein Grundmerkmal der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien verliert damit an Augenfälligkeit sowie an eindeutiger Abgrenzbarkeit zur zentralisierten Stromproduktion in konventionellen Kraftwerken – erst recht dort, wo auch Stromkonzerne in Großprojekte des Erneuerbare-Energien-Sektors einsteigen.

Eine Folge ist, dass mit dem Trend zur Zentralisierung des Dezentralen (bzw. im Dezentralen) auch das Problem der Akzeptanz regenerativer Stromerzeugung tendenziell an Brisanz gewinnt. Anders als beim Protest der 1970er und 1980er Jahre gegen die Kernkraftwerke, der auch von der moralischen Wucht der großen Menschheitsinteressen angetrieben wurde (Schutz von Mensch und Natur vor der katastrophischen Bedrohung atomarer Verstrahlung, Verhinderung eines totalitären „Atomstaats“), ist der Protest gegen Windparks, große Solaranlagen oder Biomassekraftwerke zumeist davon gekennzeichnet, dass es hier um konkrete Interessen von Anwohnern bzw. von konkurrierenden Nutzern geht. In der lokalen Bündelung solcher diversifizierten Interessen kann so etwas wie ein Allgemeininteresse artikuliert werden, dass sich gegen das als partikular wahrgenommene Interesse der Anlagenbetreiber richtet.

Welche Interessen, aus denen Allianzen gegen dezentrale Energiegewinnungstechniken hervorgehen können, kommen hier ins Spiel? Eine wichtige Rolle spielt

⁹¹ Quelle: website der CITY SOLAR AG; URL: <http://www.city-solar-ag.de/projekte.htm>

⁹² So werden für den bereits erwähnten 20-Megawatt-Biogaspark in Mecklenburg-Vorpommern pro Jahr voraussichtlich 300.000 bis 350.000 Tonnen Mais, 60.000 bis 80.000 Tonnen Schweinegülle und 20.000 Tonnen Getreide benötigt. Das „Inputmaterial“ soll von großen Ackerbau- und Tierhaltungsbetrieben im Umkreis von etwa 50 Kilometern geliefert werden (Bensmann/May 2007, 58).

das Interesse, befürchtete oder bereits wahrgenommene Beeinträchtigungen der eigenen Lebensqualität zu vermeiden, die mit der Nähe zu solchen energietechnischen Anlagen verbunden sein können. Bei Windkraftanlagen handelt es sich dabei zumeist um Lärmbelastigungen oder visuelle Beeinträchtigungen (verstellter Blick, „Disco-Effekt“ durch die rotierenden Flügel), bei Protesten gegen Biogasanlagen steht die Geruchsbelästigung im Vordergrund. Sofern die Befürchtung nähräumlicher Lebensqualitätsverluste nicht nur Einzelmeinung bleibt, sondern innerhalb eines lokalen Rahmens auf breitere Zustimmung stößt, kann sie mit der handfesten materiellen Befürchtung einhergehen, dass im „Störbereich“ regenerativer Energieanlagen Wertverluste von Immobilien drohen, womit Konflikte zusätzliche Sprengkraft erhalten.

Anlagen zur regenerativen Energiegewinnung, insbesondere die weithin sichtbaren Windräder, sind längst zum festen Bestandteil der Kulturlandschaft geworden – dies wird, wie etwa Tourismusstudien zeigen, von vielen Menschen als mehr oder minder unbedenklich, von anderen dagegen als landschaftsästhetischer Sündenfall wahrgenommen (zum Folgenden: Byzio et al. 2005, 67 ff.). Windparks oder auch die in den letzten Jahren errichteten großen Freiland-Solaranlagen können ein vertrautes Landschaftsbild in der eigenen Nahumgebung oder am Urlaubsort beeinträchtigen – was sich zu einer Verlufterfahrung verdichten kann, in der eine der kulturellen Grundbefindlichkeiten der Moderne zum Ausdruck kommt: Das Bedürfnis des urban lebenden Menschen nach einem Natur- und Landschaftserlebnis, bei dem Natur in erster Linie als Gegenstand des ästhetischen Genusses und als Ort der Erbauung wahrgenommen wird. Windkraftanlagen gelten in der öffentlichen Diskussion zunehmend geradezu als Symbol der Landschaftsverhandlung. Von Vertretern stark touristisch ausgerichteter Insel- und Küstenorte an Nord- und Ostsee wurde der auf die geplanten Offshore-Windparks gemünzte Begriff der „Horizontverschmutzung“ geprägt. Dahinter steht die Befürchtung eines von den Offshore-Planungen ausgelösten regionalen Strukturwandels, der zu Lasten des alteingesessenen Tourismus gehen könnte. Ein weiteres Motiv, das auf lokalräumlicher Ebene mobilisierend wirken kann und das sich nicht immer trennscharf vom Motiv des Landschaftsschutzes abgrenzen lässt, ist der Natur- und Vogelschutz. Wir werden uns dem hier sich äußernden Zielkonflikt zwischen Klima- und Naturschutz unten systematischer zuwenden.

Schwer zu beurteilen ist, inwieweit die vielen lokalen Konflikte und Scharmützel um Projekte und Anlagen zur regenerativen Energieerzeugung den Gesamtrend auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien spürbar beeinflussen. Die Bereiche Biogas und Fotovoltaik stehen noch ganz im Zeichen eines beispiellosen Booms, der im Wesentlichen durch die EEG-Novelle ausgelöst wurde und offenbar von lokalen Auseinandersetzungen nur unmerklich beeinträchtigt wird. Zwar ist bekannt, dass etliche der in den letzten Jahren geplanten Fotovoltaik-Freilandprojekte wegen starker Vorbehalte in der lokalen Bevölkerung keine Baugenehmi-

gung erhielten und somit nicht realisiert werden konnten.⁹³ Die Tatsache, dass sich der expansive Trend im Bereich der Freilandanlagen seit 2005/2006 wieder deutlich abgeschwächt hat, dürfte aber eher auf die vergleichsweise großen Degressionsschritte bei der Einspeisevergütung sowie den zur gleichen Zeit stattfindenden allgemeinen Preisanstieg für Solarmodule zurückzuführen sein. Die Folge waren Verunsicherung etlicher Marktteilnehmer, Verschiebung (bzw. Stornierung) geplanter Projekte sowie Rückzug potenzieller Investoren von diesem Teilmarkt (Rentzing 2005d). Für den Windenergiesektor war 2002 das im Inland erfolgreichste Jahr mit ca. 3.200 MW neu installierter Leistung. Dass die Entwicklung seitdem rückläufig ist, hängt sicherlich auch damit zusammen, dass die Akzeptanz von Windkraftanlagen in der Bevölkerung zurückgegangen ist und die lokalen Widerstände gegen Windkraftprojekte zunehmen – weil mit steigender Windraddichte auch die allgemeine Aufmerksamkeit für das „Störpotenzial“ solcher Anlagen gestiegen ist, weil sich lokale Windkraftgegner inzwischen überregional vernetzt haben und angesichts des dadurch möglichen Wissens- und Erfahrungstransfers planvoller und schlagkräftiger gegen bestimmte Projekte vorgehen können, und weil es schließlich in einem Teil der Medien zu einem Kurswechsel hin zu einer überwiegend kritischen Berichterstattung über die Windenergienutzung (und andere erneuerbare Energien) gekommen ist.⁹⁴ Aber auch im Fall des Windkraftsektors ist kaum zu bestimmen, welchen Anteil solche Akzeptanz- und Imageverluste an den inländischen Markteinbußen der letzten Jahre haben. Hier scheinen andere Faktoren eine zumindest ebenso wichtige Rolle zu spielen, etwa die aufgrund der Degressionsregelung sinkenden Einspeisevergütungen, institutionelle Stellschrauben der Bundesländer bei der Genehmigung neuer Windkraftanlagen (Lönker 2005), zunehmende Konkurrenz um geeignete Windparkstandorte an Land sowie unerwartete und bei der Nachjustierung der Förderinstrumente bisher nicht ausreichend berücksichtigte Kostensteigerungen bei den geplanten Offshore-Windparks (Mautz 2006, 36 f.).

Unabhängig davon, wie stark solche lokalen Konflikte um regenerative Energieerzeugung die weitere Verbreitung und Anwendung der unterschiedlichen Techniken beeinflussen: Diese Auseinandersetzungen sind Teil eines gesellschaftlichen Lernprozesses, bei dem die Chancen und Grenzen eines sozialverträglichen Ausbaus der regenerativen Energien ausgelotet werden können. Die Konfliktkonstellationen sind zwar von Fall zu Fall ganz unterschiedlich. Doch ebenso wie zu

⁹³ So gebe es inzwischen „Dutzende Beispiele“, in denen die betreffende Gemeinde keine Baugenehmigung für Freiland-Solaranlagen erteilt habe, „da Bürger die gläsernen Generatoren schlicht und ergreifend nicht wollten“; vgl. Rentzing 2005d, 53; zu Konfliktfällen, in denen Freiland-Solaranlagen aus Gründen des Landschaftsschutzes auf Widerstand gestoßen bzw. verhindert worden sind, vgl. Janzing 2007a.

⁹⁴ Symptomatisch hierfür ist der Kurswechsel beim Nachrichtenmagazin DER SPIEGEL, der in 2004 mit der Titelgeschichte „Der Windmühlenwahn. Vom Traum umweltfreundlicher Energie zur hoch subventionierten Landschaftszerstörung“ eingeläutet wurde; vgl. DER SPIEGEL 14/2004, 80-97.

erwarten ist, dass sich auf Seiten der Betreiber bestimmte Leitlinien oder Faustregeln der Akzeptanzsicherung durchsetzen, so ist damit zu rechnen, dass sich auf Seiten der Betroffenen im Laufe der Zeit Erfahrungswerte darüber herausbilden, unter welchen Bedingungen man mit solchen im lokalen Umfeld installierten Energieanlagen leben kann, unter welchen Bedingungen dies inakzeptabel bleibt und welche Kompromisse dabei in Betracht gezogen werden können.

Die *Solarbranche* scheint aus den zahlreichen lokalen Konflikten gelernt zu haben, die in den letzten Jahren um Windkraftanlagen geführt wurden und dazu beigetragen haben, dass die gesellschaftliche Zustimmung zu dieser Technologie insgesamt zurückgegangen ist. Folgt man den Aussagen einiger Branchenvertreter, so ist Akzeptanzsicherung für die Projektierer von Freiland-Solaranlagen ein hohes Gut: „*Wir dürfen die Fehler der Vergangenheit nicht wiederholen. (...) Wir bauen unsere Solarkraftwerke nur dort, wo sie von den Menschen akzeptiert werden*“.⁹⁵ Dass für die Solarbranche in diesem Punkt viel auf dem Spiel steht, wird auch von führenden Verbandsvertretern so gesehen: Die Branche lebe „von ihrem positiven Image und ihrer hohen ökologischen Glaubwürdigkeit“, die man auch weiterhin pflegen müsse.⁹⁶ In der Tat bekommt die Solarenergie bei allen Meinungsumfragen die höchsten Sympathiewerte.⁹⁷ Der Konsensdruck ist in der Solarbranche auch deswegen hoch, da anders als im Fall von Windkraftanlagen, die laut Baugesetzbuch als privilegierte Baumaßnahmen gelten, Fotovoltaik-Freilandanlagen laut EEG-Novelle nur im Geltungsbereich eines Bebauungsplans errichtet werden dürfen, wofür auf jeden Fall die Zustimmung der politischen Mehrheit in der zuständigen Gemeinde erforderlich ist.

Etliche Betreiber von *Biogasanlagen* haben bereits in der Frühphase der Biogasnutzung, in der die Anlagen vor allem mit Gülle oder biogenen Abfällen beschickt wurden, die Erfahrung gemacht, dass Dorfbewohner – inzwischen zum ganz überwiegenden Teil nicht-bäuerliche Bevölkerung – sich insbesondere von unangenehmen Gerüchen belästigt fühlten und mit öffentlichen Protesten oder mit juristischen Mitteln gegen das Betreiben solcher Anlagen in ihrer Nachbarschaft vorgegangen sind. Die daraus resultierenden Anfeindungen, Rechtsunsicherheiten und Unannehmlichkeiten mit Behörden haben in der Biogasszene insofern Lerneffekte ausgelöst, als Anlagenhersteller heute im allgemeinen großen Wert darauf legen, Gerüche möglichst weit gehend zu vermeiden. Nur unter dieser Bedingung scheint die weitere expansive Entwicklung der landwirtschaftlichen Biogasnutzung sichergestellt werden zu können. Öffentliche Proteste gegen geplante Anlagen

⁹⁵ Zitiert wird der Projektleiter der City Solar AG; zit. nach Janzing 2004.

⁹⁶ Zitiert wird der Geschäftsführer der Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft (UVS); zit. nach Janzing 2004.

⁹⁷ Zum Beispiel in einer im Jahr 2004 durchgeführten Umfrage des Allensbacher Instituts. Die Demoskopien hatten gefragt, welche Quellen den Energiebedarf der Deutschen in 20 bis 30 Jahren „vor allem sichern“ sollten: die Solarenergie kam auf 70 Prozent Zustimmung, die Windenergie erreichte nur noch eine knappe Mehrheit von 55 Prozent; dahinter lagen weit abgeschlagen die Atomkraft mit 19 und die Kohle mit nur sechs Prozent (Janzing 2004).

haben in letzter Zeit wieder zugenommen. Folgt man den Einschätzungen von Branchenexperten, dann sollten die Planer und Betreiber von Biogasanlagen – nach dem Muster der Windenergiebranche – zukünftig größeren Wert auf präventive Informationsarbeit sowie auf das frühzeitige Einbeziehen der lokalen Öffentlichkeit legen, um ihre Projekte möglichst konfliktarm realisieren zu können. Die Wirksamkeit solcher Maßnahmen wird nicht zuletzt davon abhängen, inwieweit es den Herstellern und Betreibern im Betriebsalltag gelingt, bestimmte Belästigungsschwellen (Gerüche, Lärm beim Anlieferverkehr) dauerhaft zu unterschreiten. Offen muss bleiben, welche Folgen der im Biogassektor erst in jüngster Zeit einsetzende Trend zu Großprojekten haben wird. Doch scheinen die Erfahrungen aus der Windkraftentwicklung den einen oder anderen Vertreter der Biogasszene zur Vorsicht zu gemahnen. So werden inzwischen unter Brancheninsidern Befürchtungen laut, dass der „*Drang zur Größe*“ auch seine Schattenseiten habe, weil „*die Stimmung in der Bevölkerung (...) sich aufgrund des Einflusses auf das Landschaftsbild gegen die Biogasnutzung wenden*“ könne (Bensmann 2007, 53).

Die Verbreitung der *Windenergienutzung* als Technologie mit dem markantesten Trend zur Zentralisierung im Bereich der erneuerbaren Energien war (und ist) im Vergleich zum Solar- und zum Biogassektor am stärksten von Konflikten begleitet. Mehr noch als bei Auseinandersetzungen um Freilandsolaranlagen oder um Biogaskraftwerke bekommen diese Konflikte dort ihre besondere Schärfe, wo den Betreibern als Hauptmotiv egoistische Gewinnsucht auf Kosten der Lebensqualität von Anliegern sowie zu Lasten des Landschaftsbildes und des Naturschutzes vorgeworfen wird. Damit wird der zentrale Anspruch der Verfechter der Energiewende, durch ökonomische Interessenanreize für Privatinvestoren einem ganzen Bündel von Allgemeinwohlinteressen – globaler Klimaschutz, Nutzung „sanfter“ Energien, Minderung von Risiken für Mensch und Natur – zum Durchbruch zu verhelfen, fundamental in Frage gestellt. Diese „Umkehrung des Risikoverdachts“ (Byzio et al. 2002, 366 ff.) trifft die Betreiber von Windkraftanlagen – wie auch manche Betreiber von Biogas- oder Solargroßanlagen – an einer empfindlichen Stelle, da ihr gesellschaftliches Ansehen nicht zuletzt darauf gründet, dass ihre Projekte als risikoarme Alternative zum riskanten atomaren und fossilen Energiepfad wahrgenommen werden.

In diesem Zusammenhang wird noch einmal deutlich, dass die Verbreitung der Windenergienutzung immer auch ein Lern- und Experimentierfeld für gesellschaftliche Akzeptanzbeschaffung war. Zum Vorbild wurden dabei in gewisser Hinsicht die frühen Bürgerwindinitiativen, deren Konzept darin bestand, die lokale Bevölkerung für das Windkraftprojekt zu gewinnen und Beteiligungsangebote auch für den schmaleren Geldbeutel vorzusehen. Etliche kommerzielle Windparkbetreiber knüpfen an diese Praxis an, insofern sie ihre Beteiligungsangebote zwar überregional platzieren, aber der regionalen Bevölkerung mit Vorzugsangeboten besondere Beteiligungschancen eröffnen. Dies gilt auch für einige der im Offshore-Bereich sich engagierenden Windparkplaner (Byzio et al. 2005,

53 ff.). Mit solchen Akzeptanzstrategien ist die Erwartung verknüpft, durch eine kommunikativ-dialogische und iterative Vorgehensweise auch bei den (skeptischen) Anwohnern geplanter Windparks Einstellungsänderungen gegenüber der Windenergienutzung im Allgemeinen bzw. dem konkreten Projekt im Besonderen in Gang zu setzen. Dazu gehört die gezielte Öffentlichkeitsarbeit im Vorfeld ebenso wie der Versuch, in der Anbahnungsphase lokale Meinungsführer einzubinden, „vom Bürgermeister über den Sparkassendirektor bis hin zum Landvolk-Funktionär. Kann deren Zustimmung gewonnen werden, geht davon eine hohe Integrationskraft aus, die zur Realisierung des Vorhabens einen großen Beitrag leisten kann“ (Reiche 2004, 206, Anm. 168). Iteratives Vorgehen kann überdies heißen, bei der baulichen Realisierung von Windparks zunächst mit einer begrenzten Anzahl von Windkraftanlagen zu beginnen und weitere Ausbaustufen einzuplanen; dies erhöhe, so Reiche in einer Analyse „kognitiver Erfolgsbedingungen“ erneuerbarer Energien, die Akzeptanz und mache spätere Erweiterungen „oft unproblematisch“ (ebenda). Als Erfolg versprechend habe sich zudem die inzwischen eingebürgerte Praxis erwiesen, „dass Betreiber von Windkraftanlagen Kommunen einen Ausgleich für den Eingriff in das Landschaftsbild zahlen“. Durch einen solchen Interessenausgleich könne Konflikten um eine Windparkansiedlung vorgebeugt werden, denn „neben den zu erwartenden Gewerbesteuererinnahmen kann damit unter Hinweis auf die in der Regel schlechte Haushaltssituation der Kommunen noch ein weiteres Argument für die Realisierung von Windprojekten vorgebracht werden“ (ebenda).⁹⁸

Eine systematische Evaluation solcher im Idealfall wechselseitiger Lernprozesse von Windparkbetreibern und Windparkanwohnern steht zwar noch aus. Doch spricht einiges dafür, dass angesichts öffentlicher Imageeinbußen der Windenergienutzung sowie einer inzwischen breiten Szene von Windkraftgegnern Windparkprojekte heute um so bessere Realisierungschancen besitzen, je mehr es den Projektierern gelingt, über dialogische Formen der Kommunikation und durch Ausschöpfen legitimer Möglichkeiten eines Interessenausgleichs zu konsensuellen Lösungen zu kommen, die auch die „Skeptiker“ einbindet. Solche Lösungen könnten zudem Vorbildcharakter für Akteure in anderen regenerativen Energiesparten haben, in denen der Trend zur Zentralisierung des Dezentralen inzwischen ebenfalls zu beobachten ist – etwa für Projektierer großer Freiland-Solaranlagen oder neu entstehender Biogasparcs, deren Realisierung unter Umständen hohen lokal- bzw. regionalpolitischen Konsensanforderungen gerecht werden muss.

3.2.3. Zielkonflikte zwischen Klima- und Naturschutz

Es gibt wohl kaum ein politisches Projekt der vergangenen Jahre, das in den großen deutschen Umweltverbänden auf so viel grundsätzliche Zustimmung gesto-

⁹⁸ Allerdings sind solche oder ähnliche Zahlungspraktiken auch ein Einfallstor für Korruptionsverdacht auf Seiten von Windkraftgegnern, was bei entsprechender medialer Aufbereitung des Themas zu weiteren Imageschäden der Windenergie führen kann.

ßen ist wie der Ausbau der regenerativen Energien. Dies überrascht nicht, denn für viele Protagonisten der Umweltbewegung war der Kampf für eine solche neue Energiepolitik ein geradezu Identität stiftendes Motiv. Es war nicht zuletzt das dahinter stehende *ökologische*, insbesondere am globalen Klimaschutz orientierte Credo, das verschiedenste Zweige von Umwelt- und Naturschützern – in Umweltorganisationen, Parteien und Administrationen – vereinigte. Zudem war die in den 1990er Jahren sich entwickelnde Hersteller- und Betreiberszene im Bereich der erneuerbaren Energien eng mit der Ökologie- und Anti-Atomkraft-Bewegung verquickt. Noch heute trifft man auf etliche in diesem Bereich tätige Firmeninhaber, die biografische Wurzeln in der Umweltbewegung haben und den Typus des „grünen“ Unternehmers verkörpern, für den ökologische Ziele eine wichtige Leitlinie des unternehmerischen Handelns geblieben sind (Byzio et al. 2005, 49 f.). Angesichts einer so breiten Übereinstimmung umweltpolitischer, organisationsrelevanter und branchentypischer Interessen sowie angesichts normativer Orientierungen, die von einem gemeinsamen „*deep core belief*“ im Hinblick auf die erneuerbaren Energien geprägt sind (Reiche 2004, 139 ff.), wäre zu vermuten, dass Vorbehalte und Widerstände gegen den Ausbau eines alternativen Energiepfads in erster Linie von außen kommen, d.h. dem „*belief system*“ der stärker marktliberal orientierten „*ökonomischen Koalition*“ zuzurechnen sind.⁹⁹

Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass die erneuerbaren Energien seit ihrem ab Mitte der 1990er Jahre beginnenden Vormarsch auch zum Anlass von zum Teil heftigen Kontroversen innerhalb der „*ökologischen Koalition*“ geworden sind. Im Kern handelt es sich hier um *umweltschutzinterne Leitbildkonflikte*, die deutlich machen, dass die für den Diffusionsprozess der erneuerbaren Energien elementare Leitnorm „Ökologie“ offen ist für unterschiedliche Interpretationen und Prioritätensetzungen. Auch die Techniken zur Gewinnung regenerativ erzeugten Stroms sind „Techniken“ und nicht „Natur“, d.h. sie sind Eingriffe in Natur und verursachen demzufolge ökologische „Kosten“, die gegen ihre ökologischen Vorteile abzuwägen sind. Dies führe, so Dehnhardt/Petschow (2004, 25), aus umweltökonomischer Perspektive zu einem „*komplexen Abwägungsproblem*“: Auf der einen Seite habe der Klimawandel „*erhebliche Auswirkungen auf Natur und Landschaft, das heißt die Vermeidung und Verringerung der Auswirkungen des Klimawandels kommt im Grundsatz auch Natur und Landschaft zu Gute*.“ Auf der anderen Seite werde mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien „*die Knappheit von Natur und Landschaft noch einmal verstärkt*“, wobei auch solche Bereiche „*unter Nutzungsdruck*“ gesetzt würden, „*die, wie beispielsweise Gewässer, gerade eine gewisse Entlastung von landwirtschaftlichen Nutzungen erfahren haben. Die Bewertung dieser Knappheiten ist dann letztlich den erneuerbaren Energien als Kosten zuzuschreiben, die von ihnen nicht getragen werden*“.

Die hier im Widerstreit liegenden ökologisch relevanten Gesichtspunkte – vereinfacht: Klimaschutz versus Naturschutz – werden je nach umwelt- bzw. Natur-

⁹⁹ Zur genaueren Charakterisierung der Akteursgruppen in der „*ökonomischen Koalition*“ vgl. Reiche 2004, 140f.

schutzpolitischen Präferenzen unterschiedlich stark gewichtet. Das Problem der Abwägung gewinnt dadurch an Schärfe, dass es nicht nur die in sich relativ breit gefächerte „ökologische Koalition“ als solche ist, in der wir auf widerstreitende Präferenzen stoßen, sondern dass dies auch in den großen Umweltverbänden wie BUND, NABU oder WWF selbst der Fall ist. Worum es dabei von der Sache her geht, ist schnell gesagt: Dass der Ausbau der *Windenergienutzung* von vielen Naturschützern kritisch gesehen wird, hat – neben dem Aspekt des Flächenverbrauchs – vor allem mit deren Auswirkungen auf die Vogelwelt zu tun. Neuere Untersuchungen kommen hier zu folgendem Ergebnis: Sie *„zeigen, dass verschiedene Vogelarten unterschiedliche Reaktionen bezüglich ihres Zug-, Rast- und Brutverhaltens zeigen: während ‚Kulturfolger‘ kaum Reaktionen zeigen, wird das Verhalten von Arten, die eine hohe Empfindlichkeit gegenüber anthropogenen Lebensraumveränderungen haben, merklich beeinflusst“* (Krewitt et al. 2004, 12). Beim geplanten Ausbau der *Windenergienutzung auf See* sind neben den avifaunistischen Auswirkungen aus naturschutzfachlicher Sicht überdies die möglichen Einflüsse auf die Meeresökologie (z.B. Meeressäuger, Fischpopulationen, Tier- und Pflanzenwelt des Meeresbodens) zu berücksichtigen. Der innerökologische Streit über die erneuerbaren Energien beschränkt sich längst nicht mehr auf die Windenergienutzung. Aus berufenem Munde – vom Referenten für Klima und Energie des NABU Bundesverband – wird das Problem auf den Punkt gebracht: *„Zwar ist der Streit um die Windenergie am stärksten in der Öffentlichkeit präsent, doch beim Grundkonflikt um die Nutzung Erneuerbarer Energien geht es um mehr. Denn auch bei allen anderen Formen Erneuerbarer Energien – abgesehen vielleicht von der Geothermie – treten Nutzungskonflikte auf: Kleinwasserkraftwerke sind ein Eingriff in die Fließwasserökologie, der Anbau von Energiepflanzen birgt die Gefahr der Ausbreitung intensiv bewirtschafteter Monokulturen und Fotovoltaik drängt zunehmend von Dächern in die Fläche, so dass auch hier Flächenverbrauch und Landschaftsbeeinträchtigung zum Problem werden können“* (Musiol 2004, 15).

Die besondere Brisanz des Konflikts zwischen Klima- und Naturschutz besteht darin, dass mit dem Ausbau der regenerativen Energien zwei institutionalisierte und jeweils Identität stiftende Leitbilder der Umweltbewegung in Widerstreit geraten sind, die zuvor unter dem Dach der großen Umweltorganisationen weitgehend friedlich koexistieren konnten. Im Kern handelt es sich bei dem einen Leitbild um die ökologische Modernisierung des Energiesektors mit dem übergeordneten Ziel des Klimaschutzes. In Reiches Modell der „Belief Systeme in der deutschen erneuerbare Energien-Politik“ wird dieses Leitbild von der „Mehrheitsgruppe“ innerhalb der „ökologischen Koalition“ vertreten (Reiche 2004, 143 f.). Wichtige politische Promotoren dieses Leitbilds finden sich in den Bundestagsfraktionen von Bündnis 90/Die Grünen und der SPD, im Bundesumweltministerium, in den Branchenverbänden der erneuerbaren Energien sowie auf Spitzenebene großer Umweltverbände wie Greenpeace, BUND oder NABU. Das andere Leitbild orientiert sich an der Erhaltung von Biodiversität und am Artenschutz und zielt unter anderem auf die Erhaltung bzw. Einrichtung von Naturschutz (-re-

servaten) ab. Die mit diesen Leitbildern verknüpften Organisationsziele schließen sich im Prinzip keineswegs aus, sondern ergänzen sich im Idealfall gegenseitig: Erfolgreicher Klimaschutz dient auch dem Artenschutz; Naturschutz im Sinne der Erhaltung oder Ausweitung von Kohlendioxid-Senken dient auch dem Klimaschutz. Die Relevanz des Leitbildkonflikts offenbart sich erst vor dem Hintergrund neuerer Entwicklungstendenzen im Bereich des institutionalisierten Naturschutzes einerseits sowie auf dem Gebiet der regenerativen Energien andererseits. So beschränkt sich moderner Naturschutz auch in Deutschland längst nicht mehr auf die Konservierung einzelner Naturreservate, sondern orientiert sich am naturwissenschaftlich-systemisch begründeten Ziel, ein multinationales Schutzgebietsnetzwerk im Sinne des europäischen NATURA 2000-Programms aufzubauen (Byzio et al. 2005, 152 ff.). Im Sektor der regenerativen Energien ist hingegen seit einigen Jahren eine Entwicklung zu beobachten, die wir oben als „Zentralisierung des Dezentralen“ bezeichnet haben und die sich auch unter anderen Gesichtspunkten als konfliktträchtig erwiesen hat. Beide Entwicklungen kollidieren nun insbesondere dort, wo der Ausbau der regenerativen Energien zur raumgreifenden Konzentration technischer Artefakte führt, etwa zu großflächigen Windparks oder zur regionalen Häufung von Freiland-Solaranlagen, oder wo aus anderen Gründen Gefährdungen größerer Ökosysteme drohen, z.B. Gefährdungen der Gewässerökologie durch die regionale Konzentration kleiner Flusswasserkraftwerke oder die (weitere) Zurückdrängung heimischer Tier- oder Pflanzenarten durch Energiepflanzen-Monokulturen. Die vielleicht schärfsten Kontroversen hat es in den letzten Jahren am Beispiel der Offshore-Windkraftplanungen gegeben, in deren Verlauf einige der großen Umweltorganisationen (BUND, NABU, WWF) sowohl in der öffentlichen als auch in der administrativen Arena (d.h. im Zuge von Genehmigungsverfahren) sowie auf juristischem Klageweg gegen bestimmte Projektplanungen vorgegangen sind. Vertreter des Naturschutzes sehen hier langjährige Bemühungen um einen großräumigen Meeresschutz moderner Prägung gefährdet. Für die Verfechter der maritimen Windenergienutzung geht es um einen großen Sprung nach vorn auf dem Weg zur Energiewende und zu einem wirkungsvollen Klimaschutz, der vergleichsweise kleine Probleme für den Naturschutz aufwerfe (Mautz/Byzio 2004; Byzio et al. 2005).

In der Frage von Klimaschutz und Naturschutz treffen somit gegenläufige Zielperspektiven und Prioritätensetzungen aufeinander, die auch auf unterschiedliche, unter dem Dach der modernen Umweltorganisationen zusammengefasste „Bewegungstraditionen“ zurückgehen – einerseits auf eine modernisierte Naturschutzbewegung, die ihre historischen Wurzeln gleichwohl in der Natur- und Heimatschutzbewegung des 19. Jahrhunderts hat, sowie andererseits auf eine moderne Umweltbewegung, die ihre (sehr viel jüngeren) Wurzeln in den Gruppierungen der „politischen Ökologie“ der 1970er und 1980er Jahre hat (Byzio et al. 2005, 148 ff.) und der es heute vorrangig um eine ökologische Reform und Modernisierung der Industriegesellschaft geht. Neben den daraus sich ergebenden Anforder-

rungen an die innerverbandliche Konfliktmoderierung sowie an die Aushandlung von linienübergreifenden Konsenspositionen können Probleme bei der *öffentlichen Vermittlung* umwelt- und energiepolitischer Positionen zunehmen. Letzteres in zweierlei Hinsicht:

Erstens in den Fällen, in denen Zielkonflikte zwischen Klima- und Naturschutz zwischen Umweltverbänden einerseits und den Promotoren regenerativer Energieprojekte andererseits ausgetragen werden. Es geht hier um Konfliktfälle, bei denen sich Naturschutzpositionen innerverbandlich mehrheitlich durchsetzen konnten und für die Strategie der Verbandsspitze bestimmend wurden. Aktuelles Beispiel hierfür sind Konflikte um Standorte geplanter Offshore-Windparks sowie um den Verlauf von dafür vorgesehenen Kabeltrassen durch das Wattenmeer, die von etlichen Umweltverbänden aus Naturschutzgründen abgelehnt werden. Genauere Konfliktanalysen zeigen, dass die Umweltverbände hier in ein *Dilemma* geraten: Ebenso wie ihnen eine zu konfrontative Haltung gegenüber Offshore-Windparks öffentliche Reputationsverluste innerhalb der „ökologischen Koalition“ einbringen könnte, ist zu erwarten, dass ihnen zuviel Nachsicht mit den Offshore-Windkraftplanern von einem Teil der eigenen Mitglieder sowie in der Öffentlichkeit angekreidet wird. Denn immerhin geht es auch in Sachen Naturschutz um normative Grundpositionen – keine Offshore-Projekte in (potenziellen) Schutzgebieten und keine Kabeltrassen durch den Nationalpark Wattenmeer –, zu deren Verteidigung sich die meisten der großen Umweltverbände verpflichtet sehen (Byzio et al. 2005, 92 ff.).

Die Vermittlung umweltverbandlicher Grundpositionen kann *zweitens* dort zum Problem werden, wo die öffentliche Verpflichtung der Verbände auf energie- und klimaschutzpolitische Kernziele nicht mit den Präferenzen zur Deckung gebracht werden kann, die an der eigenen Mitgliederbasis anzutreffen sind. Damit ist konkret gemeint, dass Organisationen wie BUND und NABU von einer breiten Basis ehrenamtlich engagierter sowie im lokalen Rahmen aktiver Mitglieder getragen werden, deren Engagement sich häufig nicht in erster Linie an den Erfordernissen globaler umwelt- und klimaschutzpolitischer Langfriststrategien ausrichtet, sondern eher an lokalem und regionalem Natur- und Landschaftsschutz orientiert ist. Das Fernziel des globalen Klimaschutzes wird – entsprechend dem Schwerpunkt des eigenen Engagements – dem Ziel des nahräumlichen Schutzes einer bestimmten Vogelpopulation, eines Gewässerbiotops, eines erhaltenswerten Landschaftsbildes usw. untergeordnet. Eine solche verbandsinterne Konstellation bringt für die genannten Umweltschutzorganisationen das Problem mit sich, dass die eigene Mitgliederbasis in besonderer Weise für die nahräumliche Eingriffsqualität von Windkraft-, Wasserkraft- oder Freiland-Solaranlagen sensibilisiert ist und unter Umständen sogar zu den Speerspitzen des lokalen Protests gegen solche Anlagen gehört, und dies auch in solchen Fällen, in denen es aus Sicht der Verbandsspitze gute Gründe gibt, den Bau solcher Anlagen vor Ort zu unterstützen. Häufen sich die Fälle, in denen, wie bei der Windenergie-

nutzung, unterschiedliche Zielpräferenzen der oberen und der unteren Verbands-ebene aufeinanderprallen, so führt dies in der Regel zu erheblichen verbandsinternen Irritationen sowie zu Glaubwürdigkeitsproblemen in der Öffentlichkeit. Von der Verbandsspitze des NABU wird dieses Vermittlungsproblem als so ernst eingestuft, dass inzwischen institutionelle Vorkehrungen getroffen wurden. So habe man bei der NABU-Bundesgeschäftsstelle „eine Art Clearingstelle“ geschaffen, die insbesondere bei örtlich auftretenden Konfliktfällen zu vermitteln versuche. Es gehe dabei nicht nur darum, Überzeugungsarbeit dort zu leisten, „wo Naturschutzargumente geflissentlich übergangen werden“, sondern auch dort, wo NABU-Ortsgruppen „argumentativ auf dem Holzweg sind“ (Musiol 2004, 16).

Allgemeine Patentlösungen für Konflikte zwischen Naturschutz und Projekten zur regenerativen Energieerzeugung, deren gesellschaftliche Legitimation im hohen Maße auf globalen Klimaschutzziele beruht, wird es nicht geben können. Die von Musiol verwendete Formel lautet „Kompromiss“, dessen Möglichkeiten in jedem einzelnen Konfliktfall ausgelotet werden müssten: „Kann ein umstrittener Windpark nicht an einem anderen Standort errichtet werden? Kann vielleicht die Anlagenzahl verringert werden? Kann eine Wasserkraftanlage durch zusätzliche Maßnahmen naturverträglicher werden oder sich eine Fotovoltaikanlage besser ins Landschaftsbild einfügen“ (ebenda)? Die Erwartung ist, dass erfolgreiche Kompromisslösungen als Präzedenzfälle dienen könnten, um „aus Erfahrungen mit Konflikten und ihren Entstehungsgründen zu lernen und daraus Strategien für zukünftige Konfliktvermeidung zu entwickeln“.¹⁰⁰ Doch auch wenn es hier zu Lerneffekten kommen sollte, ist damit zu rechnen, dass Konflikte zwischen Klima- und Naturschutzziele die Umweltverbände (sowie auch Umweltpolitiker in den Parteien) weiterhin vor schwierige Situationen stellen und sich als ein Faktor erweisen könnte, der der Verbreitung von regenerativen Energien in der einen oder anderen Weise entgegenwirkt – durch lokale Konflikte unterschiedlichen Schweregrads oder durch grundsätzlichere Interventionen wie im Fall der Offshore-Windkraftnutzung. Denn auch in Zukunft wird gelten, dass der moderne Naturschutz, der in den großen Umweltverbänden sowie auf staatlich-administrativer Ebene institutionalisiert wurde, politisch selbstbewusster geworden ist. Anders als der traditionelle Naturschutz, der sich überwiegend auf populärwissenschaftliche Darstellungen berief, stützt sich moderner Naturschutz auf die Erkenntnisse avancierter Wissenschaft, was den Anspruch begründet, auf dem Niveau wissenschaftlich fundierter Systemvorstellungen zu argumentieren und damit auf Augenhöhe mit den Klimaschützern zu sein (Byzio et al. 2005, 159 f.).

Alles in allem dürften diese innerökologischen Auseinandersetzungen dazu beigetragen haben, dass das Profil der Leitnorm Ökologie, die dem Ausbau der regenerativen Energien von Beginn an zugrunde lag, geschärft werden konnte. Zwar werden es auch in Zukunft in erster Linie globale klimapolitische Ziele sein,

¹⁰⁰ Zur Diskussion „produktiver“ Lösungen des Konflikts zwischen erneuerbaren Energien und Naturschutz vgl. das diesem Thema gewidmete Heft der Zeitschrift „Ökologisches Wirtschaften“, Nr.5/2004.

die den Verfechtern der Energiewende als zentrale Legitimationsgrundlage für den von ihnen eingeforderten energiepolitischen Paradigmenwechsel dienen. Doch liegen heute – nicht zuletzt aufgrund der mittlerweile vorliegenden fachwissenschaftlichen Untersuchungen und Gutachten – sehr viel mehr naturschutzfachliche Erkenntnisse als in der Frühphase der erneuerbaren Energien vor, so dass Naturschutzkriterien inzwischen sehr viel gezielter und fachlich besser untermauert in raumplanerische Vorgaben (z. B. bei der Ausweisung von Eignungsgebieten für Windparks) oder auch in die Anlagenkonfigurierung und Standortwahl durch Hersteller und Betreiber einfließen können.

3.3. Die Erneuerbaren und das Stromsystem – Integration oder Systemwandel?

Das Verhältnis des Erneuerbare-Energien-Sektors zum traditionellen Stromsystem zeichnet sich durch eine spezifische Ambivalenz aus. Die Protagonisten der erneuerbaren Energien streben einen Paradigmenwechsel an, in dessen Verlauf das bis heute dominierende Paradigma der in einem Verbundsystem zentralisierten Stromerzeugung aus fossilen und atomaren Energieträgern überwunden werden soll. Aus der Perspektive des traditionellen Stromversorgungssystems und seiner maßgeblichen Akteure erscheint mit den „neuen“ Stromproduzenten folglich ein systemwidriges, feindliches Element auf der Bühne: Ersten stellen die neuen Akteure das technologische Prinzip zentraler Großkraftwerke in Frage. Zweitens bilden sie einen „pluralistischen“ Gegenpol sowie eine wachsende Konkurrenz zur überkommenen oligopolistischen Produzentenstruktur des Stromsektors. Drittens erhalten sie für den eingespeisten Strom eine kostendeckende Vergütung, die unter den gegebenen Bedingungen am Markt nicht erzielbar wäre. Von Beginn an standen sich „alte“ und „neue“ Stromproduzenten als Kontrahenten unter den Vorzeichen eines paradigmatischen Wettstreits gegenüber. Doch gab es trotz allem schon früh eine Schnittstelle, die eine dauerhafte Ankopplung der „Erneuerbaren“ an das bestehende Stromverteilungssystem mit sich brachte: Bereits die Pioniere der regenerativen Stromproduktion entschieden sich in den 1980er Jahren nicht für radikale Insellösungen der Selbstversorgung mit Elektrizität, sondern für die Einspeisung des von ihnen erzeugten Stroms in das vorhandene Netz (siehe oben, Kap. II.2.1). Diese Strategie korrespondierte mit dem Zuschnitt der wichtigsten staatlichen Förderinstrumente für die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien, die Zuschüsse für die Einspeisung ins allgemeine Netz vorsahen (so das 1989 gestartete 250-Megawattprogramm für Strom aus Windenergie sowie das Stromeinspeisegesetz von 1991; siehe oben, Kap. II.2.1).

Perspektivisch betrachtet war die Notwendigkeit einer Systemintegration der erneuerbaren Energien in dieser frühen Entwicklung bereits angelegt – unabhängig davon, ob man unter Systemintegration in erster Linie die einseitige Anpassung der „Erneuerbaren“ an das gewachsene Stromsystem oder aber den Umbau dieses Systems sowie seine Anpassung an die Erfordernisse regenerativer Stromer-

zeugung versteht. Aus der Sicht des traditionellen Stromsektors handelte es sich um die von der Gesetzeslage erzwungene technische Ankopplung eines Fremdkörpers. Die Strategie der etablierten Stromwirtschaft lief anfangs im Wesentlichen darauf hinaus, das Entstehen eines konkurrierenden Sektors regenerativer Stromerzeugung möglichst im Keim zu ersticken, zumal die Konzerne überschüssige Kapazitäten durch konventionelle Energieträger aufgebaut und folglich kein Interesse an der Förderung neuer Technologien zur Energiegewinnung hatten (Ohlhorst/Schön 2005). Die Energieversorgungsunternehmen hatten dabei vor allem zwei Hebel in der Hand: Erstens die von ihnen kontrollierten technischen und finanziellen Modalitäten des Netzanschlusses, was in etlichen Fällen zu einem nicht-kooperativen Verhalten der für den Anschluss zuständigen Netzbetreiber führte (Bauknecht et al. 2006). Zweitens die an unabhängige Stromerzeuger gezahlte Einspeisevergütung, die vor der Verabschiedung entsprechender gesetzlicher Regelungen von den regionalen Stromversorgern festgelegt wurde und aufgrund ihrer geringen Höhe in der Regel prohibitiv wirkte.¹⁰¹ Mit dem Stromspeisegesetz wurde der Stromwirtschaft der zuletzt genannte Hebel genommen. Entsprechend kritisch fiel ihre damalige Reaktion aus und mündete schließlich 1998 in einer – letztlich erfolglosen – Klage der Preußen Elektra gegen die per Gesetz festgelegte Vergütungsregelung.¹⁰²

Aufgrund der gesetzlich gesicherten Nischenförderung konnte die junge Branche der erneuerbaren Energien mit den nicht unproblematischen Modalitäten der technisch notwendigen Ankopplung an das Stromsystem allerdings gut leben und innerhalb der Nische, wie oben gezeigt, beträchtlich expandieren. Solange die erneuerbaren Energien einen insgesamt nur marginalen Beitrag zur Stromerzeugung lieferten, war die Frage einer darüber hinaus gehenden Integration von dezentralen und – im Fall von Wind- und Solarenergie – fluktuierenden Stromquellen in das dominante System nachrangig. Mit dem beschleunigten Wachstum der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen stellt sich diese Frage inzwischen mit höherer Dringlichkeit, insofern Inkompatibilitäten zwischen dem Ausbau der regenerativen Energien und dem nach wie vor von hoher Pfadstabilität geprägten etablierten Stromsystem zunehmen und sich als hemmender Faktor eines weiteren Ausbaus erweisen könnten. Unter der Prämisse, dass eine Zunahme des Anteils der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung aus klimapolitischen Gründen notwendig sei, wird in der aktuellen energiepolitischen Debatte das Erfordernis einer „*Optimierung der Integration regenerativ erzeugten Stroms in die Versorgungssysteme*“ (Jochum/Pfaffenberger 2006, 24) bzw. – unter Einschluss energieeffizienter Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung – einer „*optimalen Systemintegration*“

¹⁰¹ Noch 1988 zahlten die Energieversorgungsunternehmen Einspeisevergütungen zwischen gut 7 und knapp 11 Pfennig pro kWh, was die Produktionskosten, etwa für Strom aus Windenergieanlagen, bei weitem unterschritt (Niedersberg 1998, 102).

¹⁰² Die Klage wurde an den Europäischen Gerichtshof überwiesen, der im März 2001 die Konformität der deutschen Einspeisevergütung mit dem EU-Recht bestätigte (Ohlhorst/Schön 2005, 4).

dezentraler Stromerzeugung hervorgehoben (Bauknecht et al. 2006, 260; Hennicke/Müller 2006, 144).

Die Frage der Systemintegration hat einerseits eine an weit reichenden energie-wirtschaftlichen Umbaukonzepten orientierte „visionäre“ Komponente. Sie zielt insbesondere auf eine umfassende Dezentralisierung des Stromsystems ab, bei der in letzter Konsequenz „für herkömmliche zentrale Kondensationskraftwerke nur eine relativ kleine Marktische übrig“ bliebe (Leprich 2005, 16), da die Integration regenerativer Erzeugungsquellen und dezentraler Kraft-Wärme-Kopplung in dezentralisierte Stromversorgungsnetze angestrebt wird. Wir werden auf diesen Aspekt der Integrationsdebatte im Kap. II.3.3.3 zurückkommen.

Andererseits hat die Frage der Systemintegration inzwischen eine ganz praktische Komponente, insofern die gegenwärtige Expansion der regenerativen Stromerzeugungstechniken – mit dem Windenergiesektor als Vorreiter – nicht nur neue Handlungsperspektiven eröffnet, sondern auch Handlungsdruck erzeugt, der unterschiedliche Akteure dazu veranlasst, die Integration voranzutreiben bzw. in dieser Frage nach neuen Lösungskonzepten zu suchen. Dabei ist wenig überraschend, dass sich die Problemwahrnehmungen von Akteuren aus dem Bereich der erneuerbaren Energien einerseits und aus den Energieversorgungsunternehmen andererseits zum Teil deutlich unterscheiden und daher unterschiedliche Lösungsperspektiven verfolgt werden. Wir wollen die Frage der Systemintegration aus drei Perspektiven, in denen bereits praktische Konsequenzen im Sinne konkreter Umsetzungen, strategischer Weichenstellungen oder perspektivischer Lösungsansätze erkennbar werden, in den nächsten Abschnitten genauer betrachten.

3.3.1. Windenergie: Vom Fremdkörper zum Mitspieler im System?

Der Übergang von einer an das Stromsystem zwar technisch angekoppelten, von den Systemanforderungen aber weitgehend unberührten Technik hin zu einer Erzeugungsweise, die einem zunehmenden systembedingten Handlungsdruck ausgesetzt ist, ist bei der Windenergienutzung am weitesten vorangeschritten. Dies hängt zunächst einmal mit der Zunahme der Stromerzeugungskapazitäten aus Windenergie in den letzten fünfzehn Jahren zusammen. Inzwischen sind bundesweit Windkraftanlagen mit einer Nennleistung von insgesamt gut 20.000 Megawatt installiert (siehe Anhang, Abbildung 4). Die Erzeugungsmenge dieser Anlagen lag in 2006 bei 30,5 Mrd. Kilowattstunden, was einem Anteil von rund fünf Prozent am Bruttostromverbrauch in Deutschland entsprach.¹⁰³ Es ist aber nicht allein die Expansion des Windenergiesektors, sondern mindestens ebenso sehr die oben beschriebene Tendenz zur Zentralisierung des Dezentralen, das heißt die regionale Konzentration der Windenergie, die Handlungsdruck in Richtung auf eine stärkere Systemintegration auslöst. So hat dieser Konzentrationsprozess in etlichen nord- und nordostdeutschen Gebieten dazu geführt, dass die erzeugten Strommengen –

¹⁰³ BMU 2007, 4.

zumindest in windstarken Zeiten – nicht mehr regional verbraucht werden können, sondern in andere Regionen transportiert werden müssen.

Für die Netzbetreiber ergeben sich aus den besonderen Eigenschaften des Windstroms vor allem in zweierlei Hinsicht Probleme: Erstens müssen sie im Vergleich zur Netzeinspeisung aus herkömmlichen Kondensationskraftwerken mit häufigeren und vor allem kurzfristigeren Erzeugungsschwankungen rechnen, was höhere Anforderungen an die Aufrechterhaltung der Netzstabilität stellt und mehr als bisher den Einsatz kurzfristig abrufbarer Regenergie erforderlich machen kann (z.B. aus schnell hochfahrbaren Gaskraftwerken oder aus mit Wasserkraft betriebenen Pumpspeicherkraftwerken). Zweitens kann es in regionalen Stromnetzen mit einem hohen Anteil von Windstromeinspeisungen zu temporären Netzüberlastungen kommen, und zwar insbesondere dann, wenn geringer Stromverbrauch und starkes Windaufkommen zeitlich zusammenfallen und der überschüssige Windstrom wegen überlasteter Stromleitungen nicht mehr abtransportiert werden kann. In dieser Situation prallen gegenläufige Interessen der Netzbetreiber einerseits und der Windstromproduzenten andererseits aufeinander: Auf der einen Seite steht das Interesse des jeweiligen Netzbetreibers, die Auslastung des gegebenen Netzes zu optimieren und Netzüberlastungen nebst kostenträchtigen Regelungseingriffen oder Maßnahmen zum Netzausbau nach Möglichkeit zu vermeiden. Das Interesse, die Netzkosten zu begrenzen, dürfte unter den Vorzeichen der Liberalisierung des Strommarktes weiter zunehmen, da zu erwarten ist, dass die Netzbetreiber infolge von Eingriffen der Regulierungsbehörde einem steigenden Kostendruck ausgesetzt werden.¹⁰⁴ Auf der anderen Seite steht das Interesse der Windstromproduzenten an einer möglichst optimalen Ausschöpfung der Einspeisevergütung. Die entscheidende Frage lautet: Sollten Windkraftbetreiber ihre Anlagen wie in der Frühzeit der Windenergieentwicklung nach wie vor *passiv* ans Netz ankoppeln und die Fahrweise der Anlagen – unabhängig von der Netzsituation – so weit wie möglich am gesetzlich garantierten Einspeisevorrang ausrichten? Oder sollten auch die Windstromproduzenten heute *aktiv* mit geeigneten Maßnahmen und anlagentechnischen Vorkehrungen zur Netzstabilität und -sicherheit beitragen?

Rein faktisch war die Expansion des Windenergiesektors nach Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) so schnell vorangeschritten, dass das Problem (temporärer) regionaler Netzüberlastungen nicht mehr zu übersehen war und in Angriff genommen werden musste, wollte man nicht ernsthafte Hemmnisse beim weiteren Ausbau der Windenergie in Kauf nehmen. In die EEG-Novelle 2004 wurde deswegen eine Regelung aufgenommen, die neue Handlungsmöglichkeiten für einen netzverträglichen Ausbau der Windenergie eröffnet. Das EEG 2004 verpflichtet die Netzbetreiber zwar ebenso wie das Vorläufergesetz zum vorrangigen Anschluss von Erzeugungsanlagen aus erneuerbaren Energien

¹⁰⁴ So die Einschätzung einiger von uns befragter Energieexperten.

sowie zur garantierten Abnahme und zum Transport des in diesen Anlagen erzeugten Stroms. Doch gilt nun auch der Grundsatz (nach §4, Abs. 3 des EEG 2004), dass in Netzen oder Netzbereichen, die zeitweise (z.B. bei starkem Windaufkommen) bereits vollständig durch Strom aus erneuerbaren Energien ausgelastet sind, nur dann eine Anschlusspflicht für Neuanlagen besteht, wenn diese mit technischen Einrichtungen zur Reduzierung der Einspeiseleistung bei Netzüberlastung ausgestattet sind. Sind Neuanlagen unter den genannten Voraussetzungen angeschlossen worden, so besteht eine Verpflichtung des Netzbetreibers, den Strom aus diesen Anlagen *vorrangig* abzunehmen, nur zu denjenigen Zeiten, in denen das Netz oder der Netzbereich nicht schon mit dem Strom vollständig ausgelastet ist, der aus den bereits früher angeschlossenen Anlagen zur regenerativen Stromerzeugung stammt. Eine weitere gesetzliche Grundlage bildet das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) in der novellierten Fassung von 2005, das die Netzbetreiber dazu verpflichtet, die Sicherheit und Zuverlässigkeit ihrer Stromnetze zu gewährleisten. Sofern sich Gefährdungen oder Störungen nicht oder nicht rechtzeitig beseitigen lassen, „sind die Betreiber berechtigt und verpflichtet, sämtliche Stromeinspeisungen, Stromtransite (...) und Stromabnahmen den Erfordernissen eines sicheren und zuverlässigen Netzbetriebs anzupassen oder diese Anpassung zu verlangen“ (Schwarz o.J., 3).

In der Praxis haben die skizzierten gesetzlichen Grundlagen den Netzbetreibern in einigen nord- und nordostdeutschen Regionen mit hoher Windparkdichte die Möglichkeit eröffnet, mittels eines *Erzeugungsmanagements* steuernd auf die Windstromproduktion in ihrem Netzgebiet einzuwirken. Neu angeschlossene Windkraftanlagen müssen dazu mit einem geeigneten technischen System ausgerüstet werden (z.B. mit einem „Rundsteuerempfänger“, der über ein Funkfernsignal Befehle aus der Leitwarte der Netzbetreiber empfängt). Ein zentrales Funktionsprinzip des von den Netzbetreibern praktizierten Erzeugungsmanagements bildet die Festlegung von Abschaltprioritäten, die darüber bestimmen, in welcher Reihenfolge und bis zu welcher Stufe die Erzeugungsanlagen im Netzgebiet bei Überlastungssituationen heruntergefahren werden. Dies kann nach dem Grundsatz „Last in – first out“ geschehen, was bedeutet, dass Neuanlagen in Überlastungssituationen um so eher heruntergefahren oder gegebenenfalls ganz vom Netz getrennt werden, je später sie in Betrieb genommen worden sind. In anderen Fällen geben Netzbetreiber stufenweise Abschaltregelungen vor, wobei sich die Abschaltpriorität nicht nach dem Termin der Inbetriebnahme, sondern nach der Größenklasse richtet, der eine neu errichtete Anlage angehört.¹⁰⁵

¹⁰⁵ So werden im Netzgebiet der Eon edis AG auf der Stufe 1 alle neu (d.h. nach dem Inkrafttreten des EEG 2004) installierten Erzeugungsanlagen der Priorität 1 (> 5.000 kW) aufgefordert, ihre Leistungsabgabe auf maximal 60 Prozent der Leistung zu reduzieren. Mit dem Aufruf der Stufe 2 sind alle neuen Erzeugungsanlagen der Priorität 1 und 2 (500 bis 5.000 kW) aufgefordert, ihre Leistung auf maximal 30 Prozent zu reduzieren. Mit dem Aufruf der Stufe 3 werden alle neuen Erzeugungsanlagen (also auch Anlagen < 500 kW) aufgefordert, ihre Erzeugungsleistung auf „Null“ herunterzufahren (Schwarz o.J., 21 f.).

In der Windkraftbranche selbst scheint sich mehr und mehr die Auffassung durchzusetzen, dass auch die Windenergie angesichts ihres – auf nationaler wie auf europäischer Ebene – stetig wachsenden Anteils an der Stromerzeugung grundsätzlich in der Lage sein müsse, einen aktiven Beitrag zur Netzstabilität und -sicherheit zu leisten. Diese Haltung ist offenbar nicht nur aus der Not geboren, dass auch im internationalen Rahmen immer mehr Energieversorger bzw. Netzbetreiber solche aktiven Eigenschaften zur Anschlussbedingung für neue Windkraftanlagen machen (May/Weinhold 2006, 74). Vielmehr steht dahinter auch der von Branchenvertretern artikulierte Anspruch, zum „mainstream“ in der Energieerzeugung aufzuschließen, das heißt über kurz oder lang „eine der zentralen Energiequellen in Europa“ zu werden, die in ihrer Bedeutung mit den etablierten Stromerzeugungsquellen – Kohle, Gas und Atom – gleichzieht.¹⁰⁶ Dies wiederum setze schon im ureigensten Interesse der Branche voraus, „dass die Betreiber künftig mehr Verantwortung“ für die Stromversorgung übernehmen sollten, denn wenn jeder Betreiber seinen Strom weiterhin singular – das heißt allein am Vorrangprinzip des EEG orientiert – einspeise, passten Wind- und Sonnenenergie langfristig nicht ins Netz.¹⁰⁷

Doch unterscheiden sich die Vorstellungen vieler Windkraftprotagonisten zu der Frage, in welche Richtung systemintegrierte Innovationen gehen sollten, stark von den Lösungswegen, die derzeit von den Netzbetreibern beschritten werden. So ist das Erzeugungsmanagement längst zu einem Konfliktfeld und zum Anlass juristischer Auseinandersetzungen zwischen Windkraftbetreibern und Energieversorgungsunternehmen geworden. Von Seiten der Windenergiebranche wird moniert, dass es im Zuge des seit 2004 praktizierten Erzeugungsmanagements immer häufiger zu Abschaltungen von Windkraftanlagen komme. Den besonders stark betroffenen Anlagenbetreibern in Nordfriesland habe dies zum Beispiel im Jahr 2005 ca. 1,5 Mio. Euro, in der ersten Jahreshälfte 2006 bereits rund drei Mio. Euro an Verlusten beschert.¹⁰⁸ In den nicht selten vor Gericht geführten Auseinandersetzungen mit den Netzbetreibern geht es um die Rechtmäßigkeit von Abschaltungen, um Schadensersatzklagen wegen ausgefallener Einspeisevergütungen bzw. um den Nachweis, dass bestimmte Netzbereiche tatsächlich überlastet waren. Die Windenergiebranche beruft sich dabei in der Regel auf die ebenfalls aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz hervorgehende Verpflichtung der Netzbetreiber, ihre Netze möglichst zeitnah an die Erfordernisse anzupassen, die aus dem Ausbau der Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen entstehen. Mit dem Druck, den man auf juristischem Wege ausübt, sowie mit verbandspolitischer

¹⁰⁶ Dies scheint der Tenor etlicher Beiträge auf der europäischen Windenergiekonferenz EWEC 2006 gewesen zu sein (May/Weinhold 2006, 72).

¹⁰⁷ Zitiert wird der Geschäftsführer des Brandenburger Windkraftbetreibers Enertrag anlässlich eines Vortrags auf der Jahreskonferenz Erneuerbare Energie 06 im Februar 2006 (Lönker 2006a, 31).

¹⁰⁸ So der Vizepräsident des Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE); Quelle: neue energie 10/2006, 12.

Lobbyarbeit will man darauf hinwirken, dass die Energieversorgungsunternehmen dieser Verpflichtung nachkommen und adäquate Maßnahmen der Netzoptimierung, der Netzverstärkung und, falls notwendig, des Netzausbaus durchführen.¹⁰⁹

Während sich Windenergiebranche und Netzbetreiber angesichts unterschiedlicher Interessenlagen voraussichtlich auch in Zukunft Auseinandersetzungen um das Für und Wider von Erzeugungsmanagement einerseits und Netzausbaumaßnahmen andererseits liefern werden, wird unter dem Stichwort der „*vernetzten Kraftwerke*“ von einigen Protagonisten des Windenergiesektors eine Innovationsrichtung verfolgt, die darauf abzielt, das Interesse an maximaler Windstromeinspeisung (und minimalem Erzeugungsmanagement) mit einem aktiven Beitrag zur Netzsicherheit und zur Systemintegration der Windenergie zu verbinden. Die Grundidee besteht darin, mehrere Windparks – gegebenenfalls auch Biogas- und Fotovoltaikanlagen – mittels eigener, neu installierter Stromtrassen zu vernetzen, um vom regionalen Netzbetreiber unabhängig zu werden und dem Betreiber des vorgelagerten Übertragungsnetzes durch die steuerungstechnische Kopplung der Anlagen eine gleichmäßigere und besser prognostizierbare Stromproduktion aus erneuerbaren Energien anbieten zu können. Ziel dieser Maßnahmen ist es, die Aufnahmekapazität des Netzes nachhaltig zu erhöhen, was wiederum die regionalen Ausbaupotenziale im Bereich der regenerativen Energien vergrößert. Erste Erfahrungen mit einem (im Nordosten Brandenburgs) bereits realisierten „vernetzten Kraftwerk“ sprechen dafür, nun „auf Augenhöhe mit den Netzbetreibern agieren“ zu können und in kritischen Situationen – anders als beim üblichen Erzeugungsmanagement – ein optimales, stufenloses Drosseln lokal begrenzter Anlagen zu ermöglichen, um die Verluste auf ein Minimum zu reduzieren.¹¹⁰

Neben solchen regionalen Lösungen auf der Grundlage von Vernetzungen unterschiedlicher Windstromproduzenten werden in der Frage der Systemintegration inzwischen auch die Vorteile einer „großen“, das heißt auf *europäischer Ebene* zu verwirklichenden Netzintegration der Windenergie diskutiert. Dahinter steht das von der Windenergiebranche anvisierte Ziel, in mittelfristiger Perspektive europaweit deutlich höhere Marktanteile im Bereich der Stromproduktion als heute zu erreichen. Liegt der Anteil des Windstroms am europäischen Elektrizitätsverbrauch gegenwärtig noch bei unter drei Prozent, so könnte dieser Anteil aus Sicht des europäischen Windverbands EWEA bis 2020 auf zwölf Prozent und bis 2030 auf zwanzig Prozent gesteigert werden (EWEA 2005, 6). Sollten sich diese Erwartungen erfüllen, dann würden allein bis zum Jahr 2020 in Europa rund 180.000 Megawatt Windkraftleistung am Netz sein (Lönker 2006b, 20). Mit

¹⁰⁹ Als wichtigen Erfolg dieser Strategie betrachtet man den von Eon Netz im Herbst 2006 gestarteten Feldversuch für das so genannte Freileitungs-Monitoring. Damit könne – nach Angaben von Eon Netz – die Übertragungskapazität der angeschlossenen Leitungen durch eine gezielte Temperaturüberwachung um zeitweilig bis zu 50 Prozent erhöht und könnten Eingriffe im Rahmen des Erzeugungsmanagements entsprechend zurückgefahren werden. Quelle: neue energie 10/2006, 12.

¹¹⁰ Zitiert wird der Geschäftsführer des Windkraftbetreibers Enertrag, gleichzeitig Initiator des Brandenburger „vernetzten Kraftwerks“ (Lönker 2006a, 32).

diesem Wachstum würde das Problem der Konzentration von Windenergiestandorten in verbrauchsfernen Regionen sowie der meteorologisch bedingten Fluktuation der Stromerzeugung noch einmal deutlich zunehmen. Die Lösung sehen etliche Windkraftprotagonisten in der Schaffung eines gut vernetzten und europaweiten Verbundsystems der Stromversorgung, bei dem die nationalen Stromnetze durch „starke Leitungen“ und entsprechend ausgebaute „Kuppelstellen“ deutlich intensiver als heute miteinander verknüpft werden sollten (ebenda, 16 ff.). Dies sei eine der entscheidenden Voraussetzungen für die Integration größerer Windleistungen ins Netz, da die „*meteorologischen Ausgleichspotenziale*“ für fluktuierende Windstromeinspeisungen nur dann wirkungsvoll genutzt werden könnten, wenn innerhalb Europas „*geographische Entfernungen von 2.000 bis 3.000 Kilometer*“ berücksichtigt würden. Das Ziel müsse folglich „*eine einheitliche Regelzone und ein zeitnaher Horizontalausgleich von Windstrom in ganz Europa sein*“, wie er auf nationaler Ebene, zum Beispiel gemeinsam von den vier großen deutschen Netzbetreibern, bereits praktiziert werde.¹¹¹

Eine solche europäische Perspektive der Systemintegration ist von ihrer Zielsetzung her nicht als Alternative, sondern als komplementäres Element zu den Integrationsstrategien auf regionaler bzw. dezentraler Ebene – zum Beispiel zu Innovationen wie den „vernetzten Kraftwerken“ - angelegt. So zeigen Erfahrungen mit Ländern wie Dänemark, das bereits heute über einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Windenergie – sowie darüber hinaus über einen hohen Anteil an dezentraler Stromerzeugung durch Kraftwärmekopplung – verfügt, wie wichtig die Möglichkeit des kurzfristigen Stromexports oder Imports aus Nachbarländern ist, um Produktionsschwankungen beim eigenen Windstrom „problemlos verkraften“ zu können (Franken 2006, 26 ff.). Allerdings sind solche Transaktionen mit den unmittelbaren Nachbarländern noch weit von dem Ziel einer europaweiten Regelzone für Windenergie entfernt. Allen Beteiligten ist klar, dass es sich hierbei gegenwärtig noch um Zukunftsmusik handelt, wobei es neben der Frage, wer die Kosten für die notwendigen Ausbaumaßnahmen des Verbundsystems zu tragen hätte, nicht zuletzt auch Hemmnisse auf institutioneller und regulatorischer Ebene sind, die aus Sicht der Windenergiebranche einer europaweiten Systemintegration des Windstroms im Wege stünden (EWEA 2005, 11 f.). Im Kern läuft die Kritik darauf hinaus, dass die Politik bei der europäischen Liberalisierung des Strommarkts und den flankierenden Maßnahmen zur Marktregulierung bisher auf halbem Wege stehen geblieben sei, weil die überkommene und in der oligopolistischen Struktur der *traditionellen Stromwirtschaft* verankerte Interessenverflechtung von Stromerzeugung und Netzbetrieb in etlichen europäischen Ländern (wie zum Beispiel in Deutschland) nicht konsequent genug aufgebrochen worden sei. Damit bleibe die marktbeherrschende Stellung vieler Konzerne auf der nationalen Ebene, insbesondere auch in der Frage des Netzzugangs, erhalten. Dies aber bedeute,

¹¹¹ Zitiert wird der Leiter der Abteilung Energieversorgungsstrukturen am Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) in Kassel; Quelle: Lönker 2006b, 19.

dass bei ihnen kein Interesse an einer konsequenten Öffnung nationaler Strommärkte sowie an Infrastrukturmaßnahmen für größere Importkapazitäten, etwa durch den Ausbau von Kuppelstellen zwischen den nationalen Stromnetzen, vorhanden sei. Fazit aus Sicht der Windenergiebranche: „Die Barrieren für mehr Wettbewerb sind dieselben, die auch den großflächigen Einsatz von Windenergie behindern“.¹¹²

Deutlich wurde zwar, dass beide Seiten, das heißt sowohl die Energieversorgungsunternehmen als auch die Windenergiebranche, ein Interesse an einer besseren Integration des Windstroms in das System der Stromverteilung und Stromversorgung haben. Doch unterscheiden sich die damit verknüpften Ziele beträchtlich. Lief es auf Seiten der traditionellen Stromwirtschaft zunächst auf eine defensive Strategie der Hemmnisse und versuchten Blockaden hinaus, um befürchtete Systemstörungen durch den angekoppelten Fremdkörper Windenergie möglichst gering zu halten, so zeichnet sich seit einigen Jahren eine Umorientierung ab. Inzwischen engagieren sich auch einige der großen deutschen Stromkonzerne im Bereich der Windenergie, insbesondere im Zusammenhang mit den geplanten Offshore-Projekten. Doch auch unabhängig davon müssen sie heute – als Netzbetreiber – mit sehr viel größeren Mengen von Windstrom „fertig werden“, als dies in der Frühphase der Windkraftentwicklung der Fall war. Die Integrationsstrategien der großen Stromkonzerne – etwa mit den Mitteln des Erzeugungsmanagements oder durch Optimierungs- und Ausbaumaßnahmen am Stromnetz – scheinen gegenwärtig vor allem darauf ausgerichtet zu sein, der Windenergie innerhalb eines Energiemix, bei dem zumindest in mittelfristiger Perspektive weiterhin Kohlekraftwerke sowie die Atomenergie dominieren sollen, einen festen Platz in einer erweiterten Nische (mit der Offshore-Windkraftnutzung in der Hauptrolle) zu sichern.¹¹³

Auf Seiten der *Windenergiebranche* dagegen zielen Innovationen wie das Konzept der „vernetzten Kraftwerke“ sowie auch der politische Druck, den man in Richtung auf einen konsequenten Netzausbau bis hin zur „großen“ europäischen Lösung auszuüben versucht, letztlich darauf ab, die Chancen eines Paradigmenwechsels im Stromsystem zu erhöhen. Das heißt, es geht erstens darum, entscheidende Weichen zu stellen, die es aus *netztechnischer Sicht* erlauben, einen hohen und tendenziell weiter steigenden Anteil von (fluktuierendem) Strom aus erneuerbaren Energiequellen mit einer hohen Netz- und Versorgungssicherheit zu verbinden. Neben der Netzintegration geht es zweitens darum, mit den genannten Maßnah-

¹¹² Zitiert wird der Geschäftsführer des European Wind Energy Association (EWEA); Quelle: Lönker 2006b, 18).

¹¹³ Ins Bild passt, dass die deutschen Übertragungsnetzbetreiber (d.h. die Netzsparten der großen Stromkonzerne) dem Bundesumweltminister Ende 2006 den Ausbau der Stromtrassen mit dem Ziel einer „nachhaltige(n) Einbindung der erneuerbaren Energien in die Elektrizitätsinfrastruktur“ zugesichert haben. Konkret soll es dabei vor allem um einen Trassenausbau bzw. Neubau gehen, mit dem zusätzlicher Windstrom aus dem Norden Deutschlands, insbesondere aus den geplanten Offshore-Projekten, in die Verbrauchszentren in der Mitte und im Süden des Landes transportiert werden kann (Lönker 2006c, 23).

men die *Marktintegration* der Windenergie zu ermöglichen. Marktintegration bedeutet, dass sich der Organisationszweck eines Windstromproduzenten zukünftig nicht mehr (oder nicht mehr ausschließlich) auf die Erzeugung von Strom gemäß den Förderbedingungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes beschränken, sondern (auch) auf die Teilnahme am Spot- und Regenergiemarkt erstrecken würde. Die Vorteile wären zum einen (aus Betreibersicht), dass im günstigen Fall deutlich höhere Erträge für den eingespeisten Strom als über die EEG-Förderung zu erzielen wären, und zum anderen (aus Systemsicht), dass die Erzeugung des Stroms durch die Marktteilnahme stärker den Verbrauchs- und Marktanforderungen angepasst werden könnte, wodurch im Endeffekt größere Kapazitäten an regenerativ erzeugtem Strom im Netz untergebracht werden könnten. Da marktfähige Regenergie zeitlich genau kalkulierbar, mit hoher Zuverlässigkeit und oberhalb einer bestimmten Mindestleistung eingespeist werden muss, sind es im Bereich der Windenergie sowohl die flexibel einsetzbaren „vernetzten Kraftwerke“ als auch die von der Branche geforderten länderübergreifenden „Regelzonen“ für Windenergie, mit denen solche Bedingungen zu erfüllen wären.¹¹⁴ Alles in allem betrachten Branchenvertreter beide Dimensionen der Systemintegration, das heißt Netzintegration *und* Marktintegration, als wichtige Voraussetzungen dafür, dem Ziel der Gleichrangigkeit der Windenergie bzw. – perspektivisch betrachtet – der Dominanz der erneuerbaren Energien innerhalb des Stromsystems näher zu kommen.

3.3.2. *Dezentrale Stromerzeugung: Das Problem der Systemintegration*

Bereits die in den späten 1980er Jahren beginnende Verbreitung der Windenergienutzung machte es erforderlich, eine zunächst stark dezentralisierte neue Stromerzeugungstechnik in das deutsche Stromversorgungssystem einzubinden. Im Zuge der Expansion des Windkraftsektors wird der Trend zur Dezentralisierung allerdings, wie im vorherigen Abschnitt gezeigt, von typischen Elementen zentralisierter Stromsysteme überlagert: von der regionalen Konzentration der Windstromproduktion sowie vom Abtransport großer Strommengen zu den Verbrauchszentren unter Nutzung der existierenden oder noch weiter auszubauenden überregionalen Höchstspannungsleitungen.

Von dieser Entwicklung einer Zentralisierung des Dezentralen unterscheiden sich Dezentralisierungen des Stromsystems, die zum Teil bereits praxisrelevant geworden sind, zum Teil im Rahmen energiepolitischer Konzepte und Szenarien durchgespielt werden. Die erneuerbaren Energien sind – neben der Kraftwärmekopplung – in der Regel ein integraler Bestandteil dieser Konzepte, die in ihren avancierteren Varianten einen umfassenden, über den Durchbruch einzelner Er-

¹¹⁴ So heißt es in einem Bericht über vernetzte Windparks: „Mit der Steuerungstechnik in einer gemeinsamen Leitwarte ließe sich die Stromproduktion regeln. Vernetzte Kraftwerke sind sogar in der Lage, Regenergie in Form von Minutenreserve, die Bereitstellung von Blindleistung und die Abstimmung von Lastfabrplänen wie im konventionellen Kraftwerkspark anzubieten“ (Lönker 2006a, 31).

zeugungstechnologien wie der Windenergie hinaus gehenden Paradigmenwechsel im Stromversorgungssystem unter der Leitnorm der Dezentralisierung vorsehen (dazu mehr im Abschnitt 3.3.3). Wir wollen uns im Folgenden zunächst einigen aktuellen Dezentralisierungstendenzen zuwenden und uns vor allem darauf konzentrieren, welche Relevanz sie für die Frage der Integration der erneuerbaren Energien in das Stromsystem haben. Insbesondere interessiert uns, ob sich durch die zunehmende Verbreitung kleinteilig-dezentraler Stromquellen (vor allem infolge des Booms bei den Fotovoltaik- und Biogasanlagen) sowie durch den Einstieg in regionale Autarkieprojekte der Handlungsdruck im Hinblick auf die Systemintegration erneuerbarer Energien erhöhen könnte und welche damit verbundenen Umsetzungsprobleme angesichts der strukturellen Dominanz des etablierten Stromsystems bereits heute absehbar sind. In einem weiteren Schritt wenden wir uns den Stadtwerken zu, da sich vor dem Hintergrund veränderter energiewirtschaftlicher Rahmenbedingungen auf dieser untersten Ebene des Stromversorgungssystems ein wachsendes Interesse an dezentraler Eigenerzeugung abzeichnet, wobei die erneuerbaren Energien, insbesondere die Biomassenutzung, ein Element dieser Umorientierung sind. Somit gibt es auch im Bereich der Stadtwerke Anzeichen dafür, dass sich die zentralisierten Strukturen des alten Systems zu lockern beginnen und das Thema „Systemintegration“ an Bedeutung gewinnt.

Der Ausbau kleinteilig-dezentraler Stromquellen

Auf eine unter den Vorzeichen gesetzlich garantierter Einspeisevergütungen gewissermaßen *naturwüchsig verlaufende Dezentralisierungstendenz* haben wir bereits an anderer Stelle hingewiesen, zumal sie von Beginn an zu den entscheidenden Merkmalen der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien gehörte. Gemeint ist die Verbreitung kleinteiliger dezentraler Stromquellen, die zwar inzwischen von einem Trend zur Zentralisierung des Dezentralen überlagert, aber keineswegs verdrängt worden ist. Dies gilt insbesondere für die Verbreitung von Fotovoltaikanlagen (außerhalb des Segments der großen Freilandanlagen) sowie für Biogasanlagen, die als Hofanlagen für landwirtschaftliche Einzelbetriebe errichtet werden. Die auf diese Weise vorangetriebene Dezentralisierung der Stromerzeugung erfolgt insofern naturwüchsig, als sie zwar im Rahmen einschlägiger Förderbedingungen sowie vielfach in den Bahnen ausdifferenzierter Diffusionsnetzwerke verläuft, aber – ganz in der Logik indirekter Kontextsteuerung – keiner gesamtplanerischen Vorgabe und keinem spezifischen Verlaufskonzept folgt. Anders als bei der Windenergie scheint es im Fall der vielen kleinteilig-dezentralen Stromquellen¹¹⁵ bisher noch nicht zu einem vergleichbaren Handlungsdruck im Bereich der Systemintegration gekommen zu sein. Der inzwischen erreichte quantitative Anteil an der Gesamterzeugung fällt alles in allem so gering aus, dass er weder in bundesweiter Betrachtung noch in den Regionen, in denen bereits überdurchschnittliche

¹¹⁵ Neben Fotovoltaik- und Biogasanlagen zählen hierzu auch kleine Laufwasserkraftwerke.

Mengen an Fotovoltaik- oder Biogasstrom eingespeist werden, eine nennenswerte Herausforderung für das bestehende Stromsystem darstellt. Das heißt, dass dieser Regenerativ-Strom zumeist ohne größere Probleme in den vorherrschenden, auf zentraler Stromerzeugung beruhenden Modus der vertikalen Stromverteilung und –versorgung integrierbar ist.¹¹⁶

Das soeben Gesagte schließt allerdings nicht aus, dass die Errichtung dezentraler Fotovoltaik- oder Biogasanlagen zusätzliche Anforderungen an den regionalen Stromversorger bzw. an die zuständigen Stadtwerke stellt. Letztere haben dafür zu sorgen, dass die Anlagen an die untere oder mittlere Spannungsebene innerhalb des Versorgungsgebiets angeschlossen werden, damit der Strom gemäß den Vorgaben des Erneuerbare-Energien-Gesetzes vom Anlagenbetreiber eingespeist werden kann. Auch wenn es unter technischen Gesichtspunkten möglich sein sollte, kleinteilige dezentrale Erzeugungsanlagen weitestgehend in die vorherrschende Netzlogik zu integrieren, so können die Kosten einer solchen Maßnahme – nicht zuletzt auch in Relation zu ihrem ökologischen Ertrag – je nach Anlagenstandort erheblich variieren. In der Praxis hat der Anschluss von dezentralen Anlagen an das Netz deswegen immer wieder zu Konflikten zwischen Anlagen- und Netzbetreibern geführt, da trotz entsprechender gesetzlicher Regelungen¹¹⁷ in vielen Fällen umstritten ist, wo die Grenze zwischen dem eigentlichen Netzanschluss (dessen Kosten der Anlagenbetreiber zu tragen hat) und dem gegebenenfalls notwendigen Netzausbau (für dessen Kosten der Netzbetreiber aufkommen muss) zu ziehen ist (Bauknecht et al. 2006, 270). Als besonders problematisch erweisen sich aus der Sicht regionaler Netzbetreiber solche dezentralen Erzeugungsanlagen, die in relativ großer Entfernung vom nächsten Einspeisepunkt in das Mittelspannungsnetz errichtet werden und deren Strom nicht bereits vor Ort verbraucht werden kann.¹¹⁸ Das Dilemma der Netzbetreiber besteht darin, dass sie zwar in der Regel zum Netzanschluss verpflichtet sind, dass aber eine auch unter ökologischen Gesichtspunkten optimale Infrastruktur für den Abtransport des regenerativ erzeugten Stroms (etwa die Errichtung einer Trafo-Station in unmittelbarer Nähe der Anlage) mit vergleichsweise hohen Kosten verbunden wäre. Belässt man es aber bei der – unter Umständen auch für den Anlagenbetreiber – kostengünstigeren Nutzung der bereits vorhandenen Leitung, so kann dies aus technischen Gründen zu beträchtlichen Energieverlusten beim Stromtransport führen, etwa zur Überhitzung der Leitung. Dies minimiere den ökologischen Nutzen einer solchen Erzeugungsanlage und führe, so ein Stadtwerksvertreter, im ungünstigen Fall

¹¹⁶ Wir stützen uns hier auch auf das Urteil der von uns interviewten Experten, aus deren Sicht das deutsche Stromnetz „mit einer sehr starken Redundanz ausgestattet“ bzw. „so stabil“ sei, dass „Nischenprodukte“ wie Strom aus Fotovoltaik- oder Biogasanlagen zumeist ohne Probleme – und auch unter Berücksichtigung weiterer Zuwachsraten – in die gegenwärtige Netzlogik integrierbar seien.

¹¹⁷ Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien vom 21.07. 2004, §13.

¹¹⁸ Häufig berichtetes (und durchaus praxisnahes) Beispiel sind mittelgroße Fotovoltaikanlagen auf einsamen Scheunendächern oder Biogasanlagen auf abgelegenen Bauernhöfen, die oft nur durch eine schwache Stickleitung mit dem Stromnetz verbunden sind.

dazu, „dass der Netzbetreiber zum Entsorger für regenerative Energie statt zum Versorger der Bevölkerung wird“.¹¹⁹

Zur Unterstützung einer auch ökologisch sinnvollen Dezentralisierung des Stromsystems im Zuge des Ausbaus der erneuerbaren Energien plädieren Bauknecht et al. (2006) angesichts des skizzierten Dilemmas dafür, mehr als bisher Standortssignale in die Regulierung der Stromerzeugung und Stromversorgung aufzunehmen. Das heißt, es sollten einerseits den Netzbetreibern gezieltere Anreize als bisher gegeben werden, dezentrale Erzeuger ans Netz anzuschließen und das Netz (bzw. den Netzbau) optimal an den daraus resultierenden Erfordernissen auszurichten. Andererseits sollten aber auch die dezentralen Stromerzeuger Preis- bzw. Kostensignale erhalten, um ihre Standortentscheidungen „im Sinne der Netzerfordernisse“ (z.B. Vermeidung weiter Stromtransporte) zu beeinflussen (Bauknecht et al. 2006, 269).

Regionale Autarkieprojekte

Wie oben gezeigt, geht der bisher spürbarste Innovationsdruck in Richtung auf eine verbesserte Integration erneuerbarer Energien in das Stromsystem von der expansiven Entwicklung des Windenergiesektors aus. Nicht nur die Netzbetreiber sehen sich gezwungen zu reagieren, auch die Protagonisten der Windenergie streben mittlerweile nach neuen Lösungen. Im Fall der Windenergieprojekte ist es die Kombination aus gut zu bündelnden Brancheninteressen, dem Rückenwind der gesetzlichen Förderung, der rasanten Entwicklung inkrementeller Innovationen im Bereich der Anlagentechnik sowie der Nutzung überregionaler und inzwischen auch internationaler und maritimer Standortpotenziale, die die Integrationsanforderungen erhöht. Dem steht ein regionalorientierter Projekttyp gegenüber, der ebenfalls – allerdings ganz anders geartete – Integrationsanforderungen an das Stromsystem stellen könnte. Es handelt sich um Dezentralisierungsprojekte, die auf das Ziel einer möglichst weitgehenden, im Idealfall 100-prozentigen *regionalen Eigenversorgung mit erneuerbaren Energien* ausgerichtet sind.

Diese Projekte unterscheiden sich in ihrem Streben nach energetischer Selbstversorgung von solchen regionalen Konstellationen, bei denen infolge der räumlichen Konzentration entsprechender Produktionsanlagen (in der Regel Windkraftanlagen) ein Überschuss an regenerativem Strom erzeugt wird, der ganz überwiegend in andere Regionen exportiert wird. Während ein solcher überregionaler Stromexport nach wie vor auf die Infrastruktur eines am Zentralitätsprinzip ausgerichteten Netzbetriebs angewiesen ist, orientieren sich die Autarkieprojekte – mit vorrangig ökologischer, aber auch energiepolitischer und regionalwirtschaftlicher Begründung – am *Dezentralitätsprinzip*, welches in letzter Konsequenz einen zentralisierten, auf leistungsstarke Übertragungsnetze angewiesenen Netzbetrieb obsolet machen würde. Damit knüpfen diese Projekte an Dezentralisierungskon-

¹¹⁹ Quelle: Experteninterview mit einem Stadtwerksvertreter.

zepte aus der Frühzeit der Ökologiebewegung an, allerdings unter den nun veränderten Rahmenbedingungen einer gezielten staatlichen Förderung der regenerativen Energien, einer insgesamt sehr viel breiteren und zum Teil professionalisierten Akteursbasis sowie einer deutlich weiter entwickelten Informations- und Kommunikations-Technologie im Bereich der (dezentralen) Netzsteuerung. Das ökologisch relevante Kernziel heutiger Autarkieprojekte beruht auf dem exemplarischen Nachweis, dass ein dezentraler Netzbetrieb auf der Basis erneuerbarer Energiequellen nicht nur technisch möglich ist, sondern eine effiziente, weil verbrauchsnahe und flexibel einsetzbare und zugleich sichere Alternative zur zentralisierten Stromversorgung darstellt.

Angesichts ihrer ambitionierten Ziele und ihres Modellcharakters liegt es auf der Hand, dass die Autarkieprojekte vor hohen Anforderungen stehen. Wobei die *technische Integration* vieler kleiner dezentraler Stromquellen, der Umbau des Stromnetzes auf lokaler oder regionaler Ebene sowie die Verwirklichung informationstechnischer Lösungen zur dezentralen Steuerung von Stromerzeugung und Stromverbrauch (etwa im Rahmen „vernetzter Kraftwerke“, siehe oben) nur einen Teil der Anforderungen ausmachen. Eine weitere Anforderung besteht in der *sozialen Integration* dieser Projekte, die in der Regel von einem nur begrenzten Kreis von Protagonisten gegründet und konzipiert werden. Je anspruchsvoller der Zielkanon eines Autarkieprojektes ist, desto breiter muss es in der regionalen Öffentlichkeit, das heißt unter den Bürgern und in zivilgesellschaftlichen Organisationen, aber auch in der regionalen Politik und Wirtschaft verankert sein. So gehen die ambitioniertesten Projekte, z.B. in den Landkreisen Fürstentum Lüneburg und Lüchow-Dannenberg, über das Ziel der dezentralen und regenerativen Selbstversorgung mit Strom hinaus und erweitern es um das Ziel, mittel- bis langfristig (im Fall des Landkreises Fürstentum Lüneburg: bis 2030) auch bei der regionalen Wärmeversorgung sowie im Verkehrsbereich auf der Basis erneuerbarer Energien autark zu werden. Da ein solches Ziel nicht auf dem heutigen hohen Energieverbrauchs-niveau erreichbar erscheint, kommt als flankierendes Ziel eine massive Reduktion des Energiekonsums, das heißt die regionale Effizienzrevolution sowie ein darauf fokussierter Verhaltenswandel bei Verbrauchern, Gewerbebetrieben, Energieversorgern usw. hinzu.¹²⁰

¹²⁰ So will der Landkreis Fürstentum Lüneburg – als „klare Vision“ bis 2030 – „Deutschlands erster Landkreis sein, der sich komplett aus regenerativen Energien selbst versorgt. Gleichzeitig soll der Energieverbrauch um fünfzig Prozent gesenkt werden“. Dazu wolle man auf „alle erneuerbare Energien“ zurückgreifen: „Sonnenenergie, Biogas aus Landwirtschaft und Abfall, feste Biomasse, Rapsöl, Geothermie sowie Wind- und Wasserkraft“.

Wichtigster Ausgangspunkt der Initiative war die in 2001 erfolgte Gründung des „Zentrum für innovative Energien“ (ZIEL 21), dessen Geschäftsstelle dem Landratsamt Fürstentum Lüneburg zugeordnet ist. Quelle: BR-Online.de;

URL: <http://www.br-online.de/leben2020/artikel/0412/20-energiewendeff..> (20.04.06) Der Kreistag des Landkreises Lüchow-Dannenberg hat 1999 einstimmig beschlossen, die Energieversorgung mittel- bis langfristig zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen zu bestreiten. Die Umstellung auf regenerativ erzeugte Elektrizität, Wärme und Treibstoffe soll von einem umfangreichen Energieeinsparprogramm flankiert werden. Quelle: Website von WendenEnergie e.V.;

Im Rahmen einer vergleichenden Analyse, in die zahlreiche europäische (darunter einige deutsche) Modellprojekte einbezogen wurden, arbeiten Tischer et al. (2006) idealtypische *Strukturelemente* heraus, die als wichtige Erfolgsvoraussetzungen für die soziale – und technische – Integration solcher regionalen „Erneuerbare Energien Initiativen“ gelten können¹²¹:

Erstens muss ein *regionales Unterstützernetzwerk* existieren bzw. geschaffen werden, das in der Lage ist, sowohl relevante gesellschaftliche Kräfte in die Initiative einzubinden als auch die Projektaktivitäten dauerhaft zu tragen. Als besonders Erfolg versprechend haben sich *duale Strukturen* erwiesen: das heißt die Kombination aus einer *ideellen* Unterstützerstruktur, die vor allem aus zivilgesellschaftlichen Organisationen und Akteuren besteht, und *wirtschaftlich* orientierten Teilstrukturen, die für das Marketing sowie für die Planung, die Finanzierung und den Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen, für netztechnische Maßnahmen, für Energiedienstleistungen usw. notwendig sind (ebenda, 103 ff.).

Zweitens muss eine *professionelle Projektkoordination* aufgebaut werden, die zwar über feste organisatorische Strukturen verfügen sollte (Koordinationsbüro, Geschäftsstelle o. ä.), ohne dabei aber zu eng in bürokratische Hierarchien (etwa innerhalb der Kommunalverwaltung) eingebunden zu sein. Vielmehr sollten eine „flexible und unbürokratische Arbeitsweise“ und die Vermittlungsfunktion „zwischen öffentlichen und privaten, lokalen und regionalen Akteuren sowie zwischen verschiedenen Sektoren und Interessengruppen (z.B. Umwelt und Wirtschaft)“ gewährleistet sein (ebenda, 116).

Drittens sind eine oder mehrere *regionale Schlüsselpersonen* („Kümmerer“) hilfreich, deren Stärken nicht so sehr im operationellen Tagesgeschäft liegen, sondern die als Gründerpersönlichkeiten, als Leit- und Identifikationsfiguren, als Ideengeber, als regionale „Strippenzieher“ oder als integrierende Kraft angesichts der verschiedenen an der Initiative beteiligten Interessengruppen zum Garanten für Projektstabilität, Projektfortschritt und Projektreputation werden können (ebenda, 118 ff.).

Das Gesagte verdeutlicht, dass die Autarkieprojekte in der Tradition der von zivilgesellschaftlichen Akteuren getragenen Bürgerprojekte im Bereich der erneuerbaren Energien stehen. Sie sind die konsequente Fortführung und Erweiterung eines Engagements, das sich ursprünglich (etwa im Rahmen von Bürgerwind- oder Solarprojekten) fast ausschließlich auf die praktische Förderung *einzelner*

URL: www.wendenenergie.de (08.02.07)

¹²¹ Die Untersuchung wurde im Rahmen des EU-geförderten Projektes 100 Prozent RENET (Network of Rural Areas aiming at a very high RE Rate) erstellt. Empirische Basis waren die an dem EU-Projekt unmittelbar beteiligten sechs regionalen Projektpartner (darunter zwei deutsche: ZIEL 21 im Landkreis Fürstfeldbruck und Solarinitiative Mecklenburg-Vorpommern (SIMV) e.V. mit der 100 Prozent Erneuerbare-Energien-Region Lübow-Krassow), aber auch weitere Beispiele für regionale Erneuerbare Energien Initiativen innerhalb der Europäischen Union (Tischer et al. 2006).

Regenerativ-Techniken konzentrierte.¹²² Wie schon die frühen Bürgerprojekte sind auch die Autarkieprojekte regional verwurzelt und werden damit, nicht zuletzt aufgrund ihrer breiten zivilgesellschaftlichen Akteursbasis und ihrer zumeist intensiven Vernetzungsaktivitäten, zu relevanten Triebkräften beim Aufbau regionaler Governancestrukturen auf dem Gebiet von Nachhaltigkeits- und Energiewendepolitik sowie im Bereich regionaler Wirtschaftsförderung. So zeige die Diskussion zu *regional governance*, „dass insbesondere informelle regionale Strukturen“ – wie sie von den „100 Prozent Regenerativ“-Projekten geschaffen werden – „*Innovationen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung in einer Region befördern und vereinfachen*“. Es sei insbesondere „*die Neu-Konfiguration der relevanten Akteure*“, durch die ein „*Nährboden für neue Ideen*“ sowie „*Spielräume für die Umsetzung dieser Ideen*“ geschaffen würden (Tischer et al. 2006, 90).

Sofern es den beteiligten Akteuren gelingt, die skizzierten Projektstrukturen zu schaffen und in die praktische Umsetzung regionaler Autarkiekonzepte einzusteigen, erhöhen sich in der Regel auch die Handlungsanforderungen, die sich an die jeweiligen Stadtwerke und an die regionalen Netzbetreiber richten. Regionale Autarkiekonzepte auf Basis erneuerbarer Energien sind, wie sich zeigte, immer auch Dezentralisierungskonzepte, die darauf hinaus laufen, die bisher übliche zentrale Stromversorgung durch einen dezentralen Erzeugungs- und Versorgungsmodus zu ersetzen, was unweigerlich die Interessen bzw. die „Einflusssphären“ regionaler Stromversorger sowie der zuständigen Stadtwerke berührt. Die Projektverantwortlichen müssen folglich daran interessiert sein, auch die in der Region bereits etablierten Stromversorger „mit ins Boot zu holen“, das heißt als Kooperationspartner für Dezentralisierungsvorhaben zu gewinnen. Dies wiederum scheint vor allem in solchen Fällen möglich zu sein, in denen Stadtwerke ebenfalls am Ausbau dezentraler Eigenerzeugung und Energieversorgung sowie an der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien interessiert sind¹²³ oder in denen regionale Netzbetreiber ein Eigeninteresse an dezentraleren Versorgungsstrukturen entwickeln. Letzteres ist zum Beispiel in ländlichen Regionen denkbar, sofern gezielte Dezentralisierungsmaßnahmen aus Sicht des Netzbetreibers dazu dienen können, die Kosten einer voll zentralisierten Anbindung auch abgelegener Ortschaften sowie des dafür notwendigen Ausbaus von Transportleitungen zu vermeiden.¹²⁴ Da aber der von den Autarkieprojekten angestrebte radikale

¹²² Auch ein Vorläuferprojekt der Initiative ZIEL 21 im Landkreis Fürstentum Fürstentum hatte sich auf eine einzelne Regenerativ-Technik, die solarthermische Anlage, konzentriert: Ende der 1990er Jahre entstanden im Rahmen des Projektes „Brucker Land Sonnenland“ innerhalb von zwei Jahren über 600 Solaranlagen zur Warmwasserbereitung auf den Dächern im Landkreis. Quellen: Expertengespräch mit der 1. Vorsitzenden von ZIEL 21; website der Initiative „Regiosolar“,

URL: www.regiosolar.de/partner/Ziel21_FürstentumFürstentum/portrait.. (17.05.04)

¹²³ So tragen die Stadtwerke Fürstentum Fürstentum als Mitglied der regionalen Initiative ZIEL 21 das Konzept dieses Autarkieprojektes mit (Expertengespräch mit einem Vertreter der Stadtwerke Fürstentum Fürstentum).

¹²⁴ So ist es einem unter anderem von der FH Eberswalde initiierten Netzwerk zur Förderung dezentraler regenerativer Energieerzeugung in Nordost-Brandenburg gelungen, auch den regionalen

Umstieg auf erneuerbare Energiequellen und auf dezentrale Versorgungsstrukturen dem von den großen Energieversorgungsunternehmen verkörperten Paradigma eines zentralisierten Stromsystems prinzipiell entgegensteht, ist es keineswegs selbstverständlich, dass es zu solchen Kooperationen kommt. Verweigert ein Netzbetreiber eine solche Zusammenarbeit oder springt er nach anfänglicher Beteiligung wieder ab (wie beim Autarkieprojekt in Lüchow-Dannenberg geschehen¹²⁵), dann muss dies zwar nicht den von regionalen Aktivisten vorangetriebenen Ausbau regenerativer Energiequellen in Frage stellen, könnte aber ambitioniertere Dezentralisierungsvorhaben im Bereich der regionalen Stromversorgung erschweren oder gar vereiteln.

Die regionalen Autarkie- und Dezentralisierungsprojekte stellen Versuche dar, Nachhaltigkeits- und Energieziele möglichst konsequent und im Rahmen eines differenzierten Konzeptes zu verwirklichen. Die Projektrealisierung ist jedoch mit weitaus komplexeren Anforderungen verbunden als die „naturwüchsige“ und von gesetzlich garantierten Einspeisevergütungen geförderte Verbreitung von Einzeltechniken zur regenerativen Stromerzeugung. Zu berücksichtigen ist ferner, dass die Ziele von Autarkieprojekten nicht in jedem Fall mit den Interessen regionaler Betreiber von Windkraft-, Fotovoltaik- oder Biogasanlagen deckungsgleich sind. Vielmehr ist für Anlagenbetreiber – auch aus Gründen einer gesicherten Finanzierung der Anlagen – die Sicherung optimaler Erzeugungsmengen und der daraus sich ergebenden Einspeisevergütung, nicht aber per se die Optimierung dezentraler Netz- und Versorgungsstrukturen ausschlaggebend. Dies aber bedeutet: Der gesetzliche Förderrahmen ist nicht nur mit Blick auf die etablierte Stromwirtschaft, sondern auch im Hinblick auf die vom Erneuerbare-Energien-Gesetz geförderten Anlagenbetreiber alles in allem nur unzureichend geeignet, adäquate Anreize für den regionalen Umbau und die Dezentralisierung von Netzstrukturen zu geben. Sollte es einigen der Autarkieprojekte trotz der teilweise widrigen Rahmenbedingungen gelingen, die regionalen Netz- und Versorgungsstrukturen zu dezentralisieren und von der zentral gesteuerten Stromversorgung mehr oder weniger unabhängig zu werden, so hätte dies sicherlich einen wichtigen Demonstrationseffekt. Doch wären diese Projekte nach dem heutigen Stand der Dinge nach wie vor Inseln der Dezentralisierung, die noch keine größeren Konsequenzen für die zentralisierte Struktur des *Stromsystems insgesamt* hätten.

Stromversorger (Eon-Edis) „mit ins Boot“ zu holen. Offenbar spielten dabei auch Eigeninteressen des Stromversorgers eine Rolle. So sei von Eon-Edis signalisiert worden, dass es unter Umständen teuer sein könnte, bestimmte Regionen voll im Gesamtnetz zu halten. Deshalb könne es für einen Energieversorger interessant sein, eine dezentrale Struktur in einem bestimmten Einzugsbereich zu fördern. Quelle: Expertengespräch mit der Leiterin der Technologie- und Innovations-Beratungsstelle (TIB) an der FH Eberswalde.

¹²⁵ Quelle: Expertengespräch mit einem der Lüchow-Dannenberger Projektinitiatoren.

Dezentrale Eigenerzeugung der Stadtwerke

Ein weiterer Dezentralisierungspfad, der in Zukunft an Bedeutung gewinnen könnte, ist im Bereich der *Stromeigenproduktion durch Stadtwerke* zu erkennen. Wie sich zeigte, sind Stadtwerke in der Rolle des lokalen und regionalen Netzbetreibers an der Integration dezentraler Erzeugungsanlagen für Regenerativ-Strom beteiligt. Darüber hinaus gibt es infolge der Strommarktliberalisierung und der Neueregulierung des Stromsektors sowie aufgrund steigender Vorlieferantenpreise ein verstärktes Interesse etlicher Stadtwerke, in die *Eigenerzeugung* von Elektrizität zu investieren, was tendenziell auch die Integration von Regenerativstrom in die Stromversorgungsstrukturen fördern könnte. Diese Umorientierung äußert sich zum einen darin, dass Stadtwerksverbände mittlerweile in den Bau und Betrieb eigener konventioneller Kraftwerke (zumeist auf Erdgasbasis) eingestiegen sind. Zum anderen ist ein Ausbau dezentraler Kraftwärmekopplungs-Anlagen zu beobachten. Hierbei können Stadtwerke vielfach auf langjährige Kompetenzen und eine bereits bestehende Infrastruktur zurückgreifen, da auch schon bisher die Eigenerzeugung der deutschen Stadtwerke zu 20 Prozent auf der Kraftwärmekopplung beruhte (Wagner/Kristof 2001, 32).¹²⁶ Bei einem – kleineren – Teil der Stadtwerke verbindet sich der Ausbau der Eigenerzeugung auch mit einer stärkeren Hinwendung zur Stromerzeugung aus regenerativen Quellen. Dabei richtet sich das Interesse heute vor allem auf die Biomassenutzung, bei der sich der Vorteil kontinuierlicher Stromerzeugung mit der Möglichkeit zur Kraftwärmekopplung verbindet (Bensmann 2006, 51 f.). Auf diese Weise können hohe energetische Wirkungsgrade erzielt und Kostenvorteile (auch durch die gesetzlich garantierte Einspeisevergütung für Strom aus Biogas/Biomasse) genutzt werden. Demgegenüber ist zu erwarten, dass die Nutzung von Fotovoltaik und Windenergie durch Stadtwerke auch in Zukunft zumeist im Rahmen von Demonstrationsprojekten verbleiben und einen vergleichsweise geringen Anteil an der Eigenerzeugung haben wird. Unter dem Gesichtspunkt der Systemintegration ist die Biomassenutzung deswegen relevant, weil sie auf die Verknüpfung eines lokalen oder regionalen Netzmanagements (Strom und Nahwärme) mit dem Einsatz einer Technik zur regenerativen Stromerzeugung hinaus läuft, die aufgrund ihrer kontinuierlichen Produktionsweise einen hohen Grad an Versorgungssicherheit garantiert und zur Netzstabilisierung beitragen kann.

Offen muss bleiben, wie stark der Trend zur Biomassenutzung bei den Stadtwerken in Zukunft werden könnte. Von den Vorreitern dieser Entwicklung gibt es hierzu mitunter recht optimistische Signale: So soll ein erstes von den Stadtwerken Aachen Ende 2006 in Betrieb genommenes Biogaskraftwerk „den Startschuss für ein Netzwerk mehrerer Biokraftwerke geben, die ihre Ausbeute ins Erdgassystem

¹²⁶ Wobei zu berücksichtigen ist, dass die Eigenerzeugung der Stadtwerke einen insgesamt nur kleinen Anteil an der deutschen Stromproduktion ausmacht, die zu ca. 80 Prozent auf vier große Erzeuger (Eon, RWE, Vattenfall, EnBW) entfällt.

einspeisen“. Schon innerhalb von fünf Jahren wolle man rund 50 Blockheizkraftwerke „mit Biogas in Erdgasqualität beschicken“.127 Folgt man Wagner/Kristof (2001, 26), so liegen die komparativen Wettbewerbsvorteile kommunaler Energieversorger auch jenseits solcher Vorreitermodelle in ihrer „Orts- und Kundennähe“, was ihnen prinzipiell einen Vorteil „in den Dezentralisierungstendenzen auf der Erzeugungsebene“, zum Beispiel in den Bereichen der rationellen Energienutzung, der regenerativen Energien oder der Kraftwärmekopplung verschaffe. Weitere Vorteile des Ausbaus dezentraler Eigenerzeugung liegen in der Chance, das eigene Unternehmensimage als kompetenter und Ressourcen schonender Energieversorger zu verbessern, sowie schließlich in der Möglichkeit, die eigenen Netzkosten zu senken (ebenda, 12 ff.). Aus dieser Perspektive betrachtet stehen die Chancen recht gut, dass die Integration dezentraler Stromerzeugung auf der Basis erneuerbarer Energien von den Stadtwerken als traditionellen und unter den veränderten regulatorischen Rahmenbedingungen sich modernisierenden Akteuren des Stromsystems vorangetrieben wird. Dagegen heben Jansen et al. (2006, 3) stärker hervor, dass die Stadtwerke aufgrund des gestiegenen Marktdrucks heute neuen Risiken ausgesetzt seien und es in vielen Fällen noch offen sei, ob Stadtwerke in Zukunft eher eine „*entrepreneuriale*“ („innovative und expansive“) oder eine „*konservative*“ („kostenorientierte und auf Stromverteilung an Privatkunden fokussierte“) Unternehmensstrategie verfolgen würden. Ein schon heute von etlichen Stadtwerken gewählter – und der „konservativen“ Strategie folgender – Weg zur Abfederung von Marktrisiken liege darin, die unternehmerische Anbindung an einen „*großen privatwirtschaftlichen Partner auf Ebene der Verbund- und Regionalnetzbetreiber*“ zu suchen (ebenda, 7). Aber gerade aus einer solchen „*Vorfestlegung im Strombezug könnten fehlende Anreize für den Auf- oder Ausbau der Eigenerzeugung resultieren, was zu einer Beschränkung der strategischen Handlungsoptionen für innovative Projekte beiträge*“ (ebenda, 3). Sollte sich die Tendenz zur ökonomischen Verflechtung von Großversorgern und Stadtwerken weiter verstärken, so würde dies die Spielräume für die dezentrale Stromproduktion auf kommunaler Ebene vermutlich eher einschränken als vergrößern. Ähnlich wie im Fall regionaler Autarkieprojekte würden die „*entrepreneurialen*“ Stadtwerke Inseln der Dezentralisierung bleiben, ohne die überkommene Struktur des Stromversorgungssystems prinzipiell in Frage zu stellen.

3.3.3 Dezentralisierung als energiewirtschaftliches Umbaukonzept

Genau an diesem Punkt setzen weiter reichende, an Nachhaltigkeitszielen orientierte *energiewirtschaftliche Umbaukonzepte* und *Energiewende-Szenarien* an. Die Dezentralisierung des Stromsystems ist in solchen Konzepten nicht – wie noch in den Dezentralisierungsvisionen aus der Frühzeit von Alternativ- und Ökologiebewegung – ein eigenständiger gesellschaftspolitischer Zweck, sondern im Zentrum

¹²⁷ Zitiert wird der Chef der Stadtwerke Aachen. Quelle: Jensen 2006, 99.

steht das (ökologische) Ziel, zu einer energetisch effizienteren, Ressourcen sparen und vorrangig auf erneuerbaren Energiequellen basierenden Stromversorgung zu kommen. So betonen Leprich et al. (2005, 14), dass „die meisten Energieszenarien deutlich höhere Anteile dezentraler Stromerzeugung gegenüber heute“ enthielten. Neben Nachhaltigkeit und Klimaschutz zielen solche Szenarien auch auf höhere Versorgungssicherheit angesichts der Importabhängigkeit im Energiebereich, auf die Stärkung der regionalen Wertschöpfung sowie auf die möglichen ökonomischen Vorteile eines dezentraleren Stromsystems ab (ebenda, 13 f.). Der Weg der Dezentralisierung scheint in der Tat unumgänglich zu sein, wenn als Kernziele einer nachhaltigeren Energieversorgung sowohl ein deutlich höherer Anteil von Kraftwärmekopplung (KWK) als auch eine drastische Verlagerung der Stromerzeugung hin zu regenerativen Energiequellen angepeilt werden.¹²⁸ Die *bisherigen* Schritte in Richtung auf eine stärkere Dezentralisierung (der Ausbau regenerativer Energien, das wachsende Interesse von Stadtwerken an der Eigenerzeugung auf KWK-Basis, vereinzelte regionale „100-Prozent-Regenerativ“-Projekte) sowie die ersten Ansätze, dezentrale Stromquellen besser in das System zu integrieren (Erzeugungsmanagement, vernetzte Kraftwerke, vereinzelte Kooperationen von dezentralen Stromerzeugern und regionalen Netzbetreibern) können aus dieser Perspektive nur die Anfänge einer Entwicklung sein, in der die Vorteile dezentraler Systemstrukturen weitaus deutlicher als heute zur Geltung kommen müssten.

Die Vorstellung, dass es einen Entwicklungspfad hin zu einem immer höheren Dezentralisierungsgrad des Stromsystems geben könnte (und müsste), liegt auch einem idealtypischen Phasenmodell zur Entwicklung dezentraler Systeme zugrunde, das von der *International Energy Agency (IEA)* vorgelegt wurde.¹²⁹ Die erste, als *Accommodation* (Anpassung) bezeichnete Phase spiegelt zumindest in Ansätzen die gegenwärtige Situation im Rahmen der bundesdeutschen Windkraftentwicklung wider. Dezentralisierung bedeute in dieser Phase nicht, „dass Strom in dezentralen Kraftwerken möglichst verbrauchernah erzeugt und ‚vor Ort‘ verbraucht wird“. Vielmehr werde Systemintegration über die zunehmende Marktintegration der dezentralen Stromerzeuger angestrebt, „zum Beispiel, indem sie sich zu virtuellen Kraftwerken zusammenschließen, die für das Gesamtsystem als steuerbares Großkraftwerk erscheinen“. Das Netz bleibe dabei im Prinzip unverändert, „die bisherige zentrale Kontrolle der Netze bleibt erhalten“. Die zweite, als *Decentralisation* (Dezentralisierung) bezeichnete Phase unterscheidet sich von der ersten Phase nicht nur darin, dass der Anteil der dezentralen Erzeugung weiter zunimmt, sondern vor allem darin, dass die System-

¹²⁸ So geht ein vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, dem Institut für Energie- und Umweltforschung und dem Wuppertal Institut entwickeltes Szenario „NaturschutzPlus“ davon aus, dass der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bis 2050 bis auf 68 Prozent gesteigert werden und die Kraftwärmekopplung beträchtlich, das heißt auf einen Anteil von über 25 Prozent aller Kraftwerkskapazitäten (darunter auch Heizkraftwerke auf Kohle- und Erdgasbasis) ausgebaut werden könne (Hennicke/Müller 2006, 194; Abbildung 24, 193).

¹²⁹ Hier im Folgenden zitiert nach Leprich et al. 2005, 19 ff.

strukturen insgesamt dezentraler werden. „Die lokale Optimierung von Erzeugung und Verbrauch spielt eine deutlich stärkere Rolle“. Dezentralisierung werde nun „viel stärker mit der Idee verbunden, dass der Ort der Strom- (und Wärme-) Erzeugung und der Ort des Verbrauchs nahe beieinander liegen“. Dies bringe erhebliche Konsequenzen für die Kontrolle der Netze und die Systemsteuerung mit sich, da nun – anders als bisher – auch die Betreiber der regionalen und lokalen Verteilnetze zunehmend Kontroll- und Steuerungsfunktionen übernehmen müssten. Dennoch finde in dieser Phase keine vollständige Dezentralisierung statt, vielmehr gehe es um eine „stärkere Interaktion der verschiedenen Netzebenen“. In der dritten, als *Dispersal* (Zerstreuung) bezeichneten Phase wird die Dezentralisierung des Stromsystems auf die Spitze getrieben: Der Strom wird nun vor allem in dezentralen Kraftwerken erzeugt, gleichzeitig verlieren die übergeordneten Netze als Ebene des Stromtransports und der Systemkontrolle und -steuerung völlig ihre bisherige Bedeutung. „Standbeine der Versorgung“ sind nun so genannte „Microgrids“, mit denen Stromerzeugung und –verbrauch lokal bzw. regional vernetzt und möglichst optimal vom Netzbetreiber aufeinander abgestimmt werden, sowie dezentrale „Power Parks“ zur Energieproduktion (Strom und Wärme). Während „Inselbildung“ – also die Schaffung lokal oder regional autarker Inseln der Erzeugung und Selbstversorgung mit Strom – in der zweiten Phase „als Notfallmaßnahme ermöglicht wird“, greifen die *Microgrids* in der Phase der Dispersion „nur in Notfällen auf das übergeordnete Netz zurück“.

Die Frage ist, welche Weichenstellungen vorgenommen werden müssten, um über die bereits eingeläutete Phase der Anpassung dezentraler Erzeugungsquellen an das *gegebene* Stromsystem hinaus zu kommen und die Entwicklung in diesem Sinne voranzutreiben? Und wer könnten die Akteure sein, die einen solchen Strukturwandel einleiten und in den verschiedenen systeminternen Funktionsbereichen praktisch umsetzen? Die *technischen Voraussetzungen* für ein dezentralisiertes Stromsystem sind, wie Leprich (2005, 16) hervorhebt, zu einem großen Teil schon vorhanden. Dazu zählen selbstverständlich die dezentralen Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie überdies kleine bis mittelgroße Anlagen, die nach dem Prinzip der Kraftwärmekopplung (KWK) arbeiten, zum Beispiel Blockheizkraftwerke (auf Diesel-, Erdgas-, Pflanzenöl- oder Biogasbasis) oder besonders verbrauchernah einzusetzende Kleinanlagen wie Mikrogasturbinen, Stirlingmotoren oder Brennstoffzellen.¹³⁰ Auch die Vernetzung zahlreicher dezentraler Erzeugungsanlagen zu „virtuellen Kraftwerken“ mittels intelligenter Steuerungs- und Regelungstechniken ist heute bereits Stand der Technik und vereinzelt auch schon in der Praxis erprobt.¹³¹ Und schließlich sind „dezentrale Energiemanage-

¹³⁰ Letztere sind von der Wirtschaftlichkeit zurzeit allerdings noch am weitesten entfernt (Leprich 2005, 16).

¹³¹ Leprich et al. (2005, 19) führen als Beispiel das Virtuelle Regelkraftwerk der SaarEnergie AG an: Das Unternehmen betreibe einen „Regelenergie-Pool“, in den eigene, aber auch fremde Kraftwerke (z.B. Blockheizkraftwerke und Notstromaggregate) eingebunden seien. „Inzwischen werden ca. 1.000 MW Leistung in den Regelenergiemärkten angeboten (Stand 05/2005)“.

mentsysteme“, mit denen auch die Verbraucherseite systematisch einbezogen und eine „ganzheitliche Systemoptimierung“ erreicht werden könnte (ebenda), zumindest im Rahmen von ersten Demonstrationsvorhaben auf ihre Praxistauglichkeit hin überprüft worden.¹³²

Auch in der Frage, von welchen *Akteuren* eine stärkere Dezentralisierung vorangetrieben werden könnte, scheint der Grundstein der weiteren Entwicklung bereits gelegt zu sein. Immerhin sind im Schatten des zentralistischen Großverbundsystems Nischen der Akteursvielfalt erhalten geblieben bzw. in den letzten Jahren deutlich expandiert: Neben der – allerdings nur noch in Restbeständen anzutreffenden – industriellen Eigenstromerzeugung ist es die breit gestreute kommunale Kraftwärmekopplung sowie die ausdifferenzierte Erzeugerstruktur im Bereich der regenerativen Energien. Hennicke/Müller (2006, 213) sehen auf der „kommunalen Handlungsebene“ die vielleicht wichtigsten Akteurspotenziale für die „Regelung und Organisation dezentraler Infrastrukturen“, etwa beim Auf- oder Ausbau dezentraler Energiesysteme durch die „Stadtwerke der Zukunft“. Ebenso wie die Anreizpolitik durch gesetzlich garantierte Einspeisevergütungen zur dezentralen Akteursvielfalt im Bereich der regenerativen Energien beigetragen habe, sollte man auch bei der Verwirklichung weitergehender Dezentralisierungsziele, folgt man Leprich (2005, 18), auf das Potenzial neuer „hungriger“ Akteure setzen und ihnen einen erleichterten Zutritt zu den Teilmärkten der Stromerzeugung, des (dezentralen) Netzbetriebs sowie der (dezentralen) Energieversorgung ermöglichen.

Weitgehende Einigkeit herrscht darin, dass ein solcher Weg in die Dezentralisierung nicht nur unter technisch-strukturellen Gesichtspunkten sowie in der Frage der relevanten Akteure, sondern auch im Bereich der *energiepolitischen Regulierung* einen „Paradigmenwechsel“ erforderlich machen würde (Leprich 2005; Hennicke/Müller 2006, 196). Nur auf diese Weise ließe sich eine Systemintegration dezentraler Optionen sicherstellen, die über die Anpassung dezentralisierter „Inseln“ an die nach wie vor dominierende zentralisierte Verbundwirtschaft hinausginge. Als Kernelemente eines neuen Regulierungsansatzes werden genannt:

Erstens faire Regeln für den Netzanschluss und den Netzzugang, um die Marktzutrittsbarrieren für neue dezentrale Stromerzeuger (auch über den Kreis der bereits vom EEG geförderten Stromproduzenten hinaus) niedrig zu halten. Dies müsste mit gezielten finanziellen Anreizen für Anlagen- und Netzbetreiber verbunden sein, um den „energiewirtschaftlichen Wert dezentraler Anlagen“ (z.B. kleiner KWK-Anlagen) zu honorieren (Leprich 2005, 18).

Zweitens faire Netznutzungsregeln: Vorbedingung ist eine wirksame Interessentflechtung zwischen den großen Stromerzeugern einerseits und den Netzbetreibern andererseits, die erst durch eine eigentumsrechtliche Trennung beider Seiten

¹³² Eine Übersicht und Bewertung derzeit laufender oder kürzlich abgeschlossener Forschungs- und Pilotprojekte sowie Feldversuche im Bereich dezentraler Energieversorgung und -vernetzung auf nationaler und europäischer Ebene geben Leprich et al. (2005, 23 ff.).

gewährleistet wäre.¹³³ Erst unter dieser Voraussetzung – sowie bei Einführung eines „intelligenten Systems der Anreizregulierung“ im Rahmen der Netznutzungsentgelte – könnte es möglich werden, „dass die Netzbetreiber sich in die Rolle eines ‚aktiven‘ Systemoptimierers unter Berücksichtigung aller dezentralen Optionen auf der Angebot- und Nachfrageseite begeben und so einen wichtigen Beitrag zum Umbau des bestehenden Systems leisten“ (Leprich 2005, 18). Eine tragende Rolle als „Systemoptimierer“ käme dabei den *Verteilnetzbetreibern* zu, die unterhalb der Ebene der Höchstspannungs-Fernleitungen den Strom in den Regionen und letztlich – zum Beispiel als Stadtwerk mit eigenem Netzbetrieb – bis zu den Endverbrauchern verteilen. „*Entsprechende Weichenstellungen im Regulierungskonzept*“ vorausgesetzt, könnten sie als „*aktive Netzbetreiber*“ zu „*Umbauakteuren hin zu einem stärker dezentralisiertem Stromsystem*“ werden (Leprich et al. 2005, 10).

Drittens stärkere Förderung der Systemintegration dezentraler Stromspeicher: Hierzu zählen zum Beispiel gezielte Standortsignale, das heißt finanzielle Anreize an Netzbetreiber und dezentrale Stromerzeuger (im Bereich der erneuerbaren Energien oder der KWK-Techniken), um Standortentscheidungen der Anlagenbetreiber zugunsten eines optimierten, Energie und Ressourcen sparenden Netzbetriebs zu beeinflussen. Zudem ginge es auf der Erzeugerseite darum, „*die rein betriebswirtschaftliche Fahrweise aus der Anlagenperspektive unter einem ‚Priority-dispatch‘-Regime* (d.h. dem gesetzlich garantierten Einspeisevorrang; d. Verf.) *abzulösen und die Erzeugung stärker an den Erfordernissen des Gesamtsystems zu orientieren*“, etwa im Hinblick auf die Netzstabilität oder im Hinblick auf die mit der tatsächlichen Nachfragesituation abgestimmten Regelungsfähigkeit von Erzeugungsquellen (Leprich et al. 2005, 9). Auch zu diesem Zweck müsste ein wirksames Anreizsystem geschaffen werden, um den Einstieg marktorientierter Akteure in die dezentrale Erzeugung zu fördern.

Gegenwärtig ist nicht abschbar, ob es zu einem solchen Paradigmenwechsel auf der Ebene der energiepolitischen Regulierung kommen wird. So stoßen Bestrebungen der Europäischen Union, die eigentumsrechtliche Trennung von Stromerzeugung und Netzbetrieb nach dem Vorbild von Großbritannien oder den Niederlanden europaweit durchzusetzen, bei den deutschen Stromkonzernen auf heftigen Widerstand. Auch seitens des Bundeswirtschaftsministeriums scheint eine vollständige eigentumsrechtliche Entflechtung der Konzerne – und damit eine der wesentlichen Vorbedingungen für den Weg in eine stärkere Dezentralisierung – nicht favorisiert zu werden.¹³⁴ Aber selbst wenn es zu einem Kurswechsel

¹³³ Im Zuge der gesetzlich vorgegebenen Liberalisierung des Strommarkts ist es bei den großen deutschen Stromkonzernen bisher lediglich zu einer unternehmensorganisatorischen Trennung ihrer Erzeugungs- und Netzsparten gekommen. Die Netzsparten gehören heute als Tochtergesellschaften nach wie vor den Mutterkonzernen an.

¹³⁴ Pressemeldungen zufolge sei die Bundesregierung dagegen, „die Konzerne quasi zu enteignen“. Favorisiert wird offenbar eine Lösung, bei der die Entflechtung darauf hinausläufe, die Netze zwar im Eigentum der Konzerne zu belassen, aber von einem unabhängigen Unternehmen treuhänderisch betreiben zu lassen. Quellen: „EU-Wirtschaftsminister schonen Stromkonzerne“ von A. Hagelüken;

in der Energiepolitik kommen sollte, der die oben skizzierten Dezentralisierungsoptionen begünstigt, so wäre doch zu fragen, ob ein Umbau des Stromsystems ohne oder gegen die Energiekonzerne gelingen könnte. Folgt man Hennicke/Müller (2006, 146), so „*kommt es darauf an, die Kapitalkraft, das technische Know-how und die Kompetenzen der Stromkonzerne in eine Strategie der ökologischen Modernisierung der Energieversorgung einzubinden*“. Voraussetzung wäre allerdings, dass die Konzerne bereit und in der Lage wären, neue Geschäftsfelder in einem sich wandelnden Stromsystem zu erschließen und den Strukturwandel des Kraftwerksparks selbst mitzugestalten. So könne „*der Rückzug aus Atomenergie und Kohle (...) von den Branchengrößen durch Neuinvestitionen (zum Beispiel bei Offshore-Windkraft, Stromimporten, Geothermie oder Kraftwärmekopplung) kompensiert werden*“ (ebenda, 195). Freilich setze dies, so Hennicke/Müller, auch die konkrete Bereitschaft voraus, „*den Primat der Energiepolitik vorbehaltlos anzuerkennen*“ (ebenda). Angesichts aller bisherigen Erfahrungen ist hier Skepsis angebracht. So sind die großen Stromkonzerne, wie sich insbesondere am Beispiel der Windenergie zeigt, bisher in erster Linie im Rahmen einer *Anpassungsstrategie* an der Integration der regenerativen Energien (sowie unter Umständen auch anderer dezentraler Erzeugungsquellen) interessiert. Eine solche Strategie hat den Vorteil, dass sie ihnen keinen Paradigmenwechsel abverlangt, sondern erlaubt, an den zentralisierten Versorgungsstrukturen im Großen und Ganzen festzuhalten. Die Protagonisten des *alten* technologischen Paradigmas werden sicherlich nicht zu den Vorkämpfern eines Paradigmenwechsels werden; das zeigt sich an den bereits vorliegenden Planungen für die anstehende Erneuerung des deutschen Kraftwerksparks. Hier ist eine Fortsetzung des zentralisierten Technikpfades absehbar: Immerhin sind allein bis 2012 im konventionellen Kraftwerksbereich neue Erzeugungskapazitäten im Umfang von ca. 18.500 Megawatt Leistung geplant, darunter elf neue Stein- und Braunkohlekraftwerke mit knapp 12.000 Megawatt Leistung sowie elf mittelgroße bis große Erdgaskraftwerke (BMWT/BMU 2006, Tabelle 11, 54).¹³⁵

So spricht vieles dafür, dass die Verfechter eines energiepolitischen Paradigmenwechsels vor allem auf die *neuen Akteure* im Energiesektor verwiesen sind. Denn immerhin könnten neben den Anlagenbetreibern im Bereich der erneuerbaren Energien auch andere dezentrale Erzeuger (darunter auch „alte“ Akteure wie die Stadtwerke) von dem skizzierten Paradigmenwechsel profitieren und damit zu Protagonisten einer Advocacy Koalition werden, die sich – wie beim Erneuerbare-

in: Süddeutsche Zeitung v. 16.02.07; „Konzern-Zerschlagung vorerst vom Tisch“ von M. Becker; in: www.tagesschau.de/aktuell/meldungen/0,,OID6415814_REF... (16.02.07)

¹³⁵ Einem Bericht des Nachrichtenmagazins DER SPIEGEL zufolge, der als Quelle den „Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland“ (BUND) angibt, planen die Energieversorger in den nächsten Jahren sogar 26 neue Kohlekraftwerke mit einer Gesamtleistung von 25.500 Megawatt (DER SPIEGEL 12/2007, 43). Berücksichtigt man den Planungshorizont bis 2018, so sind inzwischen noch umfangreichere Planungen bekannt geworden: In einem Artikel für das Branchenblatt „neue energie“ berichtet Franken, dass „*die potenziellen Betreiber der Bundesnetzagentur allein 39 neue Steinkohle-Kraftwerke mit einer Leistung von etwa 40.000 MW, dazu sechs Braunkohle-Öfen und 22 Gaskraftwerke angekündigt*“ hätten (Franken 2007, 19).

Energien-Gesetz – im Bündnis mit Branchenverbänden aus dem Bereich der regenerativen Energien, mit Umwelt- und Energiepolitikern auf Bundes- und Landesebene, mit Wissenschaftlern sowie mit den großen Umwelt- und Naturschutzverbänden für einen solchen Kurswechsel einsetzen könnte. Hierin läge nicht zuletzt eine Chance für die „Erneuerbaren“, die expansive Entwicklung der letzten Jahre fortzusetzen und die eigene Marktposition weiter auszubauen. Voraussetzung für eine stärkere Marktintegration dezentraler Stromquellen wäre allerdings die Abkehr von der für den einzelnen Anlagenbetreiber in mancherlei Hinsicht komfortablen Situation des stets garantierten Einspeisevorrangs. Mehr als bisher müssten die Erzeuger von Regenerativ-Strom mit der Anforderung konfrontiert werden, einen aktiven Beitrag zu einer effizienten Systemnutzung zu leisten, etwa im Rahmen vernetzter Kraftwerke oder eines dezentralen Energiemanagements.

Zu berücksichtigen ist ferner, dass es *innerhalb* des Erneuerbare-Energien-Sektors inzwischen eine ganze Bandbreite von Entwicklungssträngen gibt, von denen nicht jeder in den Dezentralisierungsansatz integrierbar zu sein scheint. Gemeint sind vor allem Entwicklungstendenzen im Bereich der Windenergie, die, wie oben gezeigt, auch typische Elemente zentralisierter Stromsysteme erkennen lassen. Die – hier nicht abschließend zu beantwortenden – Fragen lauten, inwieweit sich damit auch innerhalb des Sektors der regenerativen Energien Entwicklungen abzeichnen, die mit einem stärker dezentralisierten Stromsystem letztlich inkompatibel sind, und ob nicht vielmehr in der Kombination dezentraler und zentralisierter Optionen (letztere vor allem im Bereich der Offshore-Windkraftnutzung) die größere Chance liegt, den Ausbau der erneuerbaren Energien auch in Zukunft voranzutreiben. In diesem Zusammenhang sei noch einmal auf das Beispiel *Dänemark* verwiesen: Hier ist es seit den 1980er Jahren gelungen, in die bestehenden – und ursprünglich stark zentralisierten – Netzstrukturen große Mengen an dezentraler und fluktuierender Erzeugung zu integrieren. So wird nur noch knapp die Hälfte des dänischen Stroms in zentralen Kraftwerken produziert, während inzwischen mehr als 50 Prozent der Stromerzeugung auf dezentrale Anlagen entfällt (neben Hunderten von KWK-Anlagen verteilt sich die dezentrale Erzeugung auf mehr als 4.000 Windkraftanlagen). Dezentrale und zentrale Elemente werden insofern miteinander kombiniert, als die Verantwortung der regionalen Verteilnetzbetreiber für die Systemsteuerung zugenommen hat. Auf der anderen Seite ist die Einbettung Dänemarks in das europäische Hochspannungs-Verbundnetz die Voraussetzung dafür, dass Produktionsschwankungen bei der Windenergie kurzfristig ausgeglichen werden können.¹³⁶ Alles in allem sei die in Dänemark zu beobachtende

¹³⁶ So schwankt der Windenergieanteil bei der Stromeinspeisung in Dänemark im Jahresschnitt zwischen 15 und 25 Prozent, kann aber kurzfristig noch weit größere Ausschläge verzeichnen, zum Beispiel bei landesweiten Starkwindsituationen, sofern ein großer Teil der Windräder kurzfristig außer Betrieb genommen werden muss (Franken 2006, 26 f.). Um den Windkraftanteil an der Stromerzeugung noch weiter ausbauen zu können und einen besseren Ausgleich mit den KWK-Anlagen zu erreichen, die im Winter ebenfalls besonders viel Strom produzieren, sind Pilotprojekte geplant, bei denen die Dampfturbinen in bestimmten KWK-Anlagen vorübergehend durch Windstrom

Transformation von Erzeugung und Netz „das größte ‚Pilotprojekt‘“ auf dem Gebiet dezentraler Energiesysteme (Leprich et al. 2005, 33 ff.) und „ein Experimentierfeld für Europa“ (Franken 2006, 26). Die dänische Entwicklung, die auf eine zunehmende Integration der verschiedenen Netzebenen abzielt, entspricht in etwa dem „*Decentralisation*“-Szenario in dem oben skizzierten Phasenmodell der *International Energy Agency*. Erst in der noch weiter reichenden Vision einer „Dispersion“ des Stromsystems (siehe oben) wird die zentralisierte Stromproduktion zugunsten einer verbrauchsnahe Erzeugung (z.B. mittels Brennstoffzellen in den einzelnen Haushalten) in letzter Konsequenz ganz aufgegeben.

(mittels großer elektrischer „Tauchsieder“) anstelle der Öl- oder Gasbrenner betrieben werden sollen (ebenda, 28).

III. Stromproduktion aus erneuerbaren Energien: Ein Paradigma im Wandel?

1. Die Entfaltung eines sozialökologischen Gegenentwurfs im Bereich der Stromproduktion – ein Resümee

Mit der Wiederentdeckung und Ausbreitung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen durchläuft das deutsche Stromsystem einen anfangs noch zaghaften, mittlerweile jedoch an Tempo und Veränderungsdynamik gewinnenden Transformationsprozess. Die regenerativen Energien haben nicht nur einen inzwischen nennenswerten Anteil an der deutschen Stromproduktion erreicht, sondern es spricht vieles dafür, dass sich das Branchenwachstum der vergangenen Jahre fortsetzen wird. Wir haben diesen Transformationsprozess als *Konfrontation zweier Paradigmen* beschrieben, in dem die erneuerbaren Energien zu einer Herausforderung für das dominierende Paradigma im Stromsektor geworden sind.

Die wesentlichen Merkmale des traditionellen Systems sind erstens die Nutzung fossil-atomarer Energieträger, zweitens die systemtechnische Zentralisierung der Stromproduktion und -distribution und drittens die vom Leitbild der öffentlichen Versorgungssicherheit unterstützte Herausbildung und Festigung oligopolistischer Branchenstrukturen im Bereich der Stromerzeugung und des Netzbetriebs. Eine Erschütterung dieses in sich weitgehend stabilen, in Politik und Gesellschaft breit verankerten und von wirtschaftlicher Macht gestützten Paradigmas konnte

nur von *außen* kommen. Im Fall der erneuerbaren Energien handelte es sich zwar um eine – in den 1970er Jahren beginnende – Wiederentdeckung bereits vorhandener Techniken, doch war dies mit einem Umdeutungsprozess verbunden, der auf einen kompletten *Gegenentwurf* zum existierenden Energiesystem hinauslief. Erst diese Umdeutung legte das radikal-innovative Potenzial von Wind-, Solar- und Bioenergie frei. Dabei handelte es sich nicht um einen nur technischen, sondern auch um einen sozialökonomischen sowie soziokulturellen Gegenentwurf zum vorherrschenden System der Energieproduktion und -konsumtion. Die Grundprinzipien des alternativen Paradigmas lauteten: dezentralisierte Erzeugungs- und Versorgungsstrukturen; pluralisierte und basisorientierte Akteursstrukturen im Energiesektor; Ökologie als Leitnorm. Das in seiner Abgrenzung zum dominierenden Paradigma scharfe und energiepolitisch konfrontative Profil dieses „sozialökologischen“ Gegenentwurfs hatte auch deswegen eine wichtige Funktion, weil es zur Identifikation einlud und Akteure insbesondere im Milieu der Ökologie- und Alternativbewegung zum praktischen Handeln, das heißt zur Suche nach praktikablen Umsetzungsformen der Innovation „Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen“ motivierte. Das konnte nicht zuletzt deswegen gelingen, weil das bundesdeutsche Alternativmilieu der 1970er Jahre ein Ausmaß an kultureller Integration und sozialer Vernetzung wie in keinem anderen Land aufwies. So kam es zu einer „klaren“ – und im internationalen Vergleich einzigartigen – „Polarisierung zwischen ‚alter‘ und ‚neuer Politik‘, zwischen ‚erster‘ und ‚zweiter Kultur‘, zwischen ‚System‘ und ‚Bewegung‘“ (Brand 1999, 247). Eine Strategie der politischen und soziokulturellen Polarisierung förderte nicht nur die Herausbildung eines radikal neuen energietechnologischen Paradigmas, sondern sie machte, wenn auch nur in ersten Ansätzen, die Möglichkeit einer grundlegenden energiepolitischen Alternative sichtbar.

Die Entwicklung des deutschen Erneuerbare-Energien-Sektors lässt eine für radikale Innovationen in gewisser Hinsicht typische „Karriere“ erkennen. Die *Nischendynamik* ermöglichte Lernkurven, die sich nicht nur auf technische Weiterentwicklungen in den verschiedenen regenerativen Energiesparten beschränkten, sondern sich auch auf soziale Organisationsformen regenerativer Stromerzeugung (insbesondere im Bereich von Bürgerkraftwerken) sowie auf die Herausbildung wirksamer Governancestrukturen im Politikbereich der erneuerbaren Energien erstreckten. Unter diesen für dynamische Nischenentwicklungen günstigen Rahmenbedingungen konnten sich *dezentralisierte* Innovationsverläufe und Diffusionsysteme mit ihren spezifischen Stärken entfalten. Diese lagen erstens darin, dass ein Potenzial von dezentralen Multiplikatoren mobilisiert und genutzt werden konnte, über die sich die Techniken im sozialen Raum – zum Beispiel innerhalb bereits existierender formeller wie informeller Netzwerke, über Nachbarschaftsbeziehungen – weiter verbreiteten. Die zweite Stärke resultierte daraus, dass das innovative Potenzial der Anwenderseite im Rahmen rekursiver Hersteller-Anwen-

der-Beziehungen zur Geltung kommen und zu einer der treibenden Kräfte technologischer Lernkurven werden konnte.

Der Vorteil dezentralisierter und von multiplen Rückkopplungsprozessen vorangetriebener Innovationsprozesse wird besonders deutlich, wenn man sie mit – auch im internationalen Rahmen – gescheiterten Versuchen der 1980er und 1990er Jahre kontrastiert, Erneuerbare-Energien-Techniken in einem gezielten *top-down*-Prozess, in *einem* Entwicklungsschritt und großtechnisch zu realisieren. Hierzu liegen einschlägige Forschungsergebnisse am Beispiel der Entwicklung moderner Windturbinen vor. So zeigen Garud/Karnoe (2003) am Beispiel eines USA-Dänemark-Vergleichs, dass die in den 1980er Jahren sich herauskristallisierende Überlegenheit der dänischen Windturbinen-Entwicklung auf einem kleinschrittigen und zu einem robusten technologischen Pfad sich verdichtenden Innovationsprozess beruhte, an dem unterschiedliche Akteure in teilweise enger Rückkopplung (insbesondere auch zwischen Technikherstellern und -anwendern) beteiligt waren. Dagegen misslangen in den USA, aber zum Beispiel auch mit dem deutschen GROWIAN-Projekt alle Versuche, mittels konzentrierter Entwicklungsbestrebungen, die insbesondere auf dem technologischen Wissen aus der Luft- und Raumfahrtindustrie beruhten und vom Staat mit umfangreichen Mitteln gefördert wurden, einen schnellen Durchbruch hin zu großvolumigen, dem Prinzip der zentralisierten Stromerzeugung adäquaten Windkraftanlagen zu realisieren. Die am großtechnischen Paradigma orientierte „*break-through*“-Strategie (Garud/Karnoe 2003) konnte weder auf eine bereits ausgereifte Technologie zurückgreifen noch bewirkte sie langfristige Kooperationen und genügend Kontinuität und Rückkopplungen unter den am Innovationsprozess beteiligten Akteuren, die aber für technologische Lernprozesse notwendig sind.¹

Unter dem Eindruck des Scheiterns großtechnischer Projekte im Windenergiebereich sowie mit der im Laufe der 1990er Jahre enger werdenden Rückkopplung von Politik und Erneuerbare-Energien-Branche entfaltet sich ein *neuer Steuerungsmodus in der Energiepolitik*, der der Konkurrenz der Paradigmen im Stromsektor eine neue Schärfe verliehen hat. In diesem Prozess beginnt sich die „historische Symbiose“ von Staat und traditioneller Energiewirtschaft in Deutschland (Hennicke/Müller 2006, 130) zu lockern. Für die Entwicklung beider Branchen spielte und spielt staatliche Regulierung eine entscheidende Rolle, nur geht es im Fall der erneuerbaren Energien nicht um die Sicherung von Erzeugungs- und Distributionsmonopolen – eine der traditionellen energiepolitischen Grundmaximen –, son-

¹ Wichtige Hinweise zum Misserfolg zentralistischer Innovationsprozesse im Bereich der Windturbinenentwicklung verdanken wir Mario Neukirch, der an der sozialwissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen zurzeit an einem Dissertationsvorhaben zum Thema „Der Einfluss zivilgesellschaftlicher Akteure auf die Entwicklung der Windenergienutzung im internationalen Vergleich“ arbeitet. Ein von Neukirch vorgenommener internationaler Vergleich, in den die USA, Dänemark, Deutschland, die Niederlande, Großbritannien, Schweden und Kanada einbezogen wurden, zeigt, dass sämtliche in den 1980er und 1990er Jahren in diesen Ländern gestarteten großtechnischen Forschungs-, Entwicklungs- und Pilotprojekte im Windturbinenbau unter technologischen wie kommerziellen Gesichtspunkten erfolglos blieben und schließlich wieder eingestellt wurden.

dern um die Förderung neuer Technologien und innovativer Potenziale mittels eines differenzierten regulativen Instrumentariums, das in wesentlichen Teilen dem Prinzip der indirekten „Kontextsteuerung“ folgt (Huber 2001, 362 ff.). Zum entscheidenden Förderinstrument wird das im Jahr 2000 von der rot-grünen Bundesregierung verabschiedete Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Die nun einsetzende beschleunigte Expansion der technologischen Nische „erneuerbare Energien“ beruht nicht zuletzt darauf, dass die Stärken des dezentralen Diffusionsmodus unter den neuen Förderregeln gut zur Geltung kommen können. Damit sind die anfänglichen, bereits in den 1990er Jahren sich mehr und mehr lockern den Begrenzungen auf „Öko-Idealisten“, „Überzeugungstäter“ und Technikbegeisterte nun vollends überwunden. Den erneuerbaren Energien wenden sich heutzutage private Geldanleger, kommerzielle Investoren, Landwirte und Eigenheimbesitzer zu und erweitern damit entscheidend das Spektrum der relevanten Akteure.

Flankiert wird die Entfaltung des neuen Steuerungsmodus von dem Wandel des energiepolitischen Rahmens, der von der seit Ende der 1990er Jahre erfolgten *Liberalisierung und Neueregulierung des Stromsektors* ausgelöst wurde. Das institutionelle Gefüge, in das die deutsche Stromwirtschaft vormals eingebunden war, ist geöffnet worden, was Spielräume für neue Akteure, zum Beispiel im Bereich der Erzeugung und Vermarktung „grünen“ Stroms bietet. Für die traditionellen Akteure der Stromwirtschaft eröffnet die Liberalisierung neue Marktchancen, führt aber auch zu einer ungewohnten Situation, etwa beim nun möglich gewordenen Wettbewerb um die Endkunden oder im Hinblick auf die geplante Einführung von Effizienzvergleichen (Benchmarking) und einer kostenorientierten, Erlösobergrenzen definierenden Anreizregulierung für Netzbetreiber (Leprich et al. 2007).

Bei allen Erfolgen, die der deutsche Erneuerbare-Energien-Sektor in den letzten Jahren für sich reklamieren konnte: Festzuhalten bleibt, dass er es nach wie vor mit einem mächtigen Gegner zu tun hat, der den Stromsektor auch heute strukturell dominiert und seine beherrschende Stellung nicht ohne weiteres aufgeben wird. Mehr noch: Einige der großen Stromkonzerne scheinen gestärkt aus der Liberalisierung des Stromsektors hervorgegangen zu sein – dafür sprechen ökonomische Konzentrationsprozesse, in deren Verlauf Konzerne wie Eon oder RWE ihre marktbeherrschende Stellung noch ausbauen konnten. Hinzu kommt, dass die etablierte Stromwirtschaft angesichts der Herausforderung durch die erneuerbaren Energien in einer für technologische Konkurrenzsituationen typischen Art und Weise reagiert. Die Unternehmen greifen zu Verteidigungsstrategien, die mit dem eigenen Paradigma kompatibel sind und auf eine (Re-)Stabilisierung und längerfristige Sicherung des damit verknüpften technologischen Pfades abzielen: Sie kündigen auf dem von der Bundesregierung im Frühjahr 2006 veranstalteten Energiegipfel eine 30 Milliarden Euro schwere Investitionsoffensive im Bereich von Kohlekraftwerken an; sie forcieren Verbesserungsinnovationen zur Wirkungsgradsteigerung konventioneller Kraftwerke; sie treiben die Entwicklung von

Clean-Coal-Technologien voran, um der ökologischen Kritik an fossilen Energieträgern etwas entgegenzusetzen zu können; sie steigen selektiv in die erneuerbaren Energien ein, insbesondere wenn diese, wie die Offshore-Windkraftnutzung, in ihr zentralistisches Konzept passen. Und schließlich kann die etablierte Stromwirtschaft – trotz aller öffentlichen Kritik infolge der Klimaschutzdiskussion – nach wie vor auf politische Protektion bauen: So gibt es auch in der gegenwärtigen Regierungskoalition etliche Fürsprecher einer von den Konzernen angestrebten Rücknahme des Ausstiegs aus der Kernenergienutzung; und für eine eigentumsrechtliche Trennung der Stromkonzerne von ihren Netzen – einer wichtigen Vorbedingung für die Dezentralisierung des Stromsystems – scheint es gegenwärtig in Deutschland keine politische Mehrheit zu geben. So gibt es zahlreiche Gründe, die dagegen sprechen, dass der endgültige Durchbruch der erneuerbaren Energien bereits ausgemachte Sache ist und mit einem „backlash“ zugunsten der etablierten Stromwirtschaft auf keinem Fall mehr gerechnet werden muss.

Es ist aber nicht nur der Gegenwind, der von den großen Stromkonzernen drohen könnte – der Erneuerbare-Energien-Sektor steht auch deswegen vor neuen Herausforderungen, weil er im Zuge seiner zunehmenden Expansion sowohl mit vorher nicht gekannten Problemen der Netzintegration als auch mit wachsenden Konfliktpotenzialen sowie mit sektorinternen Leitbildkontroversen konfrontiert ist. Mit dem Erfolgskurs der erneuerbaren Energien setzt ein Prozess ein, in dessen Verlauf das ursprünglich scharfe Profil des neuen Paradigmas in seiner Abgrenzung zu Leitmerkmalen des traditionellen Stromsystems *diffuser* wird. Erstens zeichnet sich ein Trend zur wachsenden Anlagengröße und zur (partiellen) Zentralisierung ab. Zweitens wird mit der quantitativen Zunahme regenerativ erzeugten Stroms mehr und mehr deutlich, dass der gesetzlich garantierte Einspeisevorrang für „Ökostrom“ nur dann aufrechterhalten werden kann, wenn die Stromeinspeiser aus der Regenerativbranche selbst aktiv zur optimalen Netzeinbindung ihrer Erzeugungstechniken beitragen, das heißt die Lösung von Netzproblemen nicht allein dem traditionellen Stromsektor überlassen. Drittens machen die zunehmende Verbreitung regenerativer Stromerzeugung, das Größenwachstum der Erzeugungstechniken sowie der Trend zur Zentralisierung des Dezentralen immer deutlicher, dass auch die erneuerbaren Energien „ökologische Kosten“ verursachen. Die vorliegende Studie macht deutlich, dass es angesichts unerwünschter Nebenfolgen von Nischenentwicklungen auch zu Konflikten mit dem gesellschaftlichen Umfeld kommen kann. Dies hat zur Folge, dass bestimmte Technikprojekte im Bereich der erneuerbaren Energien auf Widerstände (etwa von Umwelt- oder Naturschützern) stoßen und unter Umständen verhindert werden. Eine weitere Folge sind gewandelte Technikbilder, etwa wenn ursprünglich positive Technikbewertungen – wie im Fall der Windenergie – ambivalent werden oder sich in bestimmten regionalen Kontexten deutlich negativ einfärben (siehe zum Beispiel die heftige Kritik an den geplanten Offshore-Windparks, die in einigen Küstenregionen an Nord- und Ostsee laut wurde; vgl. Byzio et al. 2005).

Die zum Teil von Konflikten begleitete Rekonfiguration des alternativen Paradigmas geht aber auch mit gesellschaftlichen *Lernprozessen* einher, in denen – erstens – die Leitnorm Ökologie auf den Prüfstand gestellt sowie durch naturschutzfachliche Kriterien ausdifferenziert wird. Zweitens geht es in diesen Lernprozessen darum, die Chancen und Grenzen eines sozialverträglichen Ausbaus der erneuerbaren Energien, sei es als disperse Verteilung dezentraler Kleinanlagen oder sei es in Form zentralisierter Großprojekte, auszuloten sowie im Zuge weiterer Diffusionsprozesse in den verschiedenen Techniksparten regenerativer Stromerzeugung immer wieder neu zu bestimmen, etwa durch Akzeptanz schaffende Maßnahmen der Anlagenbetreiber oder im Rahmen von Konflikt regulierenden Aushandlungsprozessen zwischen Projektplanern und Projektkritikern.

2. Die erneuerbaren Energien an einer Wegscheide?

Unter den günstigen Rahmenbedingungen gesetzlich verankerter Förderregelungen sowie einer gegenwärtig erheblich an politischer Brisanz gewinnenden Klimaschutzdiskussion sind die regenerativen Energien stärker als in den Jahren zuvor in die Offensive geraten. Doch gleichzeitig stehen sie, so unsere These, an einer wichtigen *Wegscheide*. Ein Indiz dafür sehen wir in der oben diagnostizierten neuen Offenheit – oder negativ formuliert: in dem Verlust an Eindeutigkeit – auf der Ebene der paradigmatischen Grundprinzipien. Diese Offenheit könnte der Expansion der erneuerbaren Energien durchaus weitere Schubkraft verleihen und das Spektrum der in diesem Sektor sich engagierenden Akteure nochmals erweitern. Was sich aus unserer Sicht aber auch abzeichnet, ist eine Tendenz zur Polarisierung relevanter Akteursstrategien und Zieldefinitionen innerhalb des energiepolitischen Handlungsfelds „Stromproduktion aus erneuerbaren Energien“.

Orientiert an dem Ziel, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromproduktion (bzw. an der Energieerzeugung insgesamt) massiv zu erhöhen, haben sich unter den Protagonisten der regenerativen Energien zwei ganz unterschiedliche Grundkonzeptionen der Zielverwirklichung herauskristallisiert, die mit dem Begriffspaar *dezentralisiert* – *zentralisiert* gegeneinander abgegrenzt werden können. Bei der einen Grundkonzeption handelt es sich um die Fortführung des mit den regenerativen Energien von Beginn an verknüpften *Dezentralisierungsansatzes*, eingebettet in umfassendere sozialökologische Zielsetzungen, die für das alternative Paradigma in seiner ursprünglichen Form konstitutiv sind und auch heute noch das Fundament für zum Teil weit reichende Umbauszenarien des Stromsektors bilden (siehe oben, Kap. II.3.3.3). Auf der anderen Seite haben wir es mit einer Grundkonzeption zu tun, deren Verfechter das Problem der Systemintegration erneuerbarer Energien dadurch lösen wollen, dass sie die bereits existierende Tendenz zur *Zentralisierung* im Bereich regenerativer Stromerzeugung gewissermaßen auf die Spitze treiben. Das Konzept hat einiges mit der von Vertretern der Windenergiebranche propagierten „großen“ Lösung der europaweiten netzgestützten

Steuerung der Windstromspeisung gemeinsam (siehe oben, Kap. II.3.3.1), ist aber noch umfassender, insofern es sämtliche regenerative Energiequellen (das heißt neben dem Wind auch Wasserkraft, Biomasse, Sonneneinstrahlung und Erdwärme) einbezieht.

Die Grundidee der zuletzt genannten Konzeption besteht darin, den Strom aus regenerativen Energien unter Ausnutzung komparativer Vorteile im großen Maßstab dort zu erzeugen, wo er ökonomisch am sinnvollsten und von der Stromausbeute her am ertragsreichsten produziert werden kann – „*durch Wind auf der Nordsee, Sonne in Andalusien oder Erdwärme in Ungarn*“ (Werner 2007, 120).² Technologischer Kern dieses Konzeptes ist das erst noch zu schaffende so genannte „Supernetz“ („*Supergrid*“), das die europäischen (sowie nordafrikanischen) Erneuerbare-Energien-Zentren miteinander verbindet, um den Regenerativstrom zu den Verbrauchszentren in Europa zu transportieren. Dazu könnte allerdings nicht auf das bereits vorhandene Netz aus Wechselstromleitungen zurückgegriffen werden: Vielmehr müsste das Supernetz, technisch gesprochen, als „Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsnetz“ (HGÜ) gebaut werden, mit dem sich elektrischer Strom energiesparend, das heißt mit nur geringen Netzverlusten auch über große Distanzen von einigen Tausend Kilometern transportieren ließe (ebenda).

Stehen wir somit vor einer neuen *radikalen Innovation* im Stromsektor – das heißt vor der Schaffung eines gigantischen Alternativnetzes zur Versorgung Europas mit klimafreundlichem Ökostrom? Solch ein „*alternatives System*“ sei „*die radikalste Antwort auf die Fragen Klimawandel und Armutsbekämpfung*“, weil sich mit ihr eine ganze Reihe von Vorteilen bündeln ließen: „*Die Erschließung bedeutender, nicht überall verfügbarer Erzeugungspotenziale, die stete oder der Nachfrage entsprechende Verfügbarkeit*“ sowie „*günstige*“ Strompreise, „*die fossil-atomar nicht zu erreichen wären*“ (Matthiesen 2007, 16). Zwar handelt es sich beim „*Stromnetz der Zukunft*“ (Werner 2007, 121) zurzeit um kaum mehr als den strategischen Entwurf bzw. die energiepolitische Vision interessierter Akteure aus dem Erneuerbare-Energien-Sektor, aus Umweltverbänden und der Klimaschutzpolitik.³ Doch auch bei den Pionieren der erneuerbaren Energien waren es visionäre, zum Teil utopische Entwürfe, die am Anfang einer Entwicklung standen, die später in realisierbare Umsetzungsformen mündete. Die besondere Attraktivität der „Supernetz-Lösung“ liegt darin, dass nach der Schaffung eines solchen Netzes mit dem Bau neuer Großanlagen (zum Beispiel Offshore-Windparks in der Nordsee oder solarthermischer Kraftwerke in

² Zitiert wird Robert Werner, Vorstand von Greenpeace energy eG. (einem Anbieter von Ökostrom), aus einem Beitrag für das im Frühjahr 2007 erschienene SPIEGEL SPECIAL: Neue Energien. Wege aus der Klimakatastrophe. Ähnlich argumentiert Matthiesen: Die ökonomischen Vorteile eines solchen Systems seien „*überzeugend*“: „*Biomasse, Wasserkraft, Windenergie und Sonne sind günstig, wenn sie allokatstheoretisch richtig organisiert werden*“ (Matthiesen 2007, 19); der Autor ist Landtagsabgeordneter für Bündnis 90/Die Grünen in Schleswig-Holstein.

³ Mitstreiter sieht man inzwischen im „Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ (WBGU), der sich zur effizienteren Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom für ein „Europäisches Supernetz“ ausspreche, sowie im „Club of Rome“, der sich aus ähnlichen Gründen für „interkontinentale Strom-Supernetze“ stark mache (Matthiesen 2007, 19).

Spanien) bzw. mit dem Supernetz-Anschluss bereits vorhandener Anlagen im Bereich des Regenerativstroms „geklotzt“ werden könnte – was wiederum die Chance eröffnete, wichtigen Klimaschutzziele in relativ großen Einzelschritten näher zu kommen. Hinzu kommt, dass mit der großräumigen Kopplung *unterschiedlicher* regenerativer Stromerzeugungstechniken – leistungsfähige Steuerungstechnologien vorausgesetzt – das Problem der Integration fluktuierender Erzeugungsquellen noch umfassender als mit einer allein auf der Windenergie beruhenden Lösung angegangen werden könnte.

Allerdings sind mit dem „Supernetz-Ansatz“ noch zahlreiche ungeklärte Probleme und offene Fragen verbunden:

Die erste Frage betrifft das Vertrauen in die zeitnahe Machbarkeit *großtechnischer* Lösungen: Wie insbesondere die Entwicklung der Windenergie zeigt, sind Versuche, im Erneuerbare-Energien-Sektor mit einer *break-through*-Strategie große technologische Sprünge erfolgreich zu bewältigen, bisher weitgehend gescheitert. Allerdings ließe sich gegenüber einer aus solchen Erfahrungen herrührenden Skepsis einwenden, dass sich in den verschiedenen Sparten der erneuerbaren Energien inzwischen ausreichende technologische Lernprozesse vollzogen haben, mit denen man – schrittweise – in Größendimensionen vorstoßen konnte, die über GROWIAN und ähnliche Projekte der 1980er Jahre hinausgehen (im Bereich der Windkrafttechnologie ist die 3-Megawatt-Anlage bereits Stand der Technik und die 5-Megawatt-Anlage bei verschiedenen Herstellern in der praktischen Erprobungsphase). Wenn somit dem Supernetz-Szenario durchaus „etablierte Techniken“, wie Matthiesen (2007, 17) hervorhebt, zugrunde liegen, so sollte im Fall der Offshore-Windkraftnutzung, einem der Eckpfeiler in diesem Szenario, allerdings berücksichtigt werden, dass die Erprobung leistungsstarker Windturbinen im küstenfernen Tiefwasser – hier sind die meisten deutschen Offshore-Windparks geplant – und damit entscheidende technologische Erfahrungen noch ausstehen.

Vermutlich sind es aber nicht in erster Linie die noch ausstehenden *technologischen* Lernkurven, die die Schaffung eines Supernetzes erschweren könnten. Anspruchsvoller noch könnten die *politisch-institutionellen* Lernprozesse sein, zumal sie angesichts des großräumigen Supernetz-Szenarios international abgestimmt werden müssten. Schon die erfolgreiche Umsetzung eines – ebenfalls in der Diskussion befindlichen – transnationalen Offshore-Netzes setze „die Harmonisierung der Förderprogramme für Offshore-Windenergie in Europa“ voraus – was noch „in weiter Ferne“ liege.⁴ Die Anforderungen an eine internationale Harmonisierung von Förderregeln, Genehmigungsverfahren, begleitenden Infrastrukturmaßnahmen usw. würden bei der für das Konzept des Supernetzes unerlässlichen Integration großtechnisch-regenerativer Stromerzeugung – von Skandinavien bis Südeuropa und Nordafrika – vermutlich noch zunehmen und eine baldige Realisierung, die von

⁴ Zitiert wird der Leiter der Forschungsabteilung im Bundesumweltministerium; zit. nach Lönker 2006b, 21.

den Protagonisten des Supernetz-Szenarios angesichts der drohenden Klimakatastrophe eingefordert wird, erschweren. Aber auch wenn auf staatlicher Ebene sowie mittels zwischenstaatlicher Abstimmung die entsprechenden Weichen gestellt werden sollten – man würde auf jeden Fall mit der Tatsache konfrontiert werden, dass der Neubau von Stromleitungen in den meisten europäischen Ländern heute äußerst schwierig ist. Hauptursache ist die fehlende Akzeptanz in der Bevölkerung, mit der Folge, dass es häufig zu Widerständen auf lokaler Ebene, zu Rechtsstreitigkeiten sowie zu entsprechend langwierigen Genehmigungsverfahren (in der Regel zwischen 10 und 15 Jahren für eine neue Stromtrasse) kommt (Lönker 2006b, 21; Müller 2007, 44). Zusätzliche Komplikationen sind dort zu erwarten, wo die großen Umweltverbände aus ökologischen Gründen gegen den Verlauf von Stromtrassen oder den Standort von Erzeugungsanlagen vorgehen, etwa in der administrativen Arena der Genehmigungsverfahren oder in der öffentlichen Arena publizistischer Kampagnen und gezielter Protestveranstaltungen.⁵

Weitgehend offen ist schließlich, von *welchen Akteuren* die Innovation „Supernetz“ angesichts der skizzierten Randbedingungen sowie angesichts der „gigantischen Investitionen für den Netzbau“ (Werner 2007, 121) umgesetzt werden könnte. Selbstverständlich wird es auch in diesem Fall auf das produktive Zusammenwirken unterschiedlicher Akteure ankommen – Akteure aus der politischen Arena, die die richtigen gesetzlichen und administrativen Weichen stellen müssen; Wissenschaftler, die an den technologischen Grundlagen des Supernetzes arbeiten bzw. seine Funktionsfähigkeit in Modellsimulationen testen.⁶ Entscheidend dürfte vor allem sein, welche Akteure für die operative Realisierung des großtechnologischen Projektes „Supernetz“ in Frage kommen. Neben der nicht leicht zu erfüllenden Bedingung, dass interessierten Investoren „kapitalmarktfähige Renditen“ winken müssten (ebenda),⁷ ist für die Verfechter des Zentralisierungskonzepts unabdingbar, dass Netzeigentum und Netzbetrieb – für das Supernetz wie auch für die bereits existierenden Übertragungsnetze – in Zukunft rechtlich klar getrennt werden müssen.⁸ Diese aus der Debatte um die Strommarktliberalisie-

⁵ Zu ökologisch begründeten Widerständen gegen geplante Offshore-Windparks und Kabeltrassen durch das Wattenmeer vgl. Byzio et al. 2005, 108 ff. Solche „innerökologischen Konflikte“ haben dazu beigetragen, dass sich die Planungen für Windparkprojekte in der deutschen Nord- und Ostsee zum Teil erheblich verzögert haben (ebenda).

⁶ So hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt dem Bundesumweltministerium kürzlich eine Machbarkeitsstudie für einen solaren Stromverbund – von Nordafrika bis Nordeuropa – vorgelegt (Werner 2007, 121). Am Institut für solare Energietechnik der Universität Kassel ist ein Großflächenszenario für einen Stromverbund entwickelt worden. Im Forschungsprojekt „Szenarien zur zukünftigen Stromversorgung – Kostenoptimierte Variationen zur Versorgung Europas und seiner Nachbarn mit Strom aus erneuerbaren Energien“ wird ein geografischer Raum mit über 60 Ländern und annähernd einer Milliarde Menschen betrachtet (Matthiesen 2007, 17 f.).

⁷ Was sich notwendigerweise auf die Höhe der Strompreise auswirken, das heißt mit zusätzlichen Belastungen für die Stromkunden verbunden sein wird (Werner 2007, 121).

⁸ Werner (2007, 121) schlägt vor, die Übertragungsnetze künftig, wie in der Schweiz, in Dänemark und in Großbritannien bereits geschehen, in die Hände so genannter Independent System Operators zu legen, um beim Netzbetrieb die Neutralität der Interessen zu wahren. Ein transnationales Gleich-

zung bekannte Forderung bekommt im Fall des transnationalen Gleichstrom-Supernetzes deswegen ein besonderes Gewicht, weil die dahinter stehende Zentralisierungsidee dem zentralistischen Grundprinzip des traditionellen Stromsystems auffallend nahe kommt. Mit anderen Worten: Ein solches Supernetz könnte auch für die etablierte Stromwirtschaft anschluss- und integrationsfähig werden, wenn sie die Gelegenheit bekäme, es nach *ihren* Bedingungen zu betreiben. Dies aber würde vermutlich darauf hinauslaufen, dass die großen Stromkonzerne die zentralisierten Regenerativ-Erzeugungstechniken – wie es bei der Offshore-Windkraftnutzung bereits konkret geplant ist – zunächst einmal ihrem favorisierten Energiemix aus Kohle-, Gas- und Kernkraftwerken einverleiben würden. Im Rahmen einer solchen Konstellation wäre allerdings das Ziel „Hundert Prozent erneuerbare Energien“, das dem Supernetz-Szenario zugrunde liegt,⁹ nicht zu erreichen. Kurz: Ohne von der etablierten Stromwirtschaft möglichst unabhängige Netzeigentümer und insbesondere ohne unabhängige Netzbetreiber, die allein dem Interesse eines ökologisch möglichst zielgerechten, technisch störungsfreien und zugleich ökonomisch soliden Netzbetriebs verpflichtet sind, würde sich der innovative und auf eine Transformation des Stromerzeugungssystems abzielende Grundgedanke des Supernetz-Konzeptes vermutlich nur begrenzt – wenn überhaupt – umsetzen lassen.¹⁰

Während die großtechnische, auf die Zentralisierung regenerativer Stromerzeugung abzielende „Supernetz-Lösung“ noch viele Fragen offen lässt, schreibt die *dezentrale Option* einen in Ländern wie Deutschland oder Dänemark bereits bewährten Weg der Diffusion und Nutzung erneuerbarer Energien fort. In ihren avancierteren Varianten, wie sie etwa von der *International Energy Agency* zur Diskussion gestellt wurden, bildet sie zugleich die Grundlage umfassender energiewirtschaftlicher Umbaukonzepte, in denen die Bedeutung großräumiger Stromnetze zugunsten der dezentralen Energieerzeugung und -versorgung drastisch zurückgefahren werden soll (siehe oben, Kap. II.3.3.3). Der Vorteil dieses Weges liegt darin, dass er nicht den Kraftakt eines international koordinierten Infrastrukturaufbaus voraussetzt, sondern dass er vorhandene Technik- und Akteurspotenziale aufgreift sowie praxistaugliche – und inzwischen auch weit über die deut-

strom-Supernetz müsste ebenfalls von einer zu gründenden Europäischen Netzagentur betrieben werden, die unter anderem dafür zu sorgen hätte, dass die Netzeigentümer „*eine angemessene Rendite erhalten*“.

⁹ Explizit bei Matthiesen (2007), der sein Plädoyer für das Gleichstrom-Supernetz mit der Erreichbarkeit der „Hundert-Prozent“-Zielmarke begründet.

¹⁰ Konkrete Hoffnungen setzen die Supernetz-Verfechter offenbar auf bestimmte Privatinvestoren, die „*derzeit den Grundstein für ein Gleichstromnetz legen*“: So auf ein Firmenkonsortium, das gegenwärtig ein Seekabel zwischen Norwegen und den Niederlanden verlegt, das ab Ende 2007 die skandinavische Wasserkraft mit der Windkraft verbinden soll; ferner auf den irischen Energiekonzern Airtricity, der gemeinsam mit dem Schweizer Technologiekonzern ABB die Vernetzung der geplanten europäischen Offshore-Windparks von der irischen Küste bis zum Baltikum per Gleichstromkabel plant und für dieses Projekt 2,5 Milliarden Euro veranschlagt (Werner 2007, 121; Lönker 2006b, 20). Die Finanzierung des geplanten Offshore-Supernetzes ist einer Meldung des Branchenblatts „*neue energie*“ zufolge allerdings „*noch völlig unklar*“ (Lönker 2006b, 21).

schen Grenzen hinaus verbreitete – Förderregeln nutzt.¹¹ Wir haben in der vorliegenden Studie die dezentralen Mechanismen der Technikdiffusion beschrieben sowie das soziale Spektrum der Technikanwender, auf denen sie beruhte. Auch heute gibt es noch eine breite, in zum Teil ganz unterschiedlichen sozialen und ökonomischen Kontexten verwurzelte und ausbaufähige Basis dezentral-regenerativer Stromerzeugung.

Bürgerengagement, das am Anfang dieser Entwicklung eine ganz entscheidende Rolle spielte, ist im Bereich der Solarenergie nach wie vor einer der wichtigsten Diffusionsfaktoren. Dafür spricht nicht nur die Existenz von Hunderten von Solarinitiativen in Deutschland (Drücke et al. 2004, 40), sondern auch das Engagement der zahlreichen lokalen Agenda-21-Gruppen und Umweltinitiativen, die ein Nährboden für dezentrale Bürgeraktivitäten im Energiesektor sind (etwa im Bereich so genannter Bürgersolkraftwerke). In manchen Fällen werden solche Aktivitäten heute von lokalen bzw. regionalen Protagonisten zu ambitionierten Energiewende-Projekten gebündelt, die sich das Ziel der 100-prozentigen Selbstversorgung einer Kommune oder einer ganzen Region mit regenerativen Energien auf die Fahne geschrieben haben. Auch das Konzept der Bioenergiedörfer – das heißt die energetische Selbstversorgung einer Landgemeinde über eine Nahwärme und Strom erzeugende Biogasanlage, die die ansässigen Landwirten beliefern – wird zumeist von den Bürgern selbst entwickelt, die sich das nötige Know-how aufbauen (Janzing 2007b). All diese Projekte sind zwar nach wie vor Inseln der dezentralen Selbstversorgung innerhalb eines zentralisierten und hierarchisch strukturierten Stromsystems, doch gibt es einige Anzeichen dafür, dass insbesondere die Bioenergiedorf-Pioniere zum Auslöser einer Diffusionswelle des von ihnen vertretenen Autarkie-Konzepts werden könnten.¹²

Von diesen Aktivitäten, die wir als Bürgerengagement für erneuerbare Energien zusammenfassen wollen – und zu denen auch die zahllosen Einzelhaushalte zählen, die sich eine eigene Fotovoltaikanlage zulegen – sind die diejenigen Akteure zu trennen, die die dezentral-regenerative Stromproduktion bei entsprechenden Anreizen vor allem als *kommerzielles Betätigungsfeld* für sich entdeckt haben.¹³

¹¹ So hatten bis Juli 2005 insgesamt 16 der damals 25 EU-Staaten das in Deutschland seit 1991 existierende Instrument der Einspeisevergütung zur Förderung erneuerbarer Energien im Strommarkt eingeführt, allerdings in unterschiedlichen Varianten, was die Höhe der Vergütungssätze für die verschiedenen Erzeugungstechnologien oder was die Planungssicherheit schaffende Dauer garantierter Vergütungen betrifft. In sechs anderen EU-Staaten gelten gesetzliche Quotenregelungen, die die Produktion bzw. den Absatz von Strom aus erneuerbaren Energien fördern (Reiche/Bechberger 2006).

¹² So berichtet Janzing (2007b), dass nach dem Vorbild einiger in Deutschland bereits existierender Bioenergiedörfer nun „weitere Gemeinden über eigene Netze selbst produzierte Energie beziehen“ wollten. So werde das von einer Genossenschaft von fast 200 Bürgern initiierte Bioenergiedorf Jühnde bei Göttingen „in der Region Nachahmer finden. Der zuständige Göttinger Landrat hat bereits acht weitere Gemeinden in seinem Landkreis ausfindig gemacht, die für lokale Wärmenetze in Frage kommen. (...) An die Kommunen, in denen die Bürger in das Projekt einsteigen, soll bereits Ende 2008 Biowärme geliefert werden“ (135).

¹³ Was natürlich nicht ausschließt, dass auch Aktivitäten im Rahmen des Bürgerengagements nicht allein von ökologischen Motiven getragen werden. Wie wir in Kap. II.3.1.3 gezeigt haben, ist es häu-

Hier bilden die Landwirte inzwischen eine starke und noch wachsende Gruppe. Hinzu kommen Stadtwerke mit einem – vor dem Hintergrund der Strommarktliberalisierung – steigendem Interesse an dezentraler Eigenproduktion, unter anderem auch auf Basis erneuerbarer Energien (insbesondere im Bereich der Biomassenutzung). Und schließlich zählt zu den kommerziellen Akteuren natürlich die breite Palette an mittelständischen Unternehmen, die sich als Planer, Projektierer oder Anlagenbetreiber in den verschiedenen Sparten der erneuerbaren Energien engagieren und inzwischen im In- wie im Ausland zahllose Windparks oder Solar- und Biomassekraftwerke realisiert haben.

Verfechter der dezentralen Option haben dieses differenzierte Spektrum von Akteuren sowie die regionalwirtschaftlichen Vorteile (etwa im Bereich der Arbeitsmarkt- oder der Strukturförderung) vor Augen, wenn sie dafür plädieren, die vorhandenen Akteurspotenziale der erneuerbaren Energien gezielt zu nutzen und – etwa durch geeignete Fördermaßnahmen oder regulative Weichenstellungen – weiter auszubauen. Hermann Scheer, Präsident von EUROSOLAR (der europäischen Vereinigung für erneuerbare Energien) leitet daraus ein ganzes Programm der „Aktivierung der Gesellschaft“ ab, um über die „wertbestimmte Legitimationskraft der erneuerbaren Energien“ das „unausgeschöpfte gesellschaftliche Potenzial“ für den „Energiewechsel“ sowie für eine „Neufundierung der Wirtschaft“ freizulegen (Scheer 2005). „Ein schneller und breit angelegter Durchbruch zu erneuerbaren Energien“, so lautet Scheers Credo, „kann nur über die uneingeschränkte Nutzbarmachung ihres vielfältigen technologischen Potenzials durch eine wachsende Zahl von Trägern in der Gesellschaft erfolgen. Daraus wird eine ‚Springflut‘ an praktischen Initiativen entstehen, die alle Energiepläne und -szenarien der bisherigen Großakteure über den Haufen wirft“ (ebenda, 235). Deutlich wird, dass ein solches Dezentralisierungskonzept an den sozialökologischen und gesellschaftspolitischen Implikationen des alternativen Paradigmas in seiner ursprünglichen Form ausgerichtet ist.

Angesichts der gegenwärtigen Debatte um den richtigen Weg zur Energieproduktionswende durch erneuerbare Energien, bei der sich die „alte“ dezentrale Option inzwischen mit einem radikalen Zentralisierungskonzept konfrontiert sieht, wollen wir noch einmal – ohne eine abschließende Antwort parat zu haben – die im Kapitel II.3.3.3 gestellte Frage aufgreifen, ob der Königsweg nicht in der *Verknüpfung beider Ansätze* liegen könnte. Immerhin scheint das Beispiel Dänemark dafür zu sprechen, dass der dort inzwischen hohe Dezentralisierungsgrad der Stromerzeugung (mehr als 50 Prozent) sowie der hohe Anteil des Windstroms nicht zuletzt deswegen erreicht werden konnten, weil die Produktionsschwankungen bei der Windenergie durch die Einbettung Dänemarks in das europäische Hochspannungs-Verbundnetz ausgeglichen werden können. Auch die Verfechter der Supernetz-Lösung wollen an einem gewissen Anteil dezentral-regenerativer

fig die Verbindung von ökologischen und ökonomischen Motiven, die zu einem Engagement führt, etwa bei denen, die sich an einem Bürgerkraftwerk beteiligen. Weitere Motive können Technikinteresse oder auch die Erwartung von Distinktionsgewinnen sein.

Erzeugung festhalten, um die von ihnen anvisierte Zielperspektive „100 Prozent erneuerbare Energien“ realisieren zu können. Matthiesen bringt es auf die Formel: *„Strong Grid – smart Grid, das heißt: starkes Netz von oben und schlaues Netz von unten“* (Matthiesen 2007, 18). Damit ist nicht nur die netztechnische, sondern auch die informations- und steuerungstechnische Integration zweier „Stromwelten“ gemeint: Der Supernetz-Welt zum einen und der Welt dezentraler Stromerzeugung, etwa „Kraft-Wärme-Kopplung vor Ort“ zum anderen (ebenda).

Wir können nicht beurteilen, ob eine so umfassende Integrationsvision, die weit über die bisherigen Erfahrungen mit „virtuellen Kraftwerken“ hinausgeht,¹⁴ unter technischen und Kostenaspekten in überschaubaren Zeiträumen realisierbar ist. Lewald (2001, 28), der sich auf Ergebnisse eines Pilotprojekts zur Entwicklung und Vermarktung eines „Dezentralen Energie Management Systems“ (DEMS) stützt, beurteilt die Realisierbarkeit eines flächendeckenden Einsatzes virtueller Kraftwerke unter Kostenaspekten allerdings skeptisch. Die zurzeit vorhandenen Kommunikationsstrukturen¹⁵ seien bei einem hohen Verbreitungsgrad dezentraler Kleinanlagen durchweg zu teuer. Fazit: *„Ohne Lösung des ökonomischen Problems der Kommunikation wird es auch keine optimierte Lösung für den Einsatz kleinerer und damit auch billigerer dezentraler Technologie geben“*.

Neben möglichen Kostenhemmnissen gibt es aus unserer Sicht weitere Gründe, die die Realisierbarkeit der zentral-dezentralen Integrationsvision in Frage stellen könnten. Ein erster besteht darin, dass mit den beiden Ansätzen zwei „Philosophien“ aufeinander stoßen, die von ihrer jeweiligen Grundkonzeption her nicht ohne weiteres kompatibel sind. Konstruktive Allianzen zwischen den Protagonisten beider Wege sind folglich nicht unbedingt zu erwarten. Diese Einschätzung wird bestärkt durch kritische Abgrenzungen, die in der gegenwärtigen Debatte um den richtigen Weg zur Energiewende vorgenommen werden. So diagnostiziert Matthiesen (2007, 17), einer der Verfechter des Supernetz-Konzeptes, *„erhebliche Differenzen (...) unter den Kritikern der etablierten alten Energiewirtschaft“*, wobei sich seine Vorbehalte explizit gegen den von Scheer propagierten Weg dezentralisierter „Energieautonomie“ (Scheer 2005) richten. Dies sei nicht nur ein *„schwer umsetzbares“*, sondern *„vor allem gar kein erstrebenswertes Ziel“*: Erstens werde es *„teuer“* werden, zweitens lasse es aufgrund seiner Konzentration auf die Aktivierung inländischer Dezentralisierungspotenziale *„arme mögliche Partnerländer links liegen“*, und drittens setze es Möglichkeiten der Energiespeicherung voraus, *„weil die kleinräumige regenerative Stromerzeugung durch ihre stochastische Produktion zu Verfügbarkeitsproblemen führt“* (Matthiesen 2007, 17). Energiespeicherung aber sei aufgrund der damit einhergehenden Umwandlungsverluste *„schlicht ein Irrweg“*, der auf die *„Vernichtung elektrischer Energie“* hinauslaufe (ebenda).

¹⁴ In virtuellen Kraftwerken sollen viele dezentrale und miteinander vernetzte Stromquellen und Stromverbraucher über eine softwareunterstützte Leitzentrale so koordiniert werden, dass daraus möglichst energieeffiziente Erzeugungs-Verbrauchskurven resultieren.

¹⁵ Zum Beispiel analoge Kommunikation, ISDN, GSM (Lewald 2001, 28).

Oberstes Ziel in Scheers Autonomiekonzept ist dagegen, dass sich die auf regenerativer Energiebasis produzierenden dezentralen Stromerzeuger, unter anderem durch Technologien zur bedarfsorientierten Stromspeicherung, von „Netzrestriktionen“ emanzipierten.¹⁶ Diese seien umso stärker, „je größer die Produktionsmengen sind, die über das Netz transportiert und verteilt werden sollen.“ Daraus ergebe sich, „dass die Durchsetzungsdynamik erneuerbarer Energien im Bereich der Stromerzeugung umso größer ist, je weniger diese von solchen Restriktionen abhängig ist“ (Scheer 2005, 244). Zwar zielt Scheers Ansatz vor allem auf die Befreiung von Abhängigkeiten ab, die sich für dezentrale Stromerzeuger aus dem etablierten zentralistischen Stromsystem ergeben. Diese Position verbindet sich bei ihm mit einer generellen Skepsis gegenüber zentralistischen Energieversorgungskonzepten, auch im Bereich der erneuerbaren Energien, da solche Konzepte zu sehr dem „Netzkonservatismus“ des konventionellen Stromsektors verhaftet und deswegen nicht in der Lage seien, „das natürliche, technische und das gesellschaftliche Potenzial der erneuerbaren Energien auf dem Weg zu einer vollständigen Ablösung atomarer und fossiler Energien auszus schöpfen.“ Dieses Verdikt richtet sich auch gegen transnationale Supernetz-Lösungen, die zwar „als kosteneffizient gelten“, aber letztlich dazu führten, dass „alle weiteren Aspekte, etwa regionalpolitische Ziele oder die Neufundierung der Landwirtschaft durch energetische Biomasseproduktion“, unter den Tisch fielen (ebenda, 266).

Gegen die Realisierbarkeit eines integrativen Konzepts, bei dem sich *beide* Seiten in ihren grundlegenden Zielen wieder finden könnten, spricht ferner, dass der Erfolg des einen Weges den jeweils anderen Weg weitgehend überflüssig machen würde. So würde ein voll ausgebautes und funktionsfähiges Supernetz, mit dem riesige Strommengen aus Offshore-Windparks oder Solarkraftwerken transportiert werden könnten, für die dezentrale Erzeugung vermutlich nur Nischen übrig lassen. Dies würde unweigerlich die Frage aufwerfen, inwieweit die – für die dezentrale Option elementare – Förderung kleinteilig-dezentraler Stromerzeugung (zum Beispiel im Solar- oder Biogasbereich) angesichts ihrer relativen Erzeugungskosten sowie angesichts von bereits heute erkennbaren strukturellen Diffusionshemmnissen, deren Überwindung weitere Maßnahmen erforderlich machen würde, politisch legitimierbar bliebe. Umgekehrt ist es das Ziel der Dezentralisierungsoption, mittels einer „Springflut“ von Initiativen ein möglichst großes Gegengewicht zum Zentralitätsprinzip der etablierten Stromwirtschaft zu bilden und mit den fossil-atomaren Stromquellen auch weiträumige Stromtransporte sowie die Netzabhängigkeit der Stromversorgung zurück zu drängen. In letzter Konsequenz hätten auch zentralisierte Erzeugungsstätten für Regenerativstrom in diesem Konzept keinen Platz.

In der unter Verfechtern der Energiewende ausgetragenen Kontroverse um Zentralisierungs- versus Dezentralisierungsoptionen kommt die inzwischen entstandene Unschärfe eines anfangs scharf konturierten – energietechnologischen

¹⁶ Scheer zieht dabei folgende Speichertechnologien in Betracht: Pumpspeicherwerke, Druckluftspeicher, Batterien, Schwungräder, Wasserstoffgeneratoren (Scheer 2005, 74 ff.).

und sozialökologischen – Gegenentwurfs in markanter Weise zum Ausdruck. Mit einem insgesamt diffuser werdenden alternativen Paradigma gehen Erwartungen an eine sich beschleunigende Transformationsdynamik einher, die sich unter den Vorzeichen einer umfassenden Integrationsvision freisetzen ließe. Es könnte zu einer Bündelung aller an der Überwindung des etablierten Stromsystems interessierten Kräfte kommen – von den Protagonisten eines transnationalen, Regenerativstrom im großen Stil verteilenden Supernetzes über zentralisierte Produzenten alternativer Energien bis hin zu den vielen Solar- oder Bioenergieinitiativen an der regionalen und lokalen Basis des Erneuerbare-Energien-Sektors. Doch nimmt mit der Unschärfe des Gegenentwurfs, wie die skizzierte Kontroverse zeigt, auch die Gefahr eines Richtungsstreits im „eigenen Lager“ zu, der die relevanten Kräfte eher lähmen als freisetzen könnte. Dies dürfte nicht zuletzt das Feld der politischen Lobbyarbeit sowie notwendiger Aushandlungsverfahren im Rahmen energiepolitischer Governanceprozesse betreffen: Das Konzept einer umfassenden „Aktivierung der Gesellschaft“ für erneuerbare Energien verlangt andere politische Zielkataloge, Förderkriterien und internationale Abstimmungsprozesse als das Konzept einer transnationalen Zentralisierung und Vernetzung regenerativer Stromerzeugung. Die Erwartung, gegenläufige Zielperspektiven nicht nur durch eine integrierende Vision, sondern auch durch ein integrierendes – und international abgestimmtes – Politikkonzept miteinander in Einklang bringen zu können, dürfte unter den gegebenen Umständen (siehe etwa die oben angesprochenen Probleme bei der Genehmigung neuer Stromtrassen) illusorisch sein.

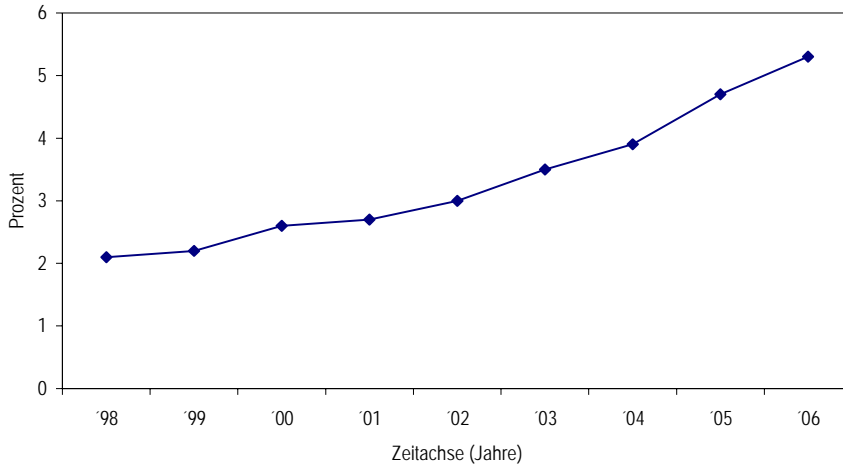
So spricht in der Tat einiges dafür, dass die Entwicklung der erneuerbaren Energien an einem Punkt angekommen ist, der zur Wegscheide werden könnte. Während die Protagonisten eines aus ihrer Sicht auch in Zukunft tragfähigen Dezentralisierungsweges an dem *sozialökologischen* Kerngedanken des alternativen Paradigmas festhalten, würde sich das Alternative im Rahmen zentralistischer Konzeptionen (wie der Supernetz-Lösung) auf die *ökologische* Dimension reduzieren. Die Dezentralisierung der Energieerzeugung sowie die Pluralisierung der Akteursbasis wären dann bestenfalls hilfreiche Ergänzungen zum großtechnischen Lösungsweg, würden aber bei einer erfolgreichen Umsetzung des Supernetz-Konzepts tendenziell an Bedeutung verlieren. Es gibt keine *technisch* diktierte Notwendigkeit, in die eine oder in die andere Richtung zu gehen bzw. einen beide Ansätze integrierenden Weg einzuschlagen. Mit den heute vorliegenden technischen Möglichkeiten könnte selbstverständlich der dezentrale Pfad weiterverfolgt, aber auch der Zentralisierungspfad stärker als bisher ins Spiel gebracht werden, zumal in einigen europäischen Ländern schon begonnen wurde, diesen Weg – zum Beispiel mit Offshore-Windparks oder mit solarthermischen Kraftwerken – zu beschreiten. Ob sich einer der skizzierten Pfade in Zukunft durchsetzen oder ob es zunächst zu Parallelentwicklungen kommen wird, ist gegenwärtig kaum absehbar. So ist offen, ob sich durch weitere Innovationsprozesse zusätzliche technische Optionen abzeichnen werden, unter deren Vorzeichen die Anwendungs- sowie

Integrationsmöglichkeiten bestimmter dezentraler wie zentraler Erzeugungs- und Steuerungstechniken – auch unter Kostengesichtspunkten – neu beurteilt werden müssten. Aber es geht nicht nur – bzw. nicht einmal in erster Linie – um die Erweiterung technischer Optionen. Als noch wichtiger könnte sich erweisen, ob es den Protagonisten bestimmter technischer Optionen gelingen wird, zumindest im Lager der Energiewendeverfechter die Diskurshoheit zu erlangen und „ihre“ Technikleitbilder gesellschaftlich breiter durchzusetzen. Woran sich die Frage anschließt, ob eine solche Strategie – angesichts kontroverser Grundkonzepte im eigenen Lager – in wichtigen energiepolitischen Aushandlungsprozessen (zum Beispiel über Förderprogramme und -prioritäten) zur Geltung kommen und Richtungweisende Konsequenzen haben könnte. So enthält die neue Offenheit des alternativen Paradigmas zwar die Chance einer breiten Bündelung gesellschaftlicher Kräfte, die sich an der Transformation des Stromsystems beteiligen, aber auch die Gefahr einer den Transformationsprozess hemmenden konzeptionellen Zersplitterung maßgeblicher Akteursgruppen.

Anhang

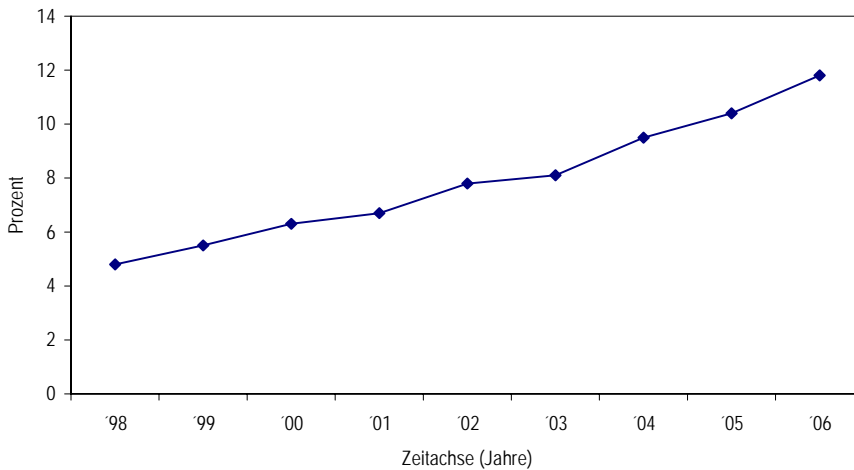
**Abbildungen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien
in Deutschland**

Abbildung 1: Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Primärenergieverbrauch in Deutschland 1998 – 2006



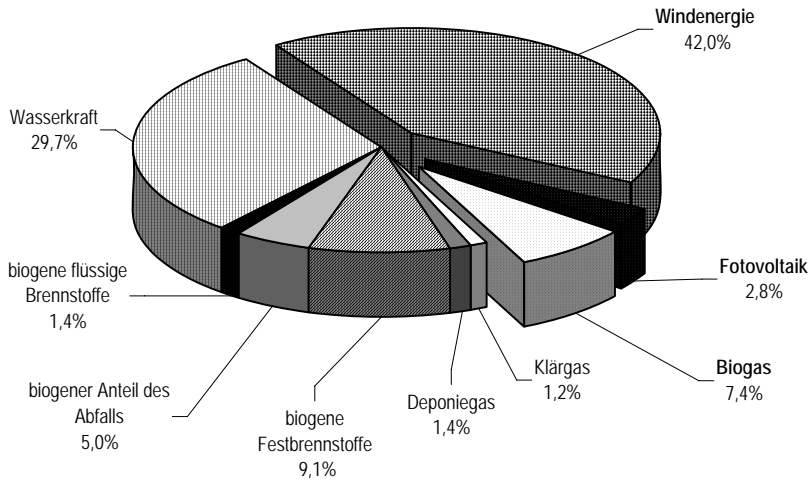
Quelle: BMU (2007).

Abbildung 2: Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Bruttostromverbrauch in Deutschland 1998 – 2006



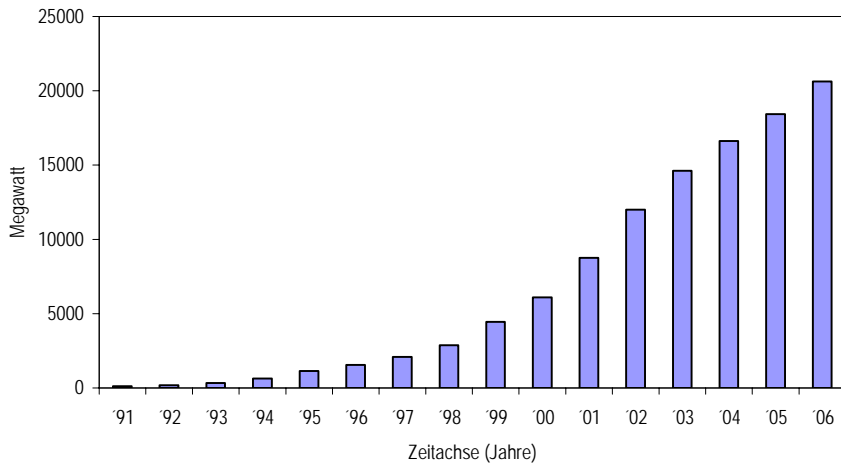
Quelle: BMU (2007).

Abbildung 3: Struktur der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2006



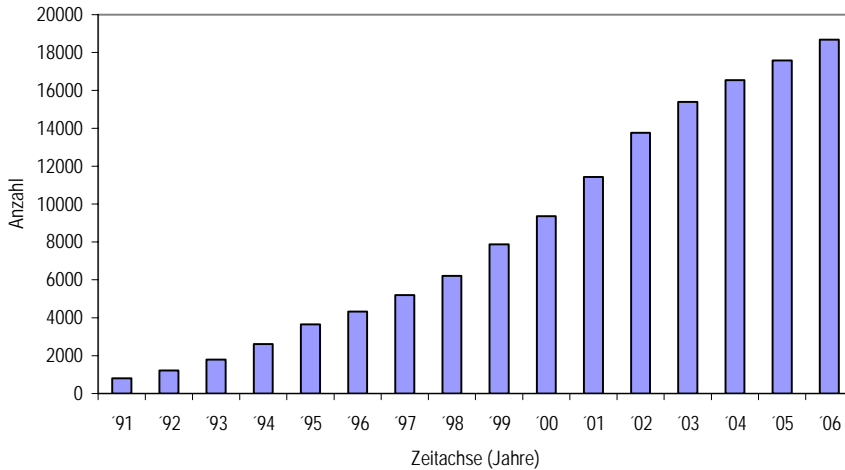
Quelle: BMU (2007).

Abbildung 4: Installierte Windenergieleistung in Deutschland 1991 – 2006



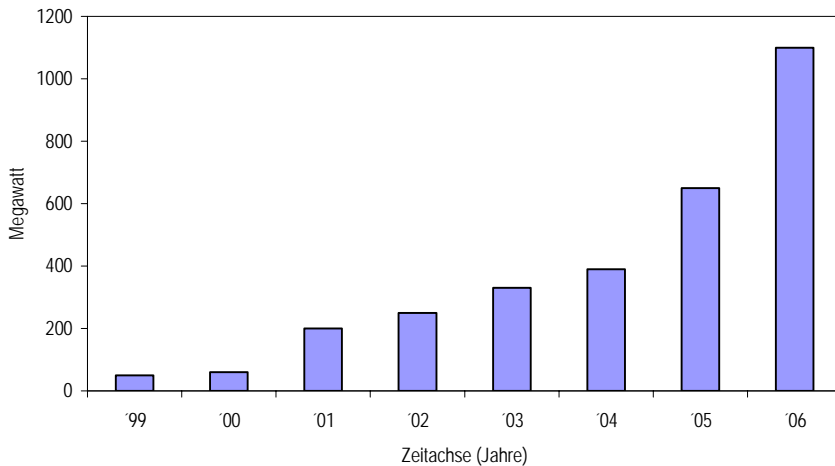
Quelle: BMU (2007).

Abbildung 5: Anzahl der Windenergieanlagen in Deutschland 1991 - 2006



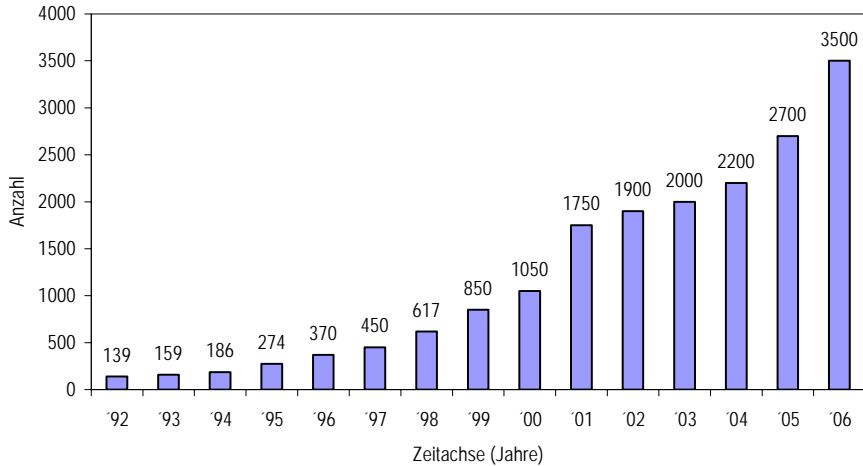
Quelle: Bundesverband WindEnergie e.V. (www.wind-energie.de/de/statistiken).

Abbildung 6: Installierte Leistung landwirtschaftlicher Biogasanlagen in Deutschland 1999 - 2006



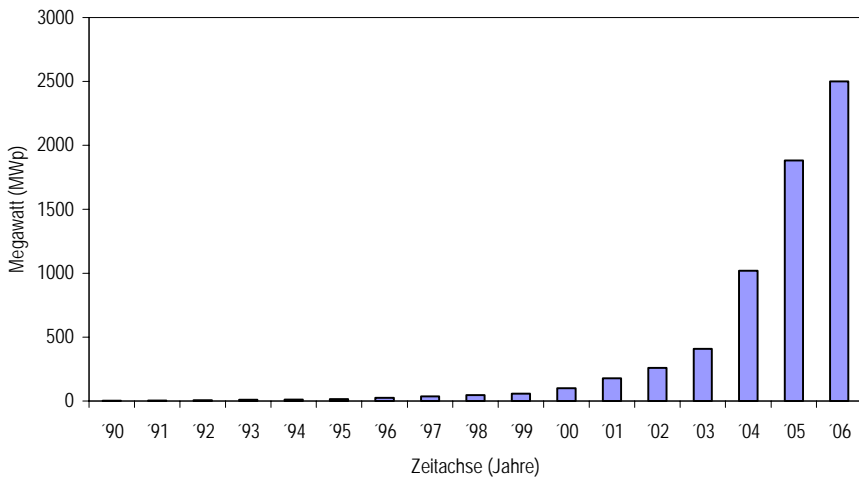
Quelle: Fachverband Biogas e.V. (www.fachverband-biogas.de)

Abbildung 7: Anzahl landwirtschaftlicher Biogasanlagen in Deutschland von 1992 – 2006



Quelle: Fachverband Biogas e.V. (www.fachverband-biogas.de)

Abbildung 8: Installierte Fotovoltaikleistung in Deutschland 1990 - 2006



Quellen: BMU (2006); BSW-Solar/www.solarwirtschaft.de.

Literaturverzeichnis

- Baedeker, H. (2002). Leitbild und Netzwerk. Techniksoziologische Überlegungen zur Entwicklung des Stromverbundsystems. München
- Bartelt, H. (2000). Erneuerbare-Energien-Gesetz: Mit neuem Schwung mehr erneuerbare Energie. In: Windenergie 2000, hrsg. v. Bundesverband WindEnergie e.V., 4-6
- Bauknecht, D., Späth, Ph., Leprich, U., Rohracher, H. (2006). Transformation der Stromwirtschaft. Die Rolle der Netze und ihrer Regulierung. In: Reiche, D., Bechberger, M. (Hg.), Ökologische Transformation der Energiewirtschaft. Erfolgsbedingungen und Restriktionen. Berlin, 257-275
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (Hg.) (2004). Gesamtkonzept Bayern zur Energiepolitik. München
- Bechberger, M. (2000). Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Eine Analyse des Politikformulierungsprozesses. FFU-report 00-06. Berlin
- Bechmann, A. (1984). Leben wollen. Anleitungen für eine neue Umweltpolitik. Köln
- Beckert, J. (1997). Grenzen des Marktes. Die sozialen Grundlagen wirtschaftlicher Effizienz. Frankfurt/New York
- Bensmann, M. (2007). Freie Fahrt für Fermenter. In: neue energie 01/2007, 52-55
— (2006). Neue Player geben Gas. In: neue energie 09/2006, 48-52

- (2005). Vorsprung durch Erfahrung. In: *neue energie* 08/2005, 54-57
- Bensmann, M., May, H. (2007). Zeltstadt an der Grenze. In: *neue energie* 01/2007, 56-59
- Benz, A. (2004). Governance – Modebegriff oder nützliches sozialwissenschaftliches Konzept? In: Benz, A. (Hg.), *Governance – Regieren in komplexen Regelsystemen. Eine Einführung*. Wiesbaden, 11-28
- Bethge, Ph. (2004). Kraft der Nawaros. In: *DER SPIEGEL* 32/2004, 132-134
- BMU (2007). *Entwicklung der erneuerbaren Energien im Jahr 2006 in Deutschland. Stand: 21. Februar 2007*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin
- (2006). *Entwicklung der erneuerbaren Energien 2005. Stand: Mai 2006*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin
- (2006a). *Umweltpolitik. Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung. Stand: Mai 2006*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin
- (2005). *Umwelt macht Arbeit. Das Wirtschaftsmagazin des Bundesumweltministeriums*, hrsg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Referat Öffentlichkeitsarbeit. Juni 2005
- BMWT/BMU (2006). *Energieversorgung für Deutschland. Statusbericht für den Energiegipfel am 3. April 2006*. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.). Berlin
- Brand, K.-W. (1999). Transformation der Ökologiebewegung. In: Klein, A., Legrand, H.-J., Leif, T. (Hg.), *Neue soziale Bewegungen. Impulse, Bilanzen und Perspektiven*. Opladen/ Wiesbaden, 237-257
- Brand, K.-W., Büsser, D., Rucht, D. (1983). *Aufbruch in eine andere Gesellschaft. Neue soziale Bewegungen in der Bundesrepublik*. Frankfurt/New York
- Brand, K.-W., Eder, K., Poferl, A. (1997). *Ökologische Kommunikation in Deutschland*. Opladen
- Braun-Thürmann, H. (2005). *Innovation*. Bielefeld
- Byzio, A., Heine, H., Mautz, R. unter Mitarbeit von W. Rosenbaum (2002). *Zwischen Solidarhandeln und Marktorientierung. Ökologische Innovation in selbstorganisierten Projekten – autofreies Wohnen, Car Sharing und Windenergienutzung*. Göttingen
- Byzio, A., Mautz, R., Rosenbaum, W. (2005). *Energiewende in schwerer See? Konflikte um die Offshore-Windkraftnutzung*. München
- Coenen, R. (2002). Umlenken auf nachhaltige Technologiepfade. In: Grunwald, A. (Hg.), *Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung*. Berlin, 389-405

- Dannenbaum, Th. (2005). „Atomstaat“ oder „Unregierbarkeit“? Wahrnehmungsmuster im westdeutschen Atomkonflikt der siebziger Jahre. In: Brüggemeier, F.-J., Engels, J.I. (Hg.), *Natur- und Umweltschutz nach 1945. Konzepte, Konflikte, Kompetenzen*. Frankfurt/New York, 268-286
- Degele, N. (2002). *Einführung in die Techniksoziologie*. München
- (1997). Kreativität rekursiv. Von der technischen Kreativität zur kreativen Aneignung von Technik. In: Rammert, W., Bechmann, G. (Hg.), *Innovation – Prozesse, Produkte, Politik (Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 9)*. Frankfurt/New York, 55-63
- Dehnhardt, A., Petschow, U. (2004). Nobody is perfect! Erneuerbare Energien, externe Effekte und ökonomische Bewertung. In: *Ökologisches Wirtschaften* Nr. 5/2004, 24-25
- Dickson, D. (1978). *Alternative Technologie. Strategien der technischen Veränderung*. München
- Die Bundesregierung (2002). *Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung*. Online unter URL:
http://www.bundesregierung.de/Anlage585668/pdf_datei.pdf (21.03.2005)
- Drücke, O., Nurr, M., Freitag, M., Stryi-Hipp, G. (2004). *Kurzstudie Solarinitiativen in Deutschland*, hrsg. v. Bundesverband Solarindustrie (BSi) e.V.
- 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. (ISEI). Kassel
- Esser, H. (2000). *Soziologie. Spezielle Grundlagen. Band 4: Opportunitäten und Restriktionen*. Frankfurt/New York
- EWEA (2005). *The European Wind Energy Association (EWEA) (ed.), Large Scale Integration of Wind Energy in the European Power Supply: Analysis, Issues and Recommendations*. Brussels
- Fischedick, M., Langniß, O., Nitsch, J. (2000). *Nach dem Ausstieg. Zukunftskurs Erneuerbare Energien*. Stuttgart, Leipzig
- Fischedick, M., Nitsch, J. (o.J.). *Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland. Forschungsbericht 200 97 104/UBA-FB 000314/kurz. Zusammenfassung*. Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie; DLR, Institut für Thermodynamik
- Fleischer, T., Grunwald, A. (2002). *Technikgestaltung für mehr Nachhaltigkeit – Anforderungen an die Technikfolgenabschätzung*. In: Grunwald, A. (Hg.), *Technikgestaltung für eine nachhaltige Entwicklung. Von der Konzeption zur Umsetzung*. Berlin, 95-146
- Franken, M. (2007). Kohlekraft? Nein Danke! In: *neue energie* 05/2007, 19-22
- (2006). Die dänische Lösung. In: *neue energie* 12/2006, 26-29

- (2002). Glück mit dem Wind. In: VDI-Nachrichten 02.08.2002
- Garud, R., Karnoe, P. (2003). Bricolage versus breakthrough: distributed and embedded agency in technology entrepreneurship. In: *Research Policy* 32 (2003), 277-300
- (2001). Path creation as a process of mindful deviation. In: Garud, R., Karnoe, P. (eds.), *Path Dependence and Creation*. Mahwah, NJ, 1-38
- Geels, F.W. (2004). From sectoral systems of innovations to social-technical systems. Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. In: *Research Policy* 33 (2004), 897-920
- (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In: *Research Policy* 31 (2002), 1257-1274
- Geels, F.W., Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. In: *Research Policy* 36 (2007), 399-417
- Gestring, N., Heine, H., Mautz, R., Mayer, H.-N., Siebel, W. (1997). *Ökologie und urbane Lebensweise. Untersuchungen zu einem anscheinend unauflöslchen Widerspruch*. Braunschweig/Wiesbaden
- Gillwald, Katrin (2000). *Konzepte sozialer Innovation*. REIHE: Papers Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung WZB P 00-519, Berlin
- Grober, U. (2004). Solange die Sonne scheint. In: *DIE ZEIT* 23/2004
- Groß, M., Hoffmann-Richm, H., Krohn, W. (2005). *Realexperimente. Ökologische Gestaltungsprozesse in der Wissensgesellschaft*. Bielefeld
- Heine, H., Mautz, R., Rosenbaum, W. (2001). *Mobilität im Alltag. Warum wir nicht vom Auto lassen*. Frankfurt/New York
- Heinelt, H. (2004). *Governance auf lokaler Ebene*. In: Benz, A. (Hg.), *Governance – Regieren in komplexen Regelsystemen. Eine Einführung*. Wiesbaden, 29-44
- Heinze, R.G., Olk, Th. (2000). *Bürgerengagement in Deutschland – Zum Stand der wissenschaftlichen und politischen Diskussion*. In: InWis-Bericht Nr. 28 (Institut für Wohnungswesen, Immobilienwirtschaft, Stadt- und Regionalentwicklung an der Ruhr-Universität Bochum). Bochum
- Hennicke, P., Müller, M. (2006). *Weltmacht Energie. Herausforderung für Demokratie und Wohlstand*. 2. Auflage. Stuttgart
- Heymann, M. (1997). Zur Geschichte der Windenergienutzung. In: Altner, G., Mettler-von Meibom, B, Simonis, U.E., von Weizsäcker, E.U. (Hg.), *Jahrbuch Ökologie 1998*. München, 190-206
- (1995). *Die Geschichte der Windenergienutzung 1890-1990*. Frankfurt/New York

- Hoppe-Kilpper, M. (2003). Entwicklung der Windenergie-technik in Deutschland und der Einfluss staatlicher Förderpolitik – Technikentwicklung in den 90er Jahren zwischen Markt und Forschungsförderung. Kassel
- (2001). Integration erneuerbarer Energien und dezentrale Energieversorgung – Aufbau von Versorgungsstrukturen mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. In: ForschungsVerbund Sonnenenergie (Hg.), Integration erneuerbarer Energien in Versorgungsstrukturen (FVS Themen 2001), Berlin, 4-13
- Huber, J. (2001). Allgemeine Umweltsoziologie. Wiesbaden
- (1980). Wer soll das alles ändern. Die Alternativen der Alternativbewegung. Berlin
- (1979). Bunt wie der Regenbogen. Selbstorganisierte Projekte und alternative Ökonomie in Deutschland. In: Huber, J. (Hg.), Anders arbeiten – anders wirtschaften. Frankfurt/M, 111-121
- Hübner, G., Felser, G. (2001). Für Solarenergie. Konsumenten- und Umweltpsychologie strategisch anwenden. Heidelberg
- Hübner, K., Nill, J. (2001). Nachhaltigkeit als Innovationsmotor. Herausforderungen für das deutsche Innovationssystem. Berlin
- Hvelplund, F. (2002). Denmark. In: Reiche, D. (ed.), Handbook of Renewable Energies in the European Union. Case Studies of all Member States. Frankfurt/M, Berlin usw., 63-75
- Jacobsson, S., Andersson, B., 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. (2004). Ein viel versprechendes Innovationsprogramm. Energiewende und Klimaschutz. In: Politische Ökologie Nr. 87-88, 18-20
- Jansen, D., Weber, M., Barnekow, S., Stoll, U., Walz, R., Ostertag, K., Rogge, K. (2006). Stadtwerke zwischen Liberalisierungsdruck und Umweltzielen – Der Beitrag lokaler Stromversorger zur Diffusion von Klimaschutz- und Energieeffizienzinnovationen. Deutsches Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung Speyer; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. Manuskript
- Janzing, B. (2007a). Wachsender Widerstand. In: neue energie 03/2007, 52-53
- (2007b). Wärme aus Mist. In: SPIEGEL SPECIAL 1/2007, 134-135
- (2005). Der Klassiker bleibt vorn. In: neue energie 06/2005, 44-46

- (2004). Grüne Wiese, rotes Tuch. Die Solarbranche fürchtet Widerstände gegen Freilandanlagen – und müht sich um öffentliche Zustimmung. In: DIE ZEIT 25/2004
- Jensen, D. (2006). Realistischer Rebell. In: neue energie 02/2006, 98-99
- Jochum, G., Pfaffenberger, W. (2006). Die Zukunft der Stromerzeugung. In: Aus Politik und Zeitgeschichte. Beilage zur Wochenzeitschrift Das Parlament, H. 13, 2006, 19-26
- Kelly, P.K. (1980). Die vierte Partei – Eine wählbare ökologische, gewaltfreie, soziale und basisdemokratische Anti-Partei. In: Lüdtkke, H.-W., Dinné, O. (Hg.), Die Grünen. Personen Projekte Programme. Stuttgart-Degerloch, 62-80
- Kowol, U., Krohn, W. (1995). Innovationsnetzwerke. Ein Modell der Technikgenese. In: Halfmann, J., Bechmann, G., Rammert, W. (Hg.), Theoriebausteine der Techniksoziologie (Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 8). Frankfurt/New York, 77-105
- Krewitt, W., Nitsch, J., Reinhardt, G. (2004). Wege für einen ausgewogenen Ausbau erneuerbarer Energien. In: Ökologisches Wirtschaften Nr. 5/2004, 12-14
- Krohn, W. (1997). Rekursive Lernprozesse. Experimentelle Praktiken in der Gesellschaft. In: Rammert, W., Bechmann, G. (Hg.), Innovation – Prozesse, Produkte, Politik (Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 9). Frankfurt/New York, 65-89
- Leprih, U. (2005). Ein Paradigmenwechsel ist notwendig. In: ifo schnelldienst, 58. Jahrgang, 4/2005, 15-18
- Leprih, U., Bauknecht, D., Gaßner, H., Schrader, K. (2005). Dezentrale Energiesysteme und Aktive Netzbetreiber (DENSAN). Endbericht. Energie & Ernährung Consult GbR. Saarbrücken
- Leprih, U., Diekmann, J., Ziesing, H.-J. (2007). Künftige Netzregulierung als Grundpfeiler einer effektiven Liberalisierung des deutschen Stromsektors. In: Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, 76. Jahrgang, Heft 1/2007, 87-98
- Lewald, N. (2001). Das EDISON Projekt. In: ForschungsVerbund Sonnenenergie (Hg.), Integration Erneuerbarer Energien in Versorgungsstrukturen (FVS Themen 2001). Berlin, 22-28
- Linscheidt, B. (1999). Nachhaltiger technologischer Wandel aus Sicht der Evolutionsökonomik. In: Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln (Hg.), Umweltökonomische Diskussionsbeiträge Nr. 99-1
- Lönker, O. (2007). Segel setzen. In: neue energie 01/2007, 40-43
- (2006a). Kein bisschen virtuell. In: neue energie 06/2006, 30-32
- (2006b). Ein Stromnetz für Europa. In: neue energie 12/2006, 16-21
- (2006c). Die Steckdose auf dem Meer. In: neue energie 12/2006, 22-25
- (2005). Schwächster Start seit Jahren. In: neue energie 05/2005, 42-43

- Löser, G. (1980). Energieversorgung ohne Kernenergie und Erdöl. In: Lüdtkke, H.-W., Dinné, O. (Hg.), Die Grünen. Personen Projekte Programme. Stuttgart-Degerloch, 161-180
- Lucke, I. (2002). Biogas. Die regenerative Energie der Zukunft? Diplomarbeit. Hochschule Vechta. Fachbereich Umweltwissenschaften. Vechta
- Lüdtkke, H.-W., Dinné, O. (Hg.) (1980). Die Grünen. Personen Projekte Programme. Stuttgart-Degerloch
- 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
- Matthiesen, D. (2007). Hundert Prozent! Ist eine Stromversorgung ausschließlich aus regenerativer Erzeugung möglich? In: Kommune 2/2007, 16-19
- Mautz, R. (2006). Der Ausbau der regenerativen Energien – Chancen und Barrieren. In: SOFI-Mitteilungen Nr. 34, 29-41
- Mautz, R., Byzio, A. (2004). Der Einstieg in die Offshore-Windkraftnutzung als Prüfstein der Energiewende – Konfliktthemen und Konfliktodynamiken. In: SOFI-Mitteilungen Nr. 32, 111-128
- May, H., Weinhold, N. (2006). Sehnsucht nach ‚mainstream‘. In: neue energie 04/2006, 72-75
- McNeill, J.R. (2003). Blue Planet. Die Geschichte der Umwelt im 20. Jahrhundert. Frankfurt/New York
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (Hg.) (2006). Biomasseaktionsplan Brandenburg. Strategie zur energetischen Nutzung von Biomasse bis 2010. Potsdam
- Müller, B. (2007). Zukunftssichere Netze. In: Spektrum der Wissenschaft Spezial 1/2007: Energie und Klima, 42-49
- Musiol, F. (2004). Fischhäckselanlagen und Vogelschreddermaschinen. Streit über Erneuerbare Energien bei den Umweltverbänden. In: Ökologisches Wirtschaften Nr. 5/2004, 15-16
- Niedersberg, J. (1998). Baurecht kontra Landschaftsschutz? In: Alt, F., Claus, J., Scheer, H. (Hg.), Windiger Protest. Konflikte um das Zukunftspotential der Windkraft. Bochum, 97-116
- Nitsch, J., Staiß, F., Wenzel, B., Fishedick, 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. DLR – Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung, Stuttgart/Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Stuttgart/Wuppertal Institut für Klima, Energie, Umwelt, Wuppertal

- Ohlhorst, D. (2006). Windenergie – eine Innovationsbiographie aus interdisziplinärer Perspektive. In: Reiche, D., Bechberger, M. (Hg.), *Ökologische Transformation der Energiewirtschaft. Erfolgsbedingungen und Restriktionen*. Berlin, 101-118
- Ohlhorst, D., Schön, S. (2005). Umwelt und Technik: Konflikte und Konstellationen am Beispiel der Windenergietechnologie in Deutschland. Paper für die Tagung „Umwelt- und Technikkonflikte“ der Arbeitskreise „Umweltpolitik/Global Change“ und „Politik und Technik“ der Deutschen Vereinigung für Politische Wissenschaft (DVPW), Universität Hamburg, 22./23. April 2005. Manuskript
- Pfaffenberger, W., Hille, M. (2004a). Investitionen im liberalisierten Energiemarkt: Optionen, Marktmechanismen, Rahmenbedingungen. Abschlussbericht. Bremer Energie Institut. Bremen
- (2004b). Investitionen im liberalisierten Energiemarkt: Optionen, Marktmechanismen, Rahmenbedingungen. Kurzfassung. Bremer Energie Institut. Bremen
- Priller, E. (2002). Zum Stand empirischer Befunde und sozialwissenschaftlicher Theorie zur Zivilgesellschaft und zur Notwendigkeit ihrer Weiterentwicklung. In: Enquete-Kommission „Zukunft des Bürgerschaftlichen Engagements“, Deutscher Bundestag (Hg.), *Bürgerschaftliches Engagement und Zivilgesellschaft*. Opladen, 39-54
- Radkau, J. (1992). Die Kerntechnik als historisches Individuum und als Paradigma. In: Bechmann, G., Rammert, W. (Hg.), *Großtechnische Systeme und Risiko (Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 6)*. Frankfurt/New York, 73-112
- Ramesohl, S., Kristof, K., Fishedick, M., Thomas, S., Irrek, W. (2002). Die technische Entwicklung auf den Strom- und Gasmärkten. Eine Kurzanalyse der Rolle und Entwicklungsperspektiven neuer dezentraler Energietechnologien und der Wechselwirkungen zwischen technischem Fortschritt und den Akteursstrukturen in den Strom- und Gasmärkten. Kurzexpertise für die Monopolkommission. Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie, April 2002
- Rammert, W. (2007). Technik, Handeln und Sozialstruktur: Eine Einführung in die Soziologie der Technik. In: Rammert, W., *Technik – Handeln – Wissen. Zu einer pragmatistischen Technik- und Sozialtheorie*. Wiesbaden, 11-36
- (2000). Was ist Technikforschung? In: Rammert, W., *Technik aus soziologischer Perspektive 2. Kultur – Innovation – Virtualität*. Wiesbaden, 14-40
- (1982). Soziotechnische Revolution: Sozialstruktureller Wandel und Strategien der Technisierung. Analytische Perspektiven einer Soziologie der Technik. In: Jokisch, R., (Hg.), *Techniksoziologie*. Frankfurt/M, 32-81
- Reiche, D. (2004). Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien in Deutschland. Möglichkeiten und Grenzen einer Vorreiterpolitik. Frankfurt/M, Berlin usw.

- (2002). Renewable energies in the EU Member States in comparison. In: Reiche, D. (ed.), *Handbook of Renewable Energies in the European Union. Case Studies of all Member States*. Frankfurt/M, Berlin usw., 13-24
- Reiche, D., Bechberger, M. (2006). Diffusion von Einspeisevergütungsmodellen in der EU-25 als instrumenteller Beitrag zur Verbreitung erneuerbarer Energien. In: Reiche, D., Bechberger, M. (Hg.), *Ökologische Transformation der Energiewirtschaft. Erfolgsbedingungen und Restriktionen*. Berlin, 199-217
- Renn, O. (1980). *Die sanfte Revolution. Zukunft ohne Zwang?* Essen
- Rentzing, S. (2006). Boykott der Bauern. In: *neue energie* 09/2006, 45-47
- (2005a). Schlankheitskur für Zellen. In: *neue energie* 06/2005, 36-43
- (2005b). Kreative Zellteilung. In: *neue energie* 07/2005, 52-54
- (2005c). Die ländlichen Sonnenkönige. In: *neue energie* 09/2005, 63-65
- (2005d). Flaute auf der Fläche. In: *neue energie* 05/2005, 50-53
- (2005e). Drang auf die Dächer. In: *neue energie* 07/2005, 56-59
- (2004). Kurzes Zwischenhoch. In: *neue energie* 12/2004, 88-91
- Rogers, E.M. (1983). *Diffusion of Innovations*. Third Edition. New York, London
- Scheer, H. (2005). *Energieautonomie. Eine neue Politik für erneuerbare Energien*. München
- Schneider, H.K. (1995). *Energiewirtschaft*. In: Görres-Gesellschaft (Hg.), *Staatslexikon. Recht, Wirtschaft, Gesellschaft*. Band 2. Sonderausgabe. Freiburg, Basel, Wien, 260-270
- Schrimppf, E. (2004). Einige Gründe. In: Bundesverband Solarindustrie (BSi) e.V. (Hg.), *Bundeskonferenz Regionaler Solarinitiativen. Konferenzband 2004*, 136-138
- Schuppert, G.F. (2002). Aktivierender Staat und Zivilgesellschaft – Versuch einer Verhältnisbestimmung. In: Enquete-Kommission „Zukunft des Bürgerschaftlichen Engagements“, Deutscher Bundestag (Hg.), *Bürgerschaftliches Engagement und Zivilgesellschaft*. Opladen, 185-207
- Schwarz, H. (o. J.). *Studie zur Anwendung des Netzsicherheitsmanagement im Land Brandenburg*. Centrum für Energietechnologie Brandenburg
- Schwarz, M. (2003). Von der Vogelperspektive der Leitbildsteuerung zur organisationalen Bodenhaftung. Anforderungen an eine anwendungsbezogene Nachhaltigkeitsforschung. In: Linne, G., Schwarz, M. (Hg.), *Handbuch Nachhaltige Entwicklung. Wie ist nachhaltiges Wirtschaften machbar?* Opladen, 603-614
- Sibum, D., Hunecke, M. (1997). Bestandaufnahme von Initiativen und Aktionen – Auswertung und Erhebung. In: Umweltbundesamt (Hg.), *Nachhaltige Konsummuster und postmaterielle Lebensstile. Vorstudien*. Berlin, 14-108
- Smith, A., Stirling, A., Berkhout, F. (2005). The governance of sustainable socio-technical transitions. In: *Research Policy* 34 (2005), 1491-1510

- Statistisches Bundesamt (2006). Statistisches Jahrbuch 2006
- Tischer, M., Stöhr, M., Lurz, M., Karg, L. (2006). Auf dem Weg zur 100% Region. Handbuch für eine nachhaltige Energieversorgung von Regionen. München
- Trittin, J. (2004). Vorwort. In: Reiche, D., Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien in Deutschland. Möglichkeiten und Grenzen einer Vorreiterpolitik. Frankfurt/M, Berlin usw.
- Umbach-Daniel, A. (2002). Biogasgemeinschaftsanlagen in der deutschen Landwirtschaft. Sozio-ökonomische und kulturelle Hemmnisse und Fördermöglichkeiten einer erneuerbaren Energietechnik. Kassel (Entwicklungsperspektiven Nr. 76)
- Vitzthum, W. Graf (1995). Seerecht. In: Görres-Gesellschaft (Hg.), Staatslexikon. Recht, Wirtschaft, Gesellschaft, Bd. 4. Sonderausgabe. Freiburg, Basel, Wien, 1141-1144
- Wagner, O., Kristof, K. (2001). Strategieoptionen kommunaler Energieversorger im Wettbewerb. Wuppertal Papers Nr. 115, Juli 2001
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2007). Neue Impulse für die Klimapolitik: Chancen der deutschen Doppelpräsidentschaft nutzen. Politikpapier 5. Im Internet abrufbar unter: http://www.wbgu.de/wbgu_gutachten_polpap.html (Stand: 14.02.2007)
- (2003). Welt im Wandel – Energiewende zur Nachhaltigkeit. Zusammenfassung für Entscheidungsträger. Im Internet abrufbar unter: http://www.wbgu.de/wbgu_jg2003_kurz.html (Stand: 14.02.2007)
- Weinhold, N. (2006). Suche nach Erkenntnis. In: neue energie 09/2006, 25-31
- Weisker, A. (2005). Powered by Emotion? Affektive Aspekte in der westdeutschen Kernenergiegeschichte zwischen Technikvertrauen und Apokalypseangst. In: Brüggemeier, F.-J., Engels, J.I. (Hg.), Natur- und Umweltschutz nach 1945. Konzepte, Konflikte, Kompetenzen. Frankfurt/New York, 203-221
- Werle, R. (2003). Institutionalistische Technikanalyse: Stand und Perspektiven. MPIfG Discussion Paper 03/8, Dezember 2003. Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung. Köln
- Werner, R. (2007). Neue Netze für Europa. In: SPIEGEL SPECIAL 1/2007, 120-121
- Weyer, J. (1997). Konturen einer netzwerktheoretischen Techniksoziologie. In: Weyer, J., Kirchner, U., Riedl, L., Schmidt, J.F.K., Technik, die Gesellschaft schafft. Soziale Netzwerke als Ort der Technikgenese. Berlin, 23-52

Rüdiger Mautz ist Sozialwissenschaftler und Mitarbeiter am Soziologischen Forschungsinstitut Göttingen (SOFI). Er arbeitet seit längerem im Bereich der sozialwissenschaftlichen Umweltforschung mit den Schwerpunkten Umweltbewusstsein und -verhalten; Wohnen, Mobilität, Energie; soziale Bedingungen von Umweltinnovationen.

Andreas Byzio ist Sozialwissenschaftler und ehemaliger Mitarbeiter am SOFI. Er arbeitete bisher im Bereich der sozialwissenschaftlichen Umweltforschung mit den Schwerpunkten neue soziale Bewegungen und soziale Bedingungen von Umweltinnovationen.

Wolf Rosenbaum war bis zum Herbst 2006 Professor für Soziologie an der Universität Göttingen und vertrat dort die Schwerpunkte Umweltoziologie sowie Wirtschafts- und Rechtssoziologie. Er arbeitet seit Jahren in der sozialwissenschaftlichen Umweltforschung mit den Schwerpunkten Umweltbewusstsein und -verhalten; Mobilität und Verkehrsmittelwahl; soziale Bedingungen von Umweltinnovationen.

Die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Deutschland hat sowohl eine Jahrzehnte lange Geschichte als auch hohe Aktualität. Die vorliegende Untersuchung greift beide Aspekte auf. Zum einen wird im Rahmen einer soziologischen Technikanalyse herausgearbeitet, wie aus der utopischen Vision „sanfter“ Energien allmählich sich verfestigende und politisch geförderte Innovations- und Technikpfade hervorgingen und zur Grundlage des gegenwärtig rapide wachsenden regenerativen Stromsektors wurden. Zum anderen liegt der Schwerpunkt der Studie auf der Analyse aktueller Entwicklungspotenziale der erneuerbaren Energien sowie möglicher Hemmnisse und ambivalenter Folgen ihrer Expansion. So führen die zunehmende Verbreitung regenerativer Stromproduktion sowie die Tendenz zur Zentralisierung bestimmter Erzeugungstechniken (zum Beispiel große Wind- oder Solarparks) nicht selten zu Widerständen in der Bevölkerung sowie zu Kontroversen innerhalb des ökologischen Lagers. Darüber hinaus zeichnet sich ab, dass der durch die Expansion der erneuerbaren Energien eingeleitete Transformationsprozess des deutschen Stromsektors nur dann erfolgreich weitergeführt werden kann, wenn die Akteure der Regenerativbranche mehr als bisher aktiv zur Netz- und Systemeinbindung erneuerbarer Stromquellen beitragen.