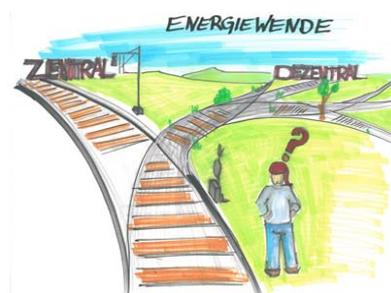
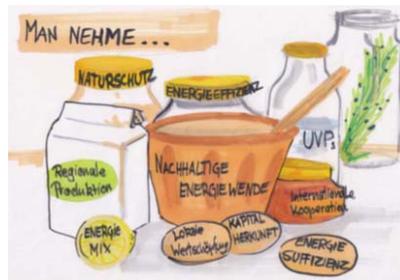


Bernd Demuth, Stefan Heiland, Norbert Wiersbinski,  
und Kathrin Ammermann (Hrsg.)

# Energielandschaften – Kulturlandschaften der Zukunft?

„Energiewende – Fluch oder Segen  
für unsere Landschaften?“



# **Energielandschaften – Kulturlandschaften der Zukunft?**

**„Energiewende – Fluch oder Segen  
für unsere Landschaften?“**

**Ergebnisse des Workshops vom 18.-21.06.2012  
an der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm  
(INA) des Bundesamtes für Naturschutz**

**Herausgeberin und Herausgeber:**

**Bernd Demuth**

**Stefan Heiland**

**Norbert Wiersbinski**

**Kathrin Ammermann**



**Titelbild:** Strich für Strich – Grafikdesign und Illustration, Diana Baur, Tegeler Str. 44, 13353 Berlin, [www.strich-fuer-strich.de](http://www.strich-fuer-strich.de), E-Mail: [info@strich-fuer-strich.de](mailto:info@strich-fuer-strich.de)

**Adressen der Herausgeberin und der Herausgeber:**

Dr. Bernd Demuth  
Prof. Dr. Stefan Heiland  
TU Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung  
Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung  
Sekt. EB 5, Straße des 17. Juni 145, 10623 Berlin  
E-Mail: [bernd.demuth@tu-berlin.de](mailto:bernd.demuth@tu-berlin.de)  
E-Mail: [stefan.heiland@tu-berlin.de](mailto:stefan.heiland@tu-berlin.de)

Dr. Norbert Wiersbinski  
BfN, Außenstelle Insel Vilm  
FG II 5.3 „Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm“,  
18581 Putbus  
E-Mail: [norbert.wiersbinski@bfm-vilm.de](mailto:norbert.wiersbinski@bfm-vilm.de)

Kathrin Ammermann  
BfN, Außenstelle Leipzig  
FGL II 4.3 „Erneuerbare Energien, Berg- und Bodenabbau“,  
Geschäftsstelle Kompetenzzentrum Erneuerbare Energien  
und Naturschutz  
E-Mail: [kathrin.ammermann@bfm.de](mailto:kathrin.ammermann@bfm.de)

**Fachbetreuung im BfN:** Norbert Wiersbinski und Kathrin Ammermann

Die Beiträge der Skripten werden aufgenommen in die Literaturdatenbank  
„DNL-online“ ([www.dnl-online.de](http://www.dnl-online.de)).

BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter  
<http://www.bfn.de> heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz  
Konstantinstr. 110  
53179 Bonn  
Telefon: 0228/8491-0  
Fax: 0228/8491-9999  
URL: [www.bfn.de](http://www.bfn.de)

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und  
Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter.

Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des  
institutionellen Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit Genehmigung des BfN.

Druck: BMU-Druckerei

Gedruckt auf 100% Altpapier

ISBN 978-3-89624-072-9

Bonn-Bad Godesberg 2013

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung .....	4
<i>Bernd Demuth und Stefan Heiland</i>	
Energieverbrauch als Lebensstil – Wie unser Energiekonsum die Gesellschaft verändert .....	7
<i>Karin Zachmann</i>	
Die „Energiewende“ – die Ziele des Energiekonzepts und der damit verbundene Ausbau erneuerbarer Energien. ....	27
<i>Joachim Nitsch</i>	
Gebietskulisse Windkraft – Umweltplanungshilfe für Kommunen und Regionalplanung in Bayern .....	38
<i>Katharina Stroh, Marion Lautenbacher</i>	
Technologien zur Produktion regenerativer Energie – Potenziale und Standortanforderungen.....	42
<i>Matthias Reichmuth und Alexander Schiffler</i>	
Reicht Energieeffizienz oder benötigen wir zusätzlich Energiesuffizienz? .....	55
<i>Oliver Stengel</i>	
Möglichkeiten der Energieeinsparung in Wirtschaft, Privathaushalten und Verkehr .....	63
<i>Matthias Reichmuth und Gerd Schröder</i>	
Energiegürtel enger schnallen für die Nachhaltigkeit? .....	77
<i>Marcus Bollmann</i>	
Nutzung und Entwicklungstendenzen von Bioenergie in nationalem und globalem Kontext .....	87
<i>Rainer Luick</i>	
Die Energiewende – Auswirkungen auf Natur und Landschaft aus Sicht des Bundesamtes für Naturschutz .....	113
<i>Kathrin Ammermann</i>	
Erneuerbare Energien – Strategien für eine naturverträgliche Nutzung.....	122
<i>Wolfgang Peters</i>	
Neue Netze für die Energiewende .....	132
<i>Liv Becker</i>	
Landschaftsveränderungen im Spiegel der Geschichte – Wie gravierend ist die Transformation von Energielandschaften? .....	138
<i>Jürgen Peters</i>	
Autorenverzeichnis .....	158

# Einleitung

Bernd Demuth und Stefan Heiland

Die Risiken der Atomkraft, der Klimawandel sowie die sich abzeichnende Knappheit fossiler Energieträger haben in den letzten Jahren zu einer zunehmend intensiveren gesellschaftlichen und politischen Debatte über die zukünftige Energieversorgung und -nutzung geführt, die unter dem Schlagwort „Energiewende“ derzeit auch die Medien beherrscht. Mit der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes wurden für diese Energiewende die Voraussetzungen geschaffen. Die festgelegten Abnahmegarantien und Einspeisevergütungen führten in der Folge zu einem Boom der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, insbesondere von Fotovoltaik, Biomasse und Windkraftanlagen mit daraus resultierenden Anforderungen an den Ausbau des Stromnetzes. Der angestrebte Atomausstieg beschleunigt und verstärkt diese Entwicklungen erheblich.

Dabei wird der Umbau des für eine hochmoderne Industriegesellschaft wie Deutschland existenziell wichtigen Energiesektors viele gesellschaftliche Bereiche beeinflussen und verändern – eine Veränderung, die auch in der Landschaft ablesbar sein wird. Obwohl der bisherige Umfang regenerativer Energien nur einen relativ geringen Anteil des Gesamtenergiebedarfs in Deutschland deckt (12 % am Endenergieverbrauch), sind bereits z. T. erhebliche Auswirkungen auf das Landschaftsbild, auf Flora und Fauna sowie den Naturhaushalt festzustellen.

Mit dieser Veröffentlichung liegen die Ergebnisse bzw. Vorträge der ersten Veranstaltung (18.-21. Juni 2012) der Tagungsreihe „Energiewende – Kulturlandschaften der Zukunft?“ vor. Im Rahmen der insgesamt drei Workshops sollen die derzeitige gesellschaftliche Diskussion sowie die politischen und rechtlichen Beschlüsse zur Energiewende vornehmlich aus Naturschutzsicht kritisch reflektiert werden, ohne die grundlegende Notwendigkeit der Abkehr von fossilen Energieträgern und der Atomkraft zu bestreiten (weitere Veranstaltungen vom 18.-21. März 2013, 15.-18. Oktober 2013). Dabei sollen die Auswirkungen auf die Landschaft und deren Bedeutung für den Menschen abgeschätzt und mögliche Konsequenzen für Naturschutz und Landschaftsentwicklung abgeleitet werden. Der Schwerpunkt wird hierbei auf Aspekte gelegt, die in der Diskussion um die Energiewende und deren Relevanz für den Naturschutz bisher eher vernachlässigt wurden.

Daher werden weniger die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf die einzelnen Naturgüter (Boden, Wasser, Klima, Luft, Arten und Lebensräume) thematisiert, sondern vor allem auf die Landschaft als Wahrnehmungs-, Erholungs-, Lebens- und Identifikationsraum des Menschen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Qualitäten einer Landschaft nicht nur aus naturschutzfachlicher Sicht von Bedeutung sind, sondern auch für die Identifikation der Menschen mit ihrer Region sowie, aus ökonomischer Sicht, als wesentliche Grundlage für den Tourismus und als weicher Standortfaktor.

Wie u. a. die Workshopreihe „Landschaften 2030“ (vgl. BfN-Skripten 284, 303, 314) zeigte, ist der forcierte Ausbau regenerativer Energien jedoch nicht der einzige Faktor, der zu tiefgreifenden Veränderungen von Landschaften führt. Darüber hinaus sind ebenso die Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr, die europäische Agrarpolitik mit ihren bestimmenden Wirkungen für die Landwirtschaft oder der Klimawandel mit seinen Folgewirkungen als maßgebliche Triebkräfte des Wandels der Kulturlandschaft zu nennen. In den Workshops

ist daher deren Zusammenwirken mit den verschiedenen Arten der Energieproduktion (z. B. Biomasse, Windkraft, Photovoltaik) sowie der dafür notwendigen Infrastruktureinrichtungen (z. B. Bauwerke, Leitungstrassen) stets mit zu denken und zu berücksichtigen.

Ziel des ersten Workshops vom 18.-21. Juni 2012 war es, einen Überblick über den derzeitigen Stand der Energiewende sowie ihre möglichen Auswirkungen auf die Landschaften in Deutschland zu geben, um diese aus der Sicht des Naturschutzes diskutieren und bewerten zu können.

Den thematischen Einstieg bildete der Vortrag „Energieverbrauch als Lebensstil – wie unser Energiekonsum die Gesellschaft verändert“ (s. ZACHMANN, S. 7) Die Darstellung der geschichtlichen Entwicklung des stetig ansteigenden Energieverbrauchs vom 19. Jahrhundert bis hin zur heutigen Hochenergiegesellschaft sensibilisierte für das heute erreichte und mittlerweile als selbstverständlich angesehene Niveau des alltäglichen Energieverbrauchs.

Der erste Themenblock beschäftigte sich mit den politischen und technologischen Rahmenbedingungen der Energiewende und wurde durch den Vortrag „Die „Energiewende – die Ziele des Energiekonzepts“ (s. NITSCH, S. 27) eingeleitet. Als Mit-Autor der „Langfristszenarien 2012“ und der „Leitstudie 2010“ der Bundesregierung zur Energieversorgung sowie aufgrund seiner langjährigen Erfahrungen konnte Herr Nitsch einen umfassenden Überblick über die politischen Zielsetzungen und die Szenarien-Entwicklungen zur Energiewende auf der Ebene des Bundes geben. Auf Landesebene wurde der Ausbau Erneuerbarer Energien am Beispiel der „Gebietskulisse Windkraft – Umweltplanungshilfe für Kommunen und Regionalplanung in Bayern“ vorgestellt (s. STROH & LAUTENBACHER, S. 38). Der Vortrag „Technologien zur Produktion regenerativer Energie“ (s. REICHMUTH & SCHIFFLER, S. 42) vermittelte einen Überblick über die aktuell zur Verfügung stehenden technologischen Möglichkeiten sowie die daraus resultierenden Potenziale und Standortanforderungen im Rahmen der Energiewende.

Der zweite Block behandelte die Themen Energieeffizienz sowie Energiesuffizienz (vgl. den Beitrag von STENGEL, S. 55) als unverzichtbare Bestandteile der Energiewende und zeigte anhand der „Möglichkeiten der Energieeinsparung in Wirtschaft, Privathaushalten und Verkehr“ (s. REICHMUTH & SCHRÖDER, S. 69) das Spektrum aktueller Einsparmöglichkeiten auf. Die Notwendigkeit der Energieeinsparung für das Erreichen einer nachhaltigen Energiewende aus Sicht eines Natur- und Umweltschutzverbandes (s. BOLLMANN, S. 77) leitete über zum dritten Themenblock des Workshops, der die Auswirkungen der Energiewende auf Natur und Landschaft vertiefte.

Zwar standen mögliche Auswirkungen der Energiewende auf Landschaften in Deutschland im Fokus des Workshops – dennoch wurden, am Beispiel der Bioenergie, auch die globalen Umweltfolgen der durch die deutsche Energiewende ausgelösten Nachfrage nach Erneuerbaren Energien betrachtet (s. LUICK, S. 87).

Die Vorträge zur Energiewende und ihren „Auswirkungen auf Natur und Landschaft aus der Sicht des Bundesamtes für Naturschutz“ (s. AMMERMAN, S. 113) sowie zu „Strategien für eine naturverträgliche Nutzung“ Erneuerbarer Energien (s. W. PETERS, S. 122) waren der Einstieg in die vertiefte naturschutzfachliche Diskussion zu den „Nebenwirkungen“ der Erneuerbaren Energien. Der Inhalt des Vortrages „Neue Netze für die Energiewende“ (s. BECKER, S. 132) bot Informationen zu technischen Detailspekten sowie zum Procedere des geplanten Netzausbaus und lieferte damit ergänzenden Informationen über die zu erwartenden Auswirkungen der Energiewende auf die Landschaft.

Die vergleichende Betrachtung der gegenwärtigen Energiewende und ihres landschaftsverändernden Einflusses mit historischen Landschaftsnutzungen zur Ressourcen- und Energiegewinnung war Gegenstand des Vortrages „Landschaftsveränderungen im Spiegel der Geschichte“ (s. J. PETERS, S. 138). Der historische Blick auf einst gravierende Eingriffe in Natur und Landschaft und ihren Einfluss auf die heutige Kulturlandschaft schärfte den Blick dafür, tiefgreifende substanzielle Landschaftsveränderungen von eher temporären Einflüssen zu unterscheiden und leistete damit einen wichtigen Beitrag zur Versachlichung der Diskussion.

Den Abschluss des Workshops bildete eine Plenumsdiskussion zu den bevorstehenden Landschaftsveränderungen als Folge des Ausbaus erneuerbarer Energien sowie der Frage, wie hiermit in der Praxis umgegangen werden kann. Einige erste Hinweise hierzu lieferten die Ergebnisse der vier Workshop-Arbeitsgruppen zu den Themen: Gestaltung und Ästhetik, Politische Steuerung, Erneuerbare Energien – Nachhaltigkeit und Naturschutz sowie Kommunikation und Beteiligung. Diese, im ersten Workshop nur angeschnittenen Aspekte werden in den beiden folgenden Workshops aufgegriffen und inhaltlich vertieft.

Wir bedanken uns bei allen ReferentInnen und TeilnehmerInnen des Workshops, die durch Vorträge sowie durch ihre rege und engagierte Beteiligung an den Diskussionen und Arbeitsgruppen maßgeblich zum Gelingen der Veranstaltung beigetragen haben.

Bernd Demuth & Stefan Heiland

# **Energieverbrauch als Lebensstil – Wie unser Energiekonsum die Gesellschaft verändert**

Karin Zachmann

## **Vom basalen Metabolismus zum sozial-metabolischen Regime der Hochenergiegesellschaft**

Energie zu verbrauchen ist eine Grundtatsache unseres Lebens. Berechnungen zum energetischen Grundumsatz des Menschen stammen aus der Ernährungswissenschaft, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts den menschlichen Stoffwechsel als Energieumwandlung erklärte und die Kalorie zur zentralen Messgröße für das Ernährungswissen erhob. In Deutschland waren Max Rubner und Carl von Voit die wichtigsten Vertreter des thermodynamischen Ansatzes in den Ernährungswissenschaften.<sup>1</sup> Auf die von Rubner ermittelte Größe des energetischen und stofflichen Grundumsatzes bezieht sich die Umweltgeschichte, die diese Größe als basalen Metabolismus auffasst und zum Ausgangspunkt für die Ableitung sozial-metabolischer Regimes macht. Dieses von Rolf Peter Sieferle entwickelte und in der Umweltsoziologie breit rezipierte Konzept geht von der Prämisse aus, dass, je nachdem wie menschliche Gesellschaften ihren Stoffwechsel mit der Natur organisieren, der Energie- und Stoffverbrauch um einen Faktor  $x$  gegenüber dem basalen Metabolismus gesteigert werden kann.<sup>2</sup> Die zentralen Kriterien zur Abgrenzung eines sozial-metabolischen Regimes ergeben sich nach Sieferle aus dem Energiesystem einer Gesellschaft, d. h. den dominanten Energieträgern und den wichtigsten Technologien der Energieumwandlung. Ausgehend davon unterscheidet Sieferle drei verschiedene sozial-metabolische Regimes, Jäger- und Sammlergesellschaften, in der sich die Menschen in natürliche Solarenergieflüsse einschalten (durch Jagen und Sammeln), ohne diese jedoch zu kontrollieren oder zu modifizieren; Agrargesellschaften, in der die Menschen Technologien (Biotechnologie und mechanische Techniken) entwickelten und nutzen, um die natürlichen Solarenergieflüsse zu kontrollieren und zweckorientiert einzusetzen, und die Industriegesellschaften, in der die Menschen durch den Rückgriff auf die in fossilen Energieträgern gespeicherte Energie und deren Umwandlung in Bewegungsenergie in die Lage geraten, ein Vielfaches der bisher verfügbaren Energie für ihre Aktivitäten fruchtbar zu machen.

Für Sieferle und die Umweltforschung vollzieht sich mit der Entfaltung der Industriegesellschaft der große Bruch, weil mit dem Übergang vom solaren zum fossilen Energiesystem der Pfad der Nachhaltigkeit verlassen wird. Das bis dahin an die Fläche gebundene und damit grundsätzlich nachhaltige Energiesystem kann durch die Mobilisierung der in den fossilen Ressourcen gespeicherten Energie, die hier in viel höherer Dichte als in den erneuerbaren Energieträgern vorliegt, plötzlich Energiemengen in bisher unbekanntem Ausmaß freisetzen. Das erweitert den Handlungsspielraum moderner Gesellschaften ganz grundlegend und setzt eine neue Dynamik der technischen, ökonomischen, sozialen und politischen Entwicklung frei. Der Regimewechsel war radikal in dem Sinne, dass er in den letzten 200 Jahren die ganze Welt erfasste und die Lebensbedingungen aller Menschen grundlegend umgestaltete. Dabei vollzog sich der grundlegende Regimewechsel schrittweise und er erfasste die Regionen und Sektoren zunächst in sehr unterschiedlichem Maße.

Während im 19. Jahrhundert das alte und das neue Regime koexistierten und die Energieträger und Energiekonverter des solaren Systems (Biomasse, Biokonverter und Mühlentechnik) weltweit noch bis ins ausgehende 19. Jahrhundert, aber in vielen Weltregionen und selbst in einigen europäischen Ländern noch bis ins 20. Jahrhunderts dominierten, setzten die Elektrifizierung und der Verbrennungsmotor das fossile Energiesystem fast überall durch.<sup>3</sup> Diese Entwicklung ging mit einem rasanten Anstieg des Energieverbrauchs pro Kopf der Bevölkerung und einer strukturellen Veränderung im Verbrauch nach Sektoren einher. Der Pro-Kopf-Verbrauch an Energie stieg im globalen Maßstab besonders zwischen 1930 und 1970.<sup>4</sup> Und während im ausgehenden 19. Jahrhundert der Energieverbrauch der Industrie dominierte, übernahmen im Laufe des 20. Jahrhunderts das Transportsystem und die privaten Haushalte die Führungsposition im Energieverbrauch. Nach Vaclav Smil ist seit den 1960er Jahren der Privathaushalt in allen Wohlstandsnationen der größte Energieverbraucher.<sup>5</sup> Ein Grund dafür sind ganz zweifelsohne strukturelle Verschiebungen im Energieverbrauch der Industrie in den hochentwickelten Ländern, aus denen viele energieintensive Industriebranchen in die Schwellenländer abgewandert sind und neue, technologieintensive Branchen wie die Informations- und Kommunikationstechnologien weniger Energie verbrauchen. Ein weiterer Grund dafür sind aber auch Veränderungen in unserer Lebensweise, die wiederum Ergebnis grundlegender gesellschaftlicher Veränderungen sind. Diese Veränderungen werden wir im Folgenden näher durchleuchten, um ausgehend davon besser beurteilen zu können, welche Anstrengungen mit der Energiewende verbunden sind.

## **Die Energiewende des 19. Jahrhunderts**

Geschichte wiederholt sich nicht. Gleichwohl finden sich in der Vergangenheit Problemkonstellationen, die heutigen Problemlagen auf den ersten Blick sehr ähnlich sind. Deren Analyse kann zwar keine Rezepte für die Lösung heutiger Probleme, wohl aber ein Bewusstsein dafür vermitteln, wie weitreichend Entscheidungen sind, die wir in solchen in der Regel durch ein hohes Maß an Nichtwissen geprägten Situationen treffen. Der Energiewende des 19. Jahrhunderts, d. h. dem Übergang vom solaren zum fossilen Energiesystem, ging die sog. „Holzkrise“ des 18. Jahrhunderts voraus. Diese „Krise“ artikulierte sich in einem breiten öffentlichen Diskurs über den Holzangel.<sup>6</sup> Holzangel war in der vorindustriellen Gesellschaft aber kein allgemeines, sondern eher ein regionales und Transportproblem. Die Angst vor dem Holzangel wurde im 18. Jahrhundert vor allem durch Preissteigerungen geschürt.<sup>7</sup> Da das Holz als Bauholz (Schiff- und Hausbau) im Zusammenhang mit dem Aufschwung des Welthandels im 17. Jahrhundert zu einer wichtigen Handelsware wurde, stiegen die Holzpreise. Im Laufe des 18. Jahrhunderts erschien eine Flut von Holzsparschriften, die den Verbrauchern Holzverschwendung vorwarfen und Vorschläge zu ihrer Überwindung unterbreiteten. Drei Wege zur Bekämpfung der antizipierten Ressourcen- und Energiekrise kristallisierten sich heraus. Empfohlen wurden technische Innovationen für die Senkung des Holzverbrauchs (z. B. Holzsparöfen).<sup>8</sup> Viele Territorialstaaten beförderten den Aufbau einer rationalen Forstwirtschaft.<sup>9</sup> Und per Dekret versuchten einige Fürsten die Substitution des Holzes als Brennstoff durch Kohle durchzusetzen. So ordnete z. B. Friedrich II. in Preußen 1754 an, Kasernen mit Kohle zu beheizen.<sup>10</sup> Mithin haben wir hier drei Maßnahmenbündel, die auch für die gegenwärtige Energiewende wieder eine zentrale Rolle spielen: Erhöhung der Energieeffizienz (Holzspartechnik), forcierter Ausbau erneuerbarer Ressourcen durch Akkumulation neuen Wissens und Einsatz von Biotechnologien (Forstwirtschaft und Forstwissenschaft) und Ressourcensubstitution, d. h. die Umstellung auf Kohle als neuem, aber – im

Unterschied zu heute - nicht erneuerbarem Energieträger und Grundstoff. Diese Umstellung sollte sich als die entscheidende Weichenstellung erweisen, denn sie führte erstens auf den Wachstumspfad (Übergang vom traditionellen hin zum modernen Wirtschaftswachstum), der zweitens aber das Prinzip der Nachhaltigkeit, das alle vorangegangenen sozial-metabolischen Regime geprägt hatte, aufgab.

Die Ablösung von Holz durch Kohle war voraussetzungsvoll, denn sie erforderte technische Innovationen in mehreren Bereichen. Notwendig waren erstens neue Verbrennungstechnologien, die das Brenngut vom Brennstoff trennten und den Rauch abführten. Zweitens ermöglichte erst der Einsatz neuer Energiekonverter die volle Ausnutzung des in der höheren Energiedichte der Kohle gegenüber dem Holz gegebenen energetischen Potentials. Drittens war die Überwindung des vorindustriellen Transportengpasses zentral. Der Aufstieg der Kohle zum wichtigsten Primärenergieträger war untrennbar mit der Entwicklung des Eisenbahnsystems verknüpft. Das zeigt uns, dass die Überwindung der Grenzen des vorindustriellen Energiesystems an die Entwicklung von Übertragungsnetzen gebunden war, die zunächst Kohle über die Eisenbahn und später elektrischen Strom über Fernübertragungs- und Verteilungsnetze an den Ort ihrer Anwendung transportierten, was im Slogan „Kohle über Draht“ seit den 1920er Jahren versinnbildlicht wurde.<sup>11</sup>

Voraussetzung sowohl für die Entwicklung des Eisenbahnsystems als auch für die Potenzierung des gewerblichen Energieeinsatzes war die technische Nutzbarmachung der Thermodynamik durch die Erfindung der Dampfmaschine. Sie war konzeptionell die radikalste Erfindung, die je gemacht wurde. Hier wurde die naturwissenschaftliche Erkenntnis, dass die Erde von einer Atmosphäre umgeben sei, technisch umgesetzt in der Idee, Unterschiede im Luftdruck zur Umwandlung von Wärme in kinetische Energie zu nutzen.<sup>12</sup>

Parallel zur Ausbreitung der Dampfkraft aber erfolgte eine Verbesserung und vermehrter Einsatz traditioneller Antriebskräfte. Das ist eine typische Erscheinung in der Technikgeschichte. Das Aufkommen neuer Technologien führt häufig zu einem Innovationsschub in der traditionellen Technik.<sup>13</sup> Die Anwendung von Erkenntnissen der Hydromechanik und der Einsatz von Metall statt Holz für Windmühlen und Wasserräder führten dazu, dass Wind- und Wasserkraft am Beginn der industriellen Transformation einen enormen Aufschwung erlebten.<sup>14</sup> Neben der Verbesserung der traditionellen Antriebstechnik entwickelten sich hybride Formen, in denen die neue, auf fossilen Energieträgern beruhende Technik die Unzuverlässigkeit der Wasser- oder Windkräfte kompensierte. So wurden Dampfmaschinen zum Pumpen von Wasser verwendet, damit Wasserräder gleichmäßiger liefen.<sup>15</sup> Der Übergang zum fossilen Energiesystem war also kein sprunghafter Prozess, sondern vollzog sich allmählich. Das zeigt sich auch, wenn wir den Einsatz von Fossilien und Biomasse als Primärenergieträger vergleichen.<sup>16</sup> In südeuropäischen Ländern blieb Biomasse (als Holz, Futter und Nahrung) bis zum Beginn des 20. Jahrhundert der mit Abstand wichtigste Energieträger.<sup>17</sup>

Wenn auch die Kohle, abgesehen von England, erneuerbare Energieträger erst allmählich zurückdrängte, so setzte sie sich im Laufe des 19. Jahrhunderts doch in immer mehr Anwendungsbereichen als Energieträger und als Grundstoff durch. Kohle avancierte zur wichtigsten Primärenergie der Industrie und des Transportsystems. Für die deutsche Chemieindustrie wurde die Kohle oder richtiger Steinkohlenteer als Abfallprodukt aus der Steinkohlenverkokung zum Grundstoff für die ihren Weltruhm begründenden Teerfarbstoffe.<sup>18</sup> In die

Privathaushalte kam die Kohle als Heizmaterial. Kohlefeuerung setzte sich in England schon im 17. Jahrhundert, in Deutschland und den USA im Laufe des 19. Jahrhunderts durch, wobei hier anders als in England, Öfen die offenen Feuerstellen ablösten.<sup>19</sup> Und seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert kam das Leuchtgas, das im städtischen Gaswerk auf Steinkohlenbasis hergestellt wurde, auch in die Wohnungen. Die schon seit der Jahrhundertmitte errichteten Gaswerke versorgten zuerst den öffentlichen Raum mit Licht. In Köln hatten noch 1911 erst 31 Prozent der Haushalte einen Gasanschluss. In Berlin waren es 1910 rund 40 Prozent. Eine Ausnahme bildete Bremen, wo 1912 bereits 83 Prozent aller Haushalte an die Gasversorgung angeschlossen waren.<sup>20</sup>

Die Zeitgenossen reagierten auf die zunehmende Abhängigkeit von fossilen Ressourcen sehr unterschiedlich. Während den einen die plötzliche Verfügbarkeit über große Mengen an Energie aus Kohle als ein Indikator für den Fortschritt galt<sup>21</sup>, evozierte das bei anderen bereits im 19. Jahrhundert Zukunftsängste. Der als Mitbegründer der Grenznutzenschule sehr bekannte britische Ökonom William Stanley Jevons (1835-1882), der in der gegenwärtigen Diskussion noch mehr durch seine Überlegungen zum Rebound-Effekt präsent ist, hat sich 1865 in einer Schrift zur Kohlefrage mit dem Problem des Versiegens der Kohlevorräte beschäftigt.<sup>22</sup> Er nahm ein exponentielles Wachsen des Kohleverbrauchs an und prognostizierte auf dieser Grundlage, dass die britischen Kohlevorräte in 110 Jahren erschöpft seien. Dem durch Energieeinsparungen entgegenzusteuern, sah er als erfolgversprechend nur für private Haushalte an. Hingegen würde mehr Energieeffizienz in der Industrie zu sinkenden Produktionskosten und dadurch zu fallenden Preisen führen, was die Nachfrage steigern und dadurch die Produktion ankurbeln würde, die letztendlich mehr Energie trotz größerer Energieeffizienz verbraucht. Jevons schlussfolgerte, dass auf Grund der begrenzten Kohlevorräte der industrielle Niedergang Englands unausweichlich sei, so dass man eigentlich nur zwei Optionen habe, entweder auf kurzfristige Größe oder eine länger andauernde Mittelmäßigkeit zu setzen. Er präferierte die kurzfristige Größe, weil er ja nicht damit rechnen musste, den Absturz noch mit zu erleben.

Ein anderes Krisenszenario leiteten vor allem bürgerliche Intellektuelle, Physiker, Physiologen und Ingenieure aus dem Entropiegesetz ab. Den 1867 von Clausius entdeckten zweiten Hauptsatz der Thermodynamik interpretierten sie um die Jahrhundertwende als „Prinzip der irreversiblen Umwandlung aller Energieformen in Wärme und damit als Naturgesetz, das den sukzessiven Niedergang des Universums festschrieb.“<sup>23</sup> Diese pessimistische Perspektive auf den Zusammenhang von Energie und Gesellschaft war Teil des Krisenempfindens im Fin de siècle, das allerdings von der sich zeitgleich entfaltenden, aber eine deutlich größere Resonanz erzielenden Euphorie über die Elektrifizierung überstrahlt wurde.

## **Die Elektrifizierung als Übergang zur Zentralisierung der Energieerzeugung und zum energieintensiven Lebensstil**

Die Bereitstellung von Energie in Form von elektrischem Strom erweiterte nach den entsprechenden Investitionen in Erzeugungs-, Übertragungs- und Verbrauchsanlagen die Verfügbarkeit über Energie enorm. An das Netz angeschlossene Verbraucher konnten jetzt zu jeder Zeit per Schalterbetätigung über eine Form von Energie verfügen, die vielfältigste Anwendungsmöglichkeiten bot. Die neue Energietechnik fand zunächst in der Lichterzeugung ihr wichtigstes Anwendungsfeld. Die ersten elektrischen Beleuchtungsanlagen waren Bogenlampen, bei denen ein Stromfluss zwischen zwei Kohleelektroden durch Ionisierung der Luft

zustande kam.<sup>24</sup> Das sehr helle Licht wurde für Leuchttürme, Baustellenbeleuchtungen, öffentliche Plätze, Festbeleuchtungen oder sogar Gefechtsfeldbeleuchtung (im Krimkrieg) eingesetzt. Für Innenräume waren Bogenlampen auf Grund der großen Helligkeit nicht geeignet. Zudem waren ihre Kosten sehr hoch, da die Lampen direkt aus Batterien oder Generatoren mit Energie versorgt wurden und es zunächst nicht möglich war, mehr als eine Bogenlampe in einen Stromkreis zu schalten. Damit waren die elektrischen Bogenlampen nicht mit der Gasbeleuchtung konkurrenzfähig, die in den Städten seit den 1820er Jahren zum Einsatz kam. Der amerikanische Erfinderunternehmer Thomas Alva Edison (1847-1931) stellte sich die Aufgabe, ein Beleuchtungssystem zu entwickeln, das für Innenräume geeignet und kostengünstiger als das Gaslicht war.<sup>25</sup> Er richtete in Menlo Park bei New York ein großes Entwicklungslabor ein, in dem Fachleute verschiedener Provenienz zusammenarbeiteten. 1881 kam Edison mit einem technischen Beleuchtungssystem auf den Markt, das nicht nur Glühlampen, sondern auch die Kraftstation mit den Generatoren für die Stromerzeugung, Kabel und Leitungen für die Stromverteilung und sämtliches Zubehör von Steckdosen über Sicherungen bis zu Elektrizitätszählern umfasste. Noch 1881 baute er die erste kommerzielle Kraftstation in Manhattan. Für Deutschland erwarb der Maschinenbauingenieur Emil Rathenau 1883 die Edison-Patente, die er in die Deutsche Edison-Gesellschaft einbrachte. Daraus wurde 1887 die AEG. Rathenau baute 1885 auf der Markgrafenstrasse in Berlin die erste Blockstation.<sup>26</sup>

Die ersten Elektrizitätssysteme waren klein und umfassten anfangs nur einige Straßenzüge. Ihre Erweiterung kam mit der Entwicklung neuer Anwendungsmöglichkeiten für elektrischen Strom und der Verbesserung seiner Übertragungsfähigkeit. Seit den 1890er Jahren begann die Elektrifizierung der Straßenbahnen und damit der Aufbau städtischer Energieversorgungsnetze mit Zentralstationen.<sup>27</sup>

Nach der Jahrhundertwende kam die Industrie als neuer Stromkunde hinzu. Voraussetzung dafür war die Entwicklung gebrauchstüchtiger Drehstrommotoren, die für den Einzelantrieb geeignet waren. Die Elektrizitätswirtschaft trieb die Motorisierung der Industrie kämpferisch voran, indem sie Elektromotoren vermieteten und Gasmotoren und Dampfmaschinen in Zahlung nahmen.<sup>28</sup> Die Gewinnung von Stromkunden aus unterschiedlichen Bereichen mit unterschiedlichem Strombedarf zu verschiedenen Tageszeiten erwies sich für die Stromerzeuger als eine grundlegende Strategie, um die Tageslastkurve auszugleichen und damit die Rentabilität der Unternehmen zu verbessern. Dabei entdeckten die Energieversorger die privaten Haushalte als einen wichtigen Kundenkreis. Als der bayerische Elektrifizierungspionier Oskar von Miller 1903 das Deutsche Museum in München gründete, trug er Sorge dafür, dass die Haushaltstechnik mit zu den ersten Ausstellungen gehörte, die in den Museumsneubau auf der Museumsinsel 1925 einzogen.<sup>29</sup>

Auf dem Lande waren Mühlen- und Sägewerksbesitzer die Pioniere der Elektrifizierung. Als ihre Wind- oder Wassermühlen durch die konkurrierenden Dampfmühlen nicht mehr ausgelastet waren, verschafften sie sich über die Stromerzeugung eine Nebeneinnahme. Kleinverbraucher auf dem Lande schlossen sich zu Elektrizitätsgenossenschaften zusammen und betrieben eigene kleine Kraftwerke oder bezogen Strom von anderen Kraftwerken, den sie weiterverkauften.<sup>30</sup> Die kleinen, dezentralen Stromerzeuger wurden jedoch sukzessive von den Großunternehmen der Elektrizitätswirtschaft verdrängt, die über den Bau von Großkraftwerken und Verbundsystemen die Zentralisierung der Stromversorgung vorantrieben. In den 1920er Jahren entstanden einzelstaatliche Energieversorgungsunternehmen wie das

Badenwerk, das Bayernwerk und Preussenelektra. Und auch das Reich betätigte sich mit eigenen Elektrowerken als Unternehmer. Das verschärfte die Konkurrenz auf dem Strommarkt, die von der Öffentlichkeit als „Elektrokrieg“ wahrgenommen wurde.<sup>31</sup> Die Großunternehmen reagierten darauf einerseits mit dem Versuch einer Marktberreinigung durch Demarkationsverträge und die Ausschaltung der Kommunalbetriebe. Andererseits versuchten sie neue Stromkunden in drei Schwerpunktereichen zu gewinnen, in den Privathaushalten, in der Landwirtschaft und bei der Bahn.<sup>32</sup>

Das Energie-Wirtschafts-Gesetz von 1935 kodifizierte die Dominanz der Großkraftwerke und bekräftigte damit die Weichenstellung zugunsten einer zentralisierten Energiewirtschaft.<sup>33</sup> Das war nicht unumstritten, zumal Kritiker immer wieder hervorgehoben hatten, dass es teurer war, Strom über große Entfernungen zu transportieren, als die entsprechende Menge Kohle zum Verbraucher zu bringen.<sup>34</sup> Das Gesetz von 1935 war eine politische Entscheidung, mit der die regionalen und teils staatlichen Energieversorgungsunternehmen wie Preussen-Elektra oder RWE nach der Erfahrung mit dramatischen Überkapazitäten infolge der Weltwirtschaftskrise darauf abzielten, die Konkurrenz der Stadtwerke auszuschalten.<sup>35</sup> Gleichwohl hatte es in der Anfangsphase des nationalsozialistischen Systems, als die Überwindung der Massenarbeitslosigkeit im Zentrum der nationalsozialistischen Politik und Propaganda stand, auch andere Pläne gegeben. Zwei prominente NS-Ingenieure, der Bauingenieur Gottfried Feder und der Elektroingenieur und Turbinenbauer Franz Lawaczek propagierten Reagrarisierung, Dezentralisierung und die aggressive Eroberung von Lebensraum im Osten als Hauptwege aus der Massenarbeitslosigkeit.<sup>36</sup> Lawaczek veröffentlichte 1932 unter dem Titel „Technik und Wirtschaft im Dritten Reich. Ein Arbeitsbeschaffungsprogramm“ eine antitechnische Vision des NS-Staates. Eckpunkte dieser konservativen Utopie waren Reagrarisierung, Neubesiedlung eroberten Lebensraumes und die Dezentralisierung und Dekomposition der Großindustrie zugunsten einer mittelständischen „Handwerkswirtschaft“. Die sollte auf einer dezentralisierten, auf Kleinkraftwerken basierenden Energiewirtschaft beruhen. In seinem 1936 erschienenen Buch „Elektrowirtschaft“ polemisierte Lawaczek scharf gegen Großkraftwerke und Verbundsystem, die er als unwirtschaftlich, marktfeindlich, undemokratisch und verbrauchssteigernd kritisierte. Lawaczek verurteilte die unter Effizienzgesichtspunkten unsinnigen Anwendungen der Elektrizität in der Wärmewirtschaft, bei Pumpspeicherwerken und bei der Elektrifizierung der Bahn. Aber weder seine, noch die Einwände anderer Zentralisierungsgegner konnten sich durchsetzen.<sup>37</sup>

Parallel zur Zentralisierung und Konzentration der Energiewirtschaft durch Großkraftwerke und Verbundsystem trieben die Energieversorgungsunternehmen die Elektrifizierung kräftig voran. Zur Elektrifizierung der Privathaushalte, die wir hier ausführlicher betrachten wollen, entwickelten die Versorger eine Reihe neuer Marketing- und Absatzstrategien, um konkurrierende Energieformen (Kohle, Holz und Gas) zu verdrängen und gänzlich neue Anwendungen über die Entwicklung und Vermarktung neuer, stromverbrauchender Geräte einzuführen. Dazu gehörten elektrische Rasierapparate, Haartrockner, Massagegeräte, Heißluftduschen, Staubsauger, Bohnerapparate, Waschmaschine, Bügeleisen, Brotschneidemaschine, Eierkocher, Mixer, Küchenmaschine, Zigarettenanzünder, Fußwärmer, Wärmekissen, Kühlschränke etc.<sup>38</sup> Das größte Interesse hatten die Energieversorger an der energiewirtschaftlich am wenigsten sinnvollen Anwendung, der Elektrowärme. Von Elektroherden, Warmwasserbereitern und Elektroheizungen versprachen sich die Energieversorger nicht nur einen höheren Strombedarf, sondern vor allem eine bessere Kraftwerksauslastung, wenn es ge-

lang, mit diesen Geräten den Stromabsatz in den Tälern der Tageslastkurven anzuheben. Das war beim Elektroherd am ehesten einsichtig, da seine Nutzung in das Mittagstal der Lastkurve fiel und demgemäß standen Elektroherde frühzeitig im Zentrum der Absatzpolitik. Von Musterküchen, Vorführzentren, Kochkursen, Kochbüchern für das elektrische Kochen, aber auch Anreizsystemen zum Austausch von Kohle- und Gasherden bis hin zu kostenlosen Probeherden, der Vermietung oder dem Teilzahlungsgeschäft reichten die Angebote der Elektroindustrie, um die Privathaushalte zum elektrischen Kochen zu bewegen.<sup>39</sup> Warmwasserbereiter und elektrische Heizungen waren als Stromabnehmer für die Hersteller interessant, wenn es gelang, sie mit Nachtstrom zu betreiben, so dass sie zwar ihre Dienstleistung, Wärme bzw. warmes Wasser durchaus zu Spitzenlastzeiten lieferten, aber mit Strom, der in Zeiten niedriger Netzauslastung produziert worden war.<sup>40</sup> Damit sollten die Privathaushalte als Stromspeicher in die Produktionsstrategien der Stromerzeuger integriert werden, wofür die Geräte entsprechend manipuliert wurden. Sie verfügten über einen Zeitschalter und es war nicht möglich, sie am Tage in Betrieb zu nehmen. Für die Inanspruchnahme der Haushalte als Stromspeicher konnten die Energieversorger auf die Zusammenarbeit mit den Architekten des Neuen Bauens setzen, die Elektrizität mit Modernisierung gleichsetzten und voll elektrifizierte Neubausiedlungen ohne Gasanschluss bauten. In der berühmten Siedlung Römerstadt in Frankfurt/M., für die Magarete Schütte-Lihotzky die Frankfurter Küche entworfen hatte, wurden 1180 Wohnungen mit elektrischen Herden (5,5 kW) und Heißwasserspeichern sowie mit elektrischen Bügeleisen, Kühlschränken und gemeinschaftlich nutzbaren Waschmaschinen ausgestattet.<sup>41</sup> In Berlin-Siemensstadt erhielten 90 Wohnungen Elektroherde. In Berlin-Oberschöneweide wurden alle Küchen und Bäder in einem Wohnblock mit 2,5 Zimmer-Wohnungen mit Elektrowärme versorgt.<sup>42</sup>

Aber die Absatzstrategien der Elektroindustrie und die Modernisierungspolitik der Architekten des Neuen Bauens wurden von den potentiellen Stromkunden und Mietern nicht widerspruchslos angenommen. Das lag zum einen an den höheren Kosten für eine Dienstleistung – Bereitstellung von Wärme zum Kochen, Waschen und Heizen – die bisher deutlich billiger verfügbar war. Zum anderen protestierten die Nutzer gegen die in die Geräte eingeschriebenen Benutzungsweisen, die gegen eingeübte Alltagsroutinen verstießen. Ein prägnantes Beispiel für den anfänglichen Widerstand der Nutzer gegen den vollelektrifizierten Haushalt bieten die Proteste der Mieter in der Frankfurter Römerstadt. Sie gründeten die Interessengemeinschaft Römerstadt, die bald 600 Mitglieder zählte und die Stadtverwaltung beschuldigte, mit der Vollelektrifizierung eine Fehlentscheidung getroffen zu haben, die korrigiert werden müsse. Sie klagten, dass es 45 min. dauere, um 3 Liter Wasser zu erwärmen, weil die Platten sich zu langsam aufheizten, dann aber lange nutzlos Wärme abstrahlten. Sie könnten morgens keinen heißen Kaffee vor dem Verlassen des Hauses mehr trinken. Manche gaben das Kochen ganz auf, andere kochten auf einem mobilen Campingkocher.<sup>43</sup> Ein Drittel der Mieter tauschte den Elektroherd auf eigene Kosten gegen einen Kohleherd um.<sup>44</sup> Ähnliche Protestaktionen gab es auch in der zweiten Siedlung des Neuen Bauens in Frankfurt-Praunheim. Hier unterzeichneten die Mieter eine Protestresolution mit dem Titel „Not-schrei der Gas-, Wasser- und Stromverbraucher“. Proteste gegen die Elektrifizierung sind auch aus den USA überliefert, wo Farmer sich z. T. mit gewalttätigen Mitteln gegen den Anschluss an das Stromnetz wehrten, weil sie nicht von einer Großtechnik abhängig werden wollten, über die sie keine Kontrolle mehr hatten.<sup>45</sup> Die Frankfurter Architekten und die Energieversorger reagierten auf die Proteste mit umfangreichen Bildungskampagnen, um die Mieter zur richtigen Handhabung elektrischer Geräte und Nutzung ihrer Wohnungen zu er-

ziehen. Auf die Argumente der Nutzer gingen weder die Energieversorger, noch die Architekten ein.

Ein anderes Beispiel dafür, dass sich die von den Energieversorgern in die neuen Geräte eingeschriebenen Verbrauchssteigerungen von Strom nicht automatisch realisieren ließen, sind die Heißwasserspeicher, die die Bewag als Geräte zur Nachtstromnutzung an die Haushalte vermietete. Die Bewag erwartete, dass die Mieter die Heißwasserbereitung täglich nutzten. Aber die Nutzer schalteten die Geräte während der Woche aus und verwendeten sie nur für den traditionellen Badetag am Wochenende, wenn die ganze Familie nacheinander in dem warmen Wasser einer Boilerfüllung badete. Ähnlich subversiv nutzen die Mieter anfangs auch die Badezimmer da, wo sie vor dem Zweiten Weltkrieg schon verfügbar waren. Nicht selten dienten sie als Abstellkammern und das wöchentliche Bad fand in der Küche statt.<sup>46</sup> Die Beispiele zeigen, dass es anfangs weniger die Konsumenten als vielmehr die Energieversorger, Gerätehersteller, Architekten und Stadtverwaltungen waren, die den Stromabsatz und damit den Übergang in die Hochenergiegesellschaft zu forcieren suchten.

Infolge der Auswirkungen der Weltwirtschaftskrise 1929-1933, in der der Stromabsatz vor allem durch den massiven Produktionsrückgang der Industrie dramatisch sank, wurde der Privathaushalt als Markt für die Elektrizitätswirtschaft noch wichtiger. Jetzt ging es nicht mehr um den Ausgleich von Tageslastkurven, sondern darum, überhaupt Strom abzusetzen. Die Energieversorger weiteten die Vermietung von Geräten und Zubehör (z. B. Töpfe und Pfannen für Elektroherde) aus, setzten die hohen Verbrauch fördernde Tarifpolitik mit Mengenrabatten fort und beseitigten gleichzeitig die bisher in die Geräte eingebauten Blockaden zur Stromabnahme zu Spitzenlastzeiten.<sup>47</sup> Gleichzeitig kam der Elektrizitätswirtschaft der NS-Staat zur Hilfe, der mit dem Projekt des Volkskühlschranks ein Gerät propagierte, dass nicht nur das Verderben von Nahrungsmitteln (Kampf dem Verderb in der nationalsozialistischen Erzeugungsschlacht zur Erlangung der Nahrungsfreiheit) verhindern, sondern maßgeblich auch den Stromabsatz an die Haushalte verbessern sollte.<sup>48</sup> Wenn auch der von der Firma Bosch produzierte Volkskühlschrank im Vergleich zu einem anderen, berühmteren „Volksprodukt“ - dem Volksempfänger - noch keinen Massenabsatz fand, so gehörte er doch zu jener Gruppe energieverbrauchender Geräte, die neue Bedürfnisse weckten und damit den Beginn des Übergangs in die Massenkonsum- und Hochenergiegesellschaft in den 1950er Jahren vorbereiteten.<sup>49</sup> Ein anderes – im reinsten Wortsinn – Vehikel der Hochenergiegesellschaft, dessen massenhafte Einführung und Nutzung die Nationalsozialisten vorbereiteten, wenn auch nicht durchsetzten, war das Automobil.<sup>50</sup> Mit dem Autobahnbau, dem Ausbau der Treibstoffversorgung (Leunabenzin), der steuerlichen Förderung des Autokaufs, der Abschaffung der Geschwindigkeitsbegrenzung (1933-1938), der Förderung der Fahrerschulung durch die NSdAP und last but not least dem Volkswagenprogramm realisierten die Nationalsozialisten ein ganzes Bündel von Maßnahmen, mit dem sie die effektive Massenmotorisierung zwar noch nicht wirklich vorantreiben konnten, aber die Autobeachtung als kollektiven Traum für die Herstellung der „Volksgemeinschaft“ mobilisierten. Insbesondere der Autobahnbau und die Errichtung des Volkswagenwerkes, das zunächst allerdings Waffen und keine Autos produzierte, so dass die Volkswagensparer für ihr Geld kein eigenes Auto, sondern Flugbomben und Panzer für die Wehrmacht bekamen, bereiteten den Übergang in die massenmobile, energieintensive Überflusgesellschaft vor.

Die Zeit zwischen den beiden Weltkriegen des 20. Jahrhunderts war also eine wichtige Inkubationszeit für die Entfaltung des ressourcen- und energieintensiven Lebensstils der Mas-

senkonsumgesellschaft. In dieser Phase traf eine Koalition aus Politikern, der Energiewirtschaft (Versorger und Gerätehersteller), der Bauwirtschaft, dem Verkehrswesen und der Ernährungswirtschaft grundlegende Entscheidungen, die den Übergang in die ressourcen- und energieintensive Überflussgesellschaft sowohl materiell als auch mental vorbereiteten. Vollzogen wurde der Übergang in die nächste Phase der Hochenergiegesellschaft seit den 1950er Jahren.

## **Das Energieregime der Massenkongsumgesellschaft – ein Produkt von Wiederaufbau und Kaltem Krieg**

Die 1950er Jahre sind eine Phase in der deutschen und europäischen Geschichte, in der eine Mehrheit der Bevölkerung am einsetzenden rapiden Wirtschaftswachstum partizipierte. Mehr Menschen als je zuvor erlangten Zugang zu materiellen Gütern. Auf diese Weise konnten sie an der Umgestaltung der Grundbedingungen des Alltagslebens teilhaben, die das Leben in der eigenen und allmählich immer größeren Wohnung mit mehreren beheizbaren Zimmern, dem Einkauf im Selbstbedienungsladen, der Aufbewahrung von Lebensmitteln im eigenen Kühlschrank, der Gewöhnung an das tägliche Duschen, das Fahren mit dem eigenen Auto und Urlaubsreisen ins In- und Ausland usw. usf. umfassten. In dem Maße, wie der Massenkonsum von immer mehr materiellen Ressourcen und Gütern eine Reihe profaner Praktiken des Alltagslebens veränderte, sicherte er nicht nur ein hohes Wirtschaftswachstum, sondern er trug auch zu dem Phänomen bei, dass Christian Pfister das 1950er Jahre Syndrom nannte.<sup>51</sup> Damit bezeichnete er einen bislang einmaligen Wachstumsschub von Energie- und Flächenverbrauch und die damit einhergehende Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzung. Was aber löste jenen Wachstumsschub aus, der keinesfalls auf die 1950er Jahre beschränkt blieb, aber im ersten Dezennium nach dem Zweiten Weltkrieg seinen Anfang nahm? Warum begannen die Menschen jetzt Güter und Praktiken zu lieben, die ihnen in der Zwischenkriegszeit noch egal waren oder die sie sogar abgelehnt hatten? Warum wurde elektrische Energie in den 1950er Jahren so viel eher von den Privathaushalten akzeptiert, so dass ein hoher Energiekonsum in der allgemeinen Wahrnehmung zu einem Indikator des Fortschritts wurde? Und warum wurden Badezimmer zu einem einmütig erwünschten sanitären Standard in jeder Neubauwohnung und bald auch in Altbauten? Wer also waren die Protagonisten der technischen Aufrüstung der immer mehr Energie verbrauchenden privaten Haushalte? Ich werde im Folgenden zwei Akteursgruppen vorstellen, die den Übergang zum energieintensiven Privathaushalt in Deutschland maßgeblich förderten. Eine erste ist die amerikanische Besatzungsmacht mit ihren Verbündeten, die den Übergang vom europäischen bürgerlichen Konsummuster zum amerikanischen fordistischen Konsumregime forcierten. Letzteres materialisierte sich in einem Gesellschaftsvertrag, der Bürger als Konsumenten ansprach, die mit ihrer Konsumkapazität ein hohes Wirtschaftswachstum und damit politische Stabilität garantierten. Ein zweiter Akteur war die bundesdeutsche Regierung und besonders ihr Wirtschaftsminister und späterer Kanzler Ludwig Erhard. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern entwarf und koordinierte er Programme und traf Entscheidungen, um das Konzept des amerikanischen Konsumregimes zu übernehmen und in Form der sozialen Marktwirtschaft auf deutsche Bedingungen anzupassen.

## **Küchendebatten in Berlin? Die energieintensive High-Tech-Küche im Fokus des Kulturaustausches im Kalten Krieg**

Am 20. September 1952 berichtete der Berliner Tagespiegel unter der Überschrift „Fünf Stunden täglich Ehemann – ‚Idealwohnung‘ im George C. Marshall-Haus“ über den amerikanischen Beitrag zur Berliner Industrieausstellung. Mittelpunkt der amerikanischen Präsentation unter dem Titel „Wir bauen ein besseres Leben“ war ein amerikanisches Vorstadthaus, das im Maßstab eins zu eins mit seinen zwei Schlafzimmern, einem Wohn- und Esszimmer, dem Bad, der Küche, einem Wasch- und Hobbyraum, sowie Kinderzimmer und Vorgarten im George Marshall-Haus aufgebaut worden war. Anstelle eines Daches hatte das Haus eine umlaufende Galerie, die den Besuchern der Ausstellung ermöglichte, die Einrichtung des Hauses aus der Vogelperspektive zu betrachten. Im Haus führten Schauspieler das Leben einer vierköpfigen amerikanischen Durchschnittsfamilie auf. Ein weiß gekleideter Erzähler saß in einem Beobachtungskorb wie ein Vogel im Nest auf dem fehlenden Dach des Hauses und erläuterte den Besuchern die Interaktionen der Modellfamilie mit ihren Geräten.<sup>52</sup> Den Reporter des Tagesspiegels amüsierte nicht nur das geschauspielerte Familienleben, sondern ihn begeisterte vor allem die hoch technisierte Küche. „Das Beste aber ist in den Augen der weiblichen und männlichen Betrachter auf der Galerie und übrigens auch der beiden erwachsenen Schauspieler die Küche. Mit Elektroherd und Kühlschrank, dem Mixer und all den blanken Geräten, die in Deutschland immer noch mehr Hausfrauen ersehnen als kaufen können, ist sie ein weißes Paradies der Frauen und aller Männer mit einer Neigung zur Mechanik.“<sup>53</sup>

Die technisch hochgerüstete Küche stand hier im Zentrum der Vision von einer erstrebenswerten Zukunft, die mit Hilfe der amerikanischen Marshallplanhilfe in greifbare Nähe zu rücken schien. Das war jedenfalls die Intention der Ausstellungsmacher, der US-amerikanischen Hohen Kommission für Deutschland und des Amtes für gemeinsame Sicherheit, die „Wir bauen ein besseres Leben“ zuerst für die Frontstadt des Kalten Krieges Berlin konzipierten, um Besucher auch aus dem östlichen Teil der Stadt und dem Umland anzuziehen. Erst danach wanderte diese Ausstellung nach Stuttgart, Hannover, Paris und Mailand und in der zweiten Hälfte der 1950er Jahre tourten amerikanische Traumhäuser, Supermärkte und Wunderküchen dann auch durch Städte, die sich auf der östlichen Seite des Eisernen Vorhanges befanden.<sup>54</sup> Ihren Höhepunkt fand die amerikanische Ausstellungsdiplomatie in Moskau, wo im Juli des Jahres 1959 auf Grundlage eines 1958 vereinbarten Kulturabkommens, im Anschluss an eine sowjetische Nationalausstellung in New York eine amerikanische Nationalausstellung im Moskauer Sokolnikipark stattfand. Es war hier, wo sich der damalige sowjetische Partei- und Staatschef Chruschtschow und der amerikanische Vizepräsident Nixon in der berühmten „Küchendebatte“ einen diplomatischen Schlagabtausch lieferten, der unmissverständlich klar machte, dass die Küche zu einer der Hauptbühnen des Kalten Krieges geworden war. Die technisch hochgerüstete Küche des Fertigteilhauses amerikanischer Vorstadtsiedlungen symbolisierte in ihrer klaren und unmissverständlichen Sprache die Grundpfeiler des nationalen amerikanischen Selbstverständnisses und Sendungsbewusstseins: Freiheit und Demokratie. Freiheit bedeutete hier die Befreiung der Hausfrau von den Anstrengungen der Hausarbeit. Demokratie symbolisierte die Küche als Möglichkeit zur Auswahl von technischen Geräten aus einem breit gefächerten und überreichen Sortiment.<sup>55</sup>

War Moskau der Höhepunkt, so bildete Berlin einen ersten Schwerpunkt der amerikanischen Ausstellungsdiplomatie im Kalten Krieg. Ging es in Moskau um die Demonstration amerika-

nischer Überlegenheit im Wettstreit der beiden Supermächte, so war die amerikanische Mission in Berlin ungleich komplexer.<sup>56</sup> Hier war das amerikanische Gesellschaftsmodell gegen mehrere Alternativkonzepte zu präsentieren, die im geteilten Deutschland als Bearbeitungsmodi des Traumas der Nazivergangenheit entwickelt wurden und in Anlehnung an verschiedene Traditionsbestände der deutschen Gesellschaft nach Anknüpfungspunkten für das Leben in der Nachkriegsgesellschaft suchten. In der Bundesrepublik war es der Wirtschaftsminister und spätere Bundeskanzler, Ludwig Erhard, der die entscheidenden Weichenstellungen zugunsten der Umstellung auf das fordistische Konsumregime vornahm.

### **„Wohlstand für Jedermann“ – Ludwig Erhards soziale Marktwirtschaft und die politische Stimulierung des (Energie)Konsums**

Während in der unmittelbaren Nachkriegszeit einflussreiche Vertreter aus Politik, Wissenschaft und Kultur in Westdeutschland eine geistige Erneuerung der Gesellschaft forderten und gegen eine Orientierung an materiellen Werten plädierten, sah Ludwig Erhard den Weg zur Erneuerung allein in der Umstellung von der Kriegs- auf die Wohlfahrtsökonomie. Damit begegnete er amerikanischen Befürchtungen, dass die in Deutschland zunächst durchaus populäre Idealisierung von Konsumverzicht die Menschen in die Arme des Kommunismus treiben könnte. Auf der ersten Berliner Ausstellung zur Popularisierung der amerikanischen Lebensweise, die 1950 unter dem Titel „Amerika zu Hause“ auf der Berliner Industriemesse stattfand, hielt Erhard die Begrüßungsrede, in der er seine Vision von der Zukunft der jungen Bundesrepublik als liberale Nation freier Konsumenten vorstellte. Jetzt würden die Bürger durch ihre Kaufentscheidungen die Produktion und das Wirtschaftswachstum bestimmen.<sup>57</sup> Und er ging schnell daran, diese Vision auch umzusetzen. Sein Ministerium initiierte Kampagnen zur Stimulierung des privaten Konsums, die sich zuerst auf elektrische Haushaltsgeräte konzentrierten. Eine der ersten Initiativen war die Kühlschrankskampagne im Jahre 1953, das zugleich zum „Jahr des Konsumenten“ deklariert worden war.<sup>58</sup> Warum wählte Erhard gerade den Kühlschrank zum Vehikel, um die Wirtschaft anzukurbeln? Für die Konsumenten repräsentierte der Kühlschrank als elektrisch betriebene Speisekammer die Rückkehr eines zuverlässigen Nahrungsmittelangebotes, was nach den Jahren des Mangels in der unmittelbaren Nachkriegszeit eine hohe Anziehungskraft besaß. Für die Energieversorger war der Kühlschrank als ein zu Tag- und Nachtzeiten Strom verbrauchendes Gerät interessant, um neue Nachfrage zu generieren. Schließlich trug der Kühlschrank zur Reorganisation der Nahrungsmittelversorgung in Verbindung mit der Durchsetzung der Selbstbedienung bei, in dem nun über die Kühlkette die Lagerungsmöglichkeiten des Handels bis in die privaten Haushalte hinein ausgedehnt werden konnte. Nachdem die Aktion des Volkskühlschranks im Nationalsozialismus gescheitert war, koordinierte das bundesdeutsche Wirtschaftsministerium jetzt die Vermarktungsanstrengungen verschiedener Akteure. Die Arbeitsgemeinschaft Hauswirtschaft öffnete Beratungszentren in deutschen Großstädten, um die Konsumenten kostenfrei über rationelle Haushaltsführung zu informieren. Die US-amerikanische Hohe Kommission für Deutschland unterstützte die Kühlschrankskampagne mit der Finanzierung einer Informationsbroschüre in Millionenaufgabe. Die Gerätehersteller sagten eine 15prozentige Preissenkung zu. Für den Winter versprachen sie zusätzliche Discounts, attraktive Zahlungsbedingungen, Schaufensterwettbewerbe um Weihnachten und Werbeführungen für Hausfrauen. Schon zwei Jahre später startete das Wirtschaftsministerium eine neue Kampagne zur Konsumförderung, diesmal unter dem Titel „Erhard hilft den Hausfrauen“.<sup>59</sup> Aufgabe der teilnehmenden Organisationen war es, bei der Aufforderung zum Kauf

von Haushaltsgeräten zwei Aspekte hervorzuheben, „1. Erleichterung der Hausarbeit – davon profitiert auch der Ehemann, 2. mehr Freizeit um das steigende Familienbudget auszugeben.“ Bezeichnenderweise hielt Wirtschaftsminister Erhard anlässlich der Eröffnung eines Kraftwerkes eine Rede mit dem Titel „Erhard hilft den Hausfrauen“, auf der er sein Programm vorstellte. Ihm war die Haushaltsmechanisierung so wichtig, dass er sogar die Erarbeitung eines Katechismus vorschlug, in dem sich die Konsumenten über technische Innovationen für den Haushalt und die Rationalisierung der Hausarbeit informieren könnten. Erhard war der Überzeugung, dass die Erleichterung der Hausarbeit in jedermanns Interesse sei, und er forderte, dass neben der Industrie und dem Handel auch die Energieversorger durch Preisnachlässe auf Gas und Elektrizität mit der Regierung kooperieren müssten. Die Elektrizitätsunternehmen waren zunächst zögerlich und verwiesen darauf, dass die Strompreise 1953 noch auf der gleichen Höhe wie schon 1938 waren, obwohl die Rohstoffe viel teurer geworden seien. Schließlich willigten die Energieversorger doch ein, und sie beteiligten sich an Erhards Initiative zur technischen Hochrüstung der Privathaushalte mit einer Tarifpolitik, die auf Mengenrabatten basierte und hohen Energieverbrauch preislich begünstigte.<sup>60</sup>

Erhards Programm, den Übergang zur sozialen Marktwirtschaft durch die technische Hochrüstung der Privathaushalte mit energieverbrauchenden Geräten staatlich zu fördern, erwies sich sowohl in politischer als auch in ökonomischer Hinsicht als ein voller Erfolg. Indem sie die Hausfrauen als Gewinnerinnen des Wiederaufbauprogramms ins Zentrum der Aufmerksamkeit rückten, implantierten Erhard und sein Ministerium erfolgreich eine angepasste Variante des fordistischen Gesellschaftsvertrages auf den westlichen Teil des gespaltenen Deutschlands. Für dieses Ziel koordinierte die bundesdeutsche Regierung die Kooperation verschiedener Ministerien, Gerätehersteller, Energieversorger, Einzelhändler, Handelsvertreter, Haushaltsexpertinnen und Konsumentenverbände, um den Konsum von Haushaltsgeräten und Elektrizität anzuregen. Damit schufen sie die Grundlage für die heutige Massenkonsum- und Hochenergiegesellschaft. Im Unterschied zu den Mietern in den Frankfurter Projekten des Neuen Bauens der 1920er Jahre, die die Nutzung elektrischer Herde und Warmwasserbereiter wegen hoher Kosten und ungewohnter Nutzungsanforderungen abgelehnt hatten, wurden Westdeutsche Konsumenten der 1950er Jahre durch staatlich durchgesetzte niedrige Energie- und Gerätepreise ermuntert, sich die Nutzung vieler Elektrogeräte und einen hohen Energieverbrauch als Lebensstil anzugewöhnen. Dabei war die nun breiteren Bevölkerungsschichten mögliche Anschaffung neuer Geräte und Energieverbraucher für viele Menschen durchaus noch keine Selbstverständlichkeit. Wie wir teilweise noch aus eigenem Erleben oder lebensgeschichtlichen Zeugnissen und Quellen wissen, vollzog ein Großteil der Menschen den Übergang in die Massenkonsum- und Hochenergiegesellschaft mit einer Einstellung, die sich nicht am Überfluss, sondern den eigenen, biographischen Erfahrungen von Knappheit und Mangel orientierte. Beispiele aus Ego-Dokumenten vom Ende der 1950er Jahre können das illustrieren.<sup>61</sup>

## **Die Energiekrisen der 1970er Jahre als Weichenstellung für die Energiewende**

Die Energiekrisen der 1970er Jahre stellten die in breiten Teilen der Gesellschaft erst in den vorangegangenen zwei Dezennien handlungsbestimmend gewordene Gleichsetzung von hohem Energieverbrauch mit Modernität, Prosperität und Fortschrittlichkeit wieder grundsätzlich in Frage. Als die Angebotsverknappung und Embargopolitik der OPEC-Länder 1973

zu einer drastischen Ölpreiserhöhung führten, wurde den Industrieländern des Westens ihre bedrohliche Abhängigkeit vom Erdöl und der drastisch gestiegene Energieverbrauch schlagartig bewusst. Erdöl war seit der Erschließung neuer Ölquellen, vor allem der großen Vorkommen im Nahen und Mittleren Osten, innerhalb von weniger als 20 Jahren zum wichtigsten Energieträger und einem wichtigen Grundstoff in vielen entwickelten Industrieländern diesseits und jenseits des Eisernen Vorhangs geworden. War die Bundesrepublik um 1950 in ihrer Energieversorgung noch in der Lage, sich aus den eigenen Kohlebeständen selbst zu versorgen, so lieferte seit Mitte der 1960er Jahre das Öl den Löwenanteil am Energiekonsum.<sup>62</sup> Die nationale und internationale Politik reagierte umgehend auf die neue Situation. US-Präsident Nixon wandte sich am 7. November 1973 mit einer Rede zur Energiepolitik an die amerikanische Nation, in der er zum „Project Independence“ aufrief, um das Land unter vereinten Anstrengungen bis 1980 von der Abhängigkeit von Energieimporten zu befreien. Welchen Stellenwert diese Aufgabe für ihn hatte wird deutlich daran, dass er sich auf das Manhattan Project und die Apollo-Mission berief, um sowohl die Dringlichkeit als auch die Erfolgchancen für die Umgestaltung des Energiesystems zu betonen.<sup>63</sup> Der damalige US-Außenminister Henry Kissinger machte die Energiekrise zu einer Angelegenheit der internationalen Politik, weil internationale Anstrengungen notwendig seien, um die Sicherstellung des Energieangebots durch die Hersteller und ein gemeinsames Vorgehen gegen die Embargomaßnahmen der Ölländer, Einsparungen im Energieverbrauch durch die Nutzer und die Umstellung auf neue Energieträger, zu bewältigen. Kissingers Initiative mündete in die Gründung der Internationalen Energiebehörde in Paris am 15. November 1974, die eine Vereinbarung zu einem internationalen Energieprogramm verabschiedete. Das zentrale Anliegen des Programms war die Sicherstellung der Energieversorgung aller, damals 16 Mitgliedsländer, dadurch, dass langfristig die Importabhängigkeit vom Öl reduziert wurde. Als Hauptwege dafür galten den Autoren des Programms Energieeinsparungen und die beschleunigte Entwicklung alternativer Energiequellen sowie Forschung und Entwicklung im Energiebereich und zur Uraniumanreicherung.<sup>64</sup> Das internationale Energieprogramm der IEA war also ein Programm für eine Energiewende, mit der der Übergang vom Öl auf andere Energieträger vollzogen werden sollte. Im Mittelpunkt des Interesses standen damals die Kerntechnik und die Rückkehr zur Kohle. Aber die IEA führte auch Studien über die Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Entwicklungsländern auf dem Gebiet der erneuerbaren Energieträger durch.<sup>65</sup>

Auch in der Bundesrepublik setzten die Ölkrise intensive Bemühungen für eine Energiewende in Gang. Innerhalb von fünf Jahren verdreifachte sich der Ölpreis und nach der zweiten Ölkrise war er zehnmal so hoch wie vor der ersten Ölkrise.<sup>66</sup> Die Bundesregierung erarbeitete Energieprogramme und verabschiedete Gesetze und Verordnungen zum Umbau des Energiesystems. Zuerst lag der Schwerpunkt des Umbaus auf der Forderung „Weg vom Öl“ und das implizierte die Substitution durch Kohle und Kernenergie. Der Heizung wurde viel Aufmerksamkeit geschenkt. Der Staat förderte die Kraft-Wärme-Kopplung durch Fernwärmeversorgung aus Kraftwerken, was in Deutschland(West) aber wenig erfolgreich war, und die Verbesserung der Gebäudeisolierung sowie effizientere Heizungsanlagen. Aber der Energieverbrauch für Heizzwecke nahm im Jahrzehnt seit 1970 zu, da viele Wohnungen von Ofen- auf Zentralheizungen umgerüstet wurden.<sup>67</sup> Die Elektroindustrie bot Elektroheizungen an, um Öl zu substituieren, obwohl diese nicht nur energieökonomisch ineffizient, sondern auch deutlich teurer waren als Ölheizungen. Dass sie dabei erfolgreich waren, zeigt die Ausweitung des Elektroenergieverbrauchs für Raumwärme zwischen 1970 und 1983.<sup>68</sup> Bei

der Fortschreibung der Energieprogramme bekamen Energieeinsparungen ein größeres Gewicht. Aber nur im Bereich des Wohnungsbauwesens wurden verpflichtende Auflagen über Gebäudestandards und Vorschriften für Heizungsanlagen durchgesetzt. In weiten Bereichen blieben die Zielvorgaben zur Erhöhung der Energieeffizienz, z. B. bei Elektrogeräten und Kraftfahrzeugen, freiwillig. Zwar hatte Forschungsminister Hauff im Kontext der zweiten Ölkrise 1979 versucht, über eine Energieverbrauchsverordnung mehr Pflichtauflagen und Verbrauchsverbote durchzusetzen.<sup>69</sup> Aber er konnte sich nicht gegen die Industrie durchsetzen, die sich nur auf freiwilliger Basis zur Kennzeichnung des Energieverbrauchs ihrer Geräte bereiterklärte. Und Verbrauchsverbote waren politisch nicht konsensfähig, weil sie dem von Ludwig Erhard auf die Bundesrepublik adaptierten fordistischen Gesellschaftsvertrag widersprochen hätten, in dem die freie Konsumentenentscheidung aus einem großen Warenangebot eine Grundbedingung des sozialen Friedens in der Gesellschaft bildete.

Eckpfeiler der in den Energieprogrammen, Gesetzen und Verordnungen der Bundesregierungen fixierten Politik zur Überwindung der Energiekrise waren also die Substitution von Öl durch die Primärenergien Kohle, Kernenergie und Erdgas sowie durch die Sekundärenergie Strom und durch Energieeinsparungen über effizientere Energieanwendungen. Erneuerbare Energien blieben als Option marginal. Über die Verordnung zur Einsparung von Heizungsenergie konnten elektrische Wärmepumpen über Investitionszulagen gefördert werden.<sup>70</sup> Aber es gab keine nennenswerten Förderprogramme für Windkraftanlagen oder Solarenergie.<sup>71</sup> Der Löwenanteil der staatlichen Forschungs- und Entwicklungsausgaben im Energiebereich wurde in den Mitgliedsstaaten der IEA für die Kernenergieentwicklung ausgegeben, die 1976 über 80 Prozent und 1980 fast 70 Prozent aller Mittel bekam, während für erneuerbare Energien in den beiden Jahren 1,6 Prozent (1976) bzw. 5,3 Prozent (1980) ausgegeben wurden.<sup>72</sup>

Festzuhalten bleibt, dass die Ölkrise der 1970er Jahre einen grundsätzlichen Umbau des Energieregimes der Hochenergiegesellschaft ausgelöst haben. Diese Energiewende war in ihren Hauptzielstellungen, der Abkehr vom Öl und der Steigerung der Energieeffizienz zumindest teilweise erfolgreich. Aber die Energieumstellung der 1970er Jahre orientierte nicht auf eine Abkehr von der kohlenstoffbasierten Hochenergiegesellschaft. Gleichwohl leiteten die Energiekrisen ein grundsätzliches Umdenken in der Energiepolitik ein. Ein erstes Ergebnis war die Infragestellung der Energieprognosen, die bis zum Beginn der 1970er Jahre auf einem aus den 1920er Jahren stammenden Erfahrungswert in der Energiewirtschaft beruht hatten, der eine Verdopplung des Energieverbrauchs aller zehn Jahre als Richtwert für den Ausbau der Energieversorgung vorgegeben hatte. Das wurde, wenn auch zögerlich, im Laufe der 1970er Jahre von Seiten des energiewirtschaftlichen Establishments korrigiert.<sup>73</sup> Ein zweites Ergebnis war der Beginn des Nachdenkens über alternative Entwicklungspfade. Die vom Deutschen Bundestag 1979 eingesetzte Enquete-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik", in die Vertreter der Regierungs- und Oppositionsparteien, Umweltforschungseinrichtungen und Energiewissenschaftler berufen wurden, zeigte in ihrem Abschlussbericht vier verschiedene Entwicklungsszenarien für die künftige Energiepolitik auf.<sup>74</sup> Alle vier Szenarien gingen davon aus, dass die Wirtschaft weiter wachsen werde, im Unterschied zu alternativen, vom Meadows-Bericht des Club of Rome angestoßenen Überlegungen, dass zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung der ökologischen Systeme eine Abkehr vom Wirtschaftswachstum notwendig sei. Aber das erste und zweite Szenario setzten auf einen weiteren, im ersten Szenario sehr starken, im zweiten Szenario etwas weniger starken Anstieg des Energiever-

brauchs. Und beide Szenarien räumten fossilen Energieträgern und dem Ausbau der Kernenergie dabei die Hauptrolle ein. Szenario drei und vier hingegen entkoppelten das Wirtschaftswachstum von steigendem Energieverbrauch, der in Variante drei etwa gleich blieb, während Variante vier von sinkendem Energieverbrauch bei steigendem Wirtschaftswachstum ausging. In beiden Szenarien sollten Energieeinsparungen durch effizientere Energienutzung das Wachsen der Wirtschaft garantieren. Beide Varianten verzichteten gänzlich auf Kernenergie. Damit orientierten Variante drei und vier auf eine energie- und industriepolitische Umgestaltung der Gesellschaft, die der amerikanische Physiker und überzeugte Atomkraftgegner Amory Lovins in seinem 1977 von der Umweltorganisation Friends of the Earth publizierten Buch „Soft Energy Path“ als demokratischere, umweltverträglichere und lebenswertere Alternative von einem harten, auf steigenden Energieverbrauch und Kernenergie setzenden Weg unterschieden hatte.<sup>75</sup> Der harte Pfad sei zentralistisch, interventionistisch und hierarchisch, begünstige paramilitärische Strukturen im Zivilbereich, um die von der Kerntechnik ausgehenden Risiken von Unfällen oder terroristischen bzw. militärischem Missbrauch zu vermeiden, und sei dem Handeln der Endverbraucher weitgehend entzogen. Im Unterschied dazu sei der sanfte Weg auf die spezifischen Bedürfnisse der Verbraucher ausgerichtet, die nicht Energie, sondern Wärme, Kraft und Licht nachfragen. Dafür stehen verschiedene Technologien wie Kraft-Wärme-Kopplung, Biokonversion, Wärmedämmung etc. zur Verfügung, über die Verbraucher vor Ort entscheiden müssten. Der sanfte Weg sei also auf die Region orientiert, pluralistisch und an die Mitwirkung der Verbraucher gebunden. Lovins Buch erschien ein Jahr nach der Erstveröffentlichung in der deutschen Übersetzung und schon ein halbes Jahr danach kam eine zweite Auflage heraus.<sup>76</sup> Es lieferte den deutschen Kernkraftgegnern zentrale Argumente. Aber mehr noch, Lovins nahm mit seiner Vision vom „Soft Energy Path“ das Konzept der Energiewende vorweg, das die Bundesregierung 2010 beschloss. Denn die Eckpfeiler dieser und jener Vision sind Energieeinsparungen und der Ausbau erneuerbarer Energien. Was heute in Deutschland politisch konsensfähig weil umweltpolitisch dringend geboten ist, das fand im politischen und gesellschaftlichen Klima der 1970er und 1980er Jahre jedoch noch keine Mehrheiten. Übereinstimmung erzielte man damals lediglich in der Befürwortung effizienterer Energienutzungen, aber eine entschlossene Förderung erneuerbarer Energiequellen oder gar der Ausstieg aus der Kernenergie waren noch undenkbar.

## **Resümee und Ausblick**

Anliegen dieser Ausführungen war es zu untersuchen, wie der Übergang zum energieintensiven Haushalt erfolgte, um ausgehend davon unsere gegenwärtige nicht nachhaltige Lebensweise als ein kontingentes Produkt zu verstehen, das unter ganz spezifischen historischen Bedingungen entstanden ist. Wir haben gesehen, dass der Übergang zum fossilen Energiesystem im großen Maßstab im 19. Jahrhundert begann. Dabei wurde aber das auf erneuerbaren Energieträgern beruhende traditionelle Energieregime noch nicht verdrängt, sondern es erlebte zunächst noch einen Innovations- und Wachstumsschub. Erst an der Wende zum 20. Jahrhundert dominierten fossile Energieträger, und das war damals in erster Linie Kohle, das weltweite Energieangebot. Seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts waren alle Elemente der Hochenergie- und Hochkarbongesellschaft vorhanden, also ein mit fossilen Energieträgern betriebenes Industrie- und Transportsystem, große Städte, die für all ihre Versorgungssysteme auf mechanische Energie angewiesen waren und ein landwirtschaftliches Produktionssystem, das immer größere Energie-Inputs benötigte, um Energieträger in

Form von Biomasse, also Nahrungs- und Futtermittel, aber auch Roh- und Treibstoffe zu produzieren. Die 1950er Jahre waren schließlich das Dezennium, in dem sich die Entwicklung und Akzeptanz der nicht nachhaltigen Arbeits- und Lebensweise dramatisch beschleunigte. Das war der Fall, weil viele westeuropäische Gesellschaften sich am amerikanischen Vorbild orientierten und ein neues, das fordistische Konsumregime einführten. Im Zentrum dieses neuen Konsumregimes stand und steht der energieintensive Haushalt. Wie unsere Fallstudien aus der Bundesrepublik gezeigt haben, war die Einführung des energieintensiven Lebensstils zunächst ein staatlich gelenkter Prozess, in den eine ganze Reihe staatlicher Akteure einbezogen waren, die neue Muster des Konsumierens entwarfen, ermutigten, erzwangen, koordinierten, regulierten, kodifizierten und zur Bedingung machten. Wir haben gesehen, wie der amerikanische Bündnispartner seine Lebensweise in Ausstellungen vorführte, damit sie nachgeahmt würde, um so die Bundesrepublik in die Containment-Strategie des Kalten Krieges zu integrieren. Der westdeutsche Wirtschaftsminister stellte sich dieser Aufgabe und etablierte die soziale Marktwirtschaft als die deutsche Variante des fordistischen Gesellschaftsvertrages. Dabei favorisierte er die technische Aufrüstung des Privathaushalts als einen ersten entscheidenden Schritt und er sah niedrige Energiepreise und hohen Energiekonsum als wesentliche Erfolgsbedingungen für seine Politik. Privater Energieverbrauch wurde also zu einer äußerst bedeutungsvollen Praxis im Kontext des Kalten Krieges. Energiekonsum galt als eine Maßnahme des Fortschritts und seine Höhe bildete einen Maßstab zur Erfolgsmessung in der bipolaren Systemkonkurrenz. Diese Kausalität stellten erst die Energiekrisen der 1970er Jahre in Frage. Aber als die Politik Energieeinsparungen als eine Lösung für die neue Problemlage entdeckt hatte, war ein hoher Energieverbrauch bereits fest im Alltagsleben der Überfluggesellschaft verankert, so dass energieeffizientere Geräte nicht zu einem Rückgang des Energieverbrauchs führten.

---

<sup>1</sup> Elizabeth Neswald, *Thermodynamik als kultureller Kampfplatz. Zur Faszinationsgeschichte der Entropie 1850-1915*, Berlin: Rombacher Verlag 2006, S. 363-382.

<sup>2</sup> Rolf P. Sieferle, *Rückblick auf die Natur: Eine Geschichte des Menschen und seiner Umwelt*, München: Luchterhand 1997.

<sup>3</sup> Vaclav Smil, *Energy in World History*, Boulder: Westview Press 1994, S. 187.

<sup>4</sup> Marina Fischer-Kowalski, Andreas Mayer u. Anke Schaffartzik, *Zur sozialmetabolischen Transformation von Gesellschaft und Soziologie*, in: Groß, Matthias (Hg.), *Handbuch der Umweltsoziologie*, Wiesbaden: VS Verlag 2001, 97-120, hier S. 106.

<sup>5</sup> Vaclav Smil, *Energy Transitions. History, Requirements, Prospects*, Santa Barbara: Praeger 2010, S. 10.

<sup>6</sup> Joachim Radkau, *Zur angeblichen Energiekrise des 18. Jahrhunderts. Revisionistische Betrachtungen über die „Holznot“*, in: VSWG 73, 1986, S. 1-37.

<sup>7</sup> Joachim Radkau, unter Mitarbeit von Ingrid Schäfer, *Holz. Wie ein Naturstoff Geschichte schreibt*, München: oekom 2007, S. 133-142.

<sup>8</sup> Ausführlich zur Entwicklung von Sparöfen vgl. Alfred Faber, *Entwicklungsstufen der häuslichen Heizung*, München: R. Oldenbourg 1957, S. 85-97. Faber leitet seinen Absatz über die Sparöfen mit folgendem Zitat von Theodor Fontane aus dessen Brief an seine Tochter von 1895 ein: „Das Leben ist, Gott sei Dank, kein großer Tummelplatz der Gefühle, sondern eine Alltagswohnstube, darin das sogenannte Glück davon abhängt, ob man friert oder warm sitzt, ob der Ofen raucht oder guten Zug hat.“ Ebd., S. 85.

- 
- <sup>9</sup> Radkau und Schäfer, Holz, S. 142-145.
- <sup>10</sup> Rolf P. Sieferle, *Der unterirdische Wald. Energiekrise und industrielle Revolution*, München: Beck 1982, S. 218.
- <sup>11</sup> Vgl. dazu Dieter Schott, *Einführung: Energie und Stadt in Europa. Von der vorindustriellen „Holznot“ bis zur Ölkrise der 1970er Jahre*, in: Dieter Schott (Hg.), *Energie und Stadt in Europa*, Stuttgart: Steiner 1997, S. 7-42, hier S. 19.
- <sup>12</sup> Joel Mokyr, *Editor's Introduction: The New Economic History and the Industrial Revolution*, in: Joel Mokyr (Hg.), *The British Industrial Revolution. An Economic perspective*, Boulder: Westview press 1993, S. 1-131, hier S. 79.
- <sup>13</sup> Nathan Rosenberg, *Factors affecting the diffusion of technology*, in: *Explorations in Economic History* 10, 1972 (1), S. 3-33.
- <sup>14</sup> Smil, *Energy in World History*, S. 224-230 und Matthias Heymann, *Die Geschichte der Windenergienutzung 1890-1990*, Frankfurt/M.: Campus 1995, S. 22.
- <sup>15</sup> Akos Paulinyi u. Ulrich Troitzsch, *Mechanisierung und Maschinisierung 1600 bis 1840*, Berlin: Propyläen Verlag 1991, S. 357-358.
- <sup>16</sup> Vgl. dazu Smil, *Energy in World History*, S. 187.
- <sup>17</sup> Silvana Bartoletto, *Energy Transition and CO2 Emissions in Southern Europe: Italy and Spain*, in: *Global Environment* 2008, S. 52.
- <sup>18</sup> John Beer, *The Emergence of the German Dye Industry*, Urbana IL: University of Illinois Press 1959.
- <sup>19</sup> Faber, *Entwicklungsstufen*, S. 194-209.
- <sup>20</sup> Wolfgang König, *Geschichte der Konsumgesellschaft*, Stuttgart: Steiner 2000, S. 222.
- <sup>21</sup> Vgl. dazu George Basalla, *Energy and Civilization*, in: Chauncey Starr u. Philip C. Ritterbush (Hg.), *Science, Technology, and the Human Prospect: Proceedings of the Edison Centennial Symposium*. New York: Pergamon Press 1980, S. 39-52, hier S. 42-43.
- <sup>22</sup> William Stanley Jevons, *The Coal Question; An Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines*, London: Macmillan and Co. 1866.
- <sup>23</sup> Maria Osietzki, *'Energetische' Optimierungsstrategien und 'kybernetische' Visionen – Zum Krisenmanagement thermodynamischer Niedergangsprognosen*, in: Hand-Liudger Diemel (Hg.), *Der Optimismus der Ingenieure. Triumph der Technik in der Krise der Moderne*. Stuttgart: Steiner 1998, S. 25-55, hier S. 38.
- <sup>24</sup> Helmut Lindner, *Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität*, Reinbek: Rowohlt 1985, S. 74-76.
- <sup>25</sup> Thomas P. Hughes, *Die Erfindung Amerikas. Der technologische Aufstieg der USA seit 1870*, München: Beck Verlag 1991, S. 34-43.
- <sup>26</sup> Lindner, *Strom*, S. 153-156.
- <sup>27</sup> Für Berlin vgl. Thomas P. Hughes, *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore: JHUP 1983, S. 188-191. Wolfgang Zängl, *Deutschlands Strom. Die Politik der Elektrifizierung von 1866 bis heute*, Frankfurt/M.: Campus 1989, S. 33-36 und Uwe Kühl, *Anfänge städtischer Elektrifizierung in Deutschland und Frankreich*, in: Dieter Schott (Hg.), *Energie und Stadt in Europa*, Stuttgart: Steiner 1997, S. 129-140.
- <sup>28</sup> Auf die Förderung der Elektrifizierung der Industrie durch Vermietung von Elektromotoren seitens der AEG verweist schon Alois Riedler, *Emil Rathenau und das Werden der Großwirtschaft*, Berlin: Springer 1916, S. 87. Für die Berliner Elektrizitätswerke vgl. Hughes, *Networks of Power*, S. 191.

- 
- <sup>29</sup> Nina Möllers, Das Alltägliche mit neuen Augen sehen. Haushalt und Museum, in: Sophie Gerber, Nina Lorkowski u. Nina Möllers, Kabelsalat. Energiekonsum im Haushalt. Ausstellungskatalog. München: Deutsches Museum Verlag 2012, S. 31-35, hier S. 32-34.
- <sup>30</sup> Zängl, Deutschlands Strom, S. 55.
- <sup>31</sup> Bernhard Stier, Staat und Strom. Die politische Steuerung des Elektrizitätssystems in Deutschland 1890-1950, Ubstadt-Weiher: Verlag Regionalkultur 1999, S. 271-273, S. 298-307, S. 425-427.
- <sup>32</sup> Zängl, Deutschlands Strom, S. 112-119, S. 148-150, S. 165-175, S. 202-213.
- <sup>33</sup> Peter Döring, Dezentralisierung versus Verbundwirtschaft. Die Diskussion um die Regulierung der Elektrizitätswirtschaft im Vorfeld des Energiewirtschaftsgesetzes von 1935, in: Hendrik Ehrhardt u. Thomas Kroll (Hg.), Energie in der modernen Gesellschaft. Zeithistorische Perspektiven, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 2012, S. 119-148, hier S. 146.
- <sup>34</sup> Joachim Radkau, Technik in Deutschland. Vom 18. Jahrhundert bis heute, Frankfurt/M.: Campus 2008, S. 311.
- <sup>35</sup> Schott, Energie und Stadt, Einführung, S. 15 und siehe auch die hier angegebene Literatur.
- <sup>36</sup> Karl-Heinz Ludwig, Technik und Ingenieure im Dritten Reich, Düsseldorf 1979, S. 73-75.
- <sup>37</sup> Zur Dezentralisierungsdebatte vgl. auch Döring, S. 130-133, S. 134 u. S. 139.
- <sup>38</sup> Nina Möllers, Bis das Licht ausgeht? – Haushalt und Energie, in: Sophie Gerber, Nina Lorkowski u. Nina Möllers, Kabelsalat. Energiekonsum im Haushalt. Ausstellungskatalog. München: Deutsches Museum Verlag 2012, S. 10-16, hier S. 11.
- <sup>39</sup> Ebd., S. 12 und Zängl, Deutschlands Strom, S. 113-117.
- <sup>40</sup> Nina Lorkowski, Managing Energy Consumption: The Rental Business for Storage Water Heaters of Berlin's Electricity Company from the Late 1920s to the Early 1960s, in: Nina Möllers u. Karin Zachmann (Hg.), Past and Present Energy Societies: How Energy Connects Politics, Technologies and Cultures. Bielefeld: transcript 2012, S. 137-162.
- <sup>41</sup> Martina Heßler, The Frankfurt Kitchen: The Model of Modernity and the "Madness" of Traditional Users, 1926-1933, in: Ruth Oldenziel u. Karin Zachmann (Hg.), Cold War Kitchen. Americanization, Technology, and European Users, Cambridge: MIT Press 2009, S. 163-184, hier S. 176.
- <sup>42</sup> Zängl, Deutschlands Strom, S. 171f.
- <sup>43</sup> Heßler, Frankfurt Kitchen, S. 176f.
- <sup>44</sup> Ebd., S. 172. Vgl. auch Elektrizität, Gas und Kohle. Welche Beheizungsart ist die vorteilhafteste? In: Die Deutsche Töpfer-Zeitung (Der Kachelofen) 49, 2. Dez. 1928.
- <sup>45</sup> Ronald Kline, Resisting Consumer Technology in Rural America: The Telephone and Electrification, in: Nelly Oudshorn u. Trevor Pinch (Hg.), How Users Matter. The Co-Construction of Users and Technology, Cambridge, MA: MIT Press 2003, S. 51-66.
- <sup>46</sup> Lorkowski, Managing Energy Consumption, S. 137-162.
- <sup>47</sup> Lorkowski, Managing Energy Consumption, S. 137-162 und Sophie Gerber, "We want to live electrically!" Marketing Strategies of German Power Companies in the 20th Century, in: Nina Möllers u. Karin Zachmann (Hg.), Past and Present Energy Societies: How Energy Connects Politics, Technologies and Cultures. Bielefeld: transcript 2012, S. 79-108, hier S. 85-87.
- <sup>48</sup> Martina Heßler, »Elektrische Helfer« für Hausfrau, Volk und Vaterland. Ein technisches Konsumgut während des Nationalsozialismus, in: Technikgeschichte 68, 2001, S. 203-230.
- <sup>49</sup> Hartmut Berghoff, Enticement and Deprivation: The Regulation of Consumption in Pre-War Nazi Germany, in: Martin Daunton u. Matthew Hilton (Hg.), The Politics of Consumption. Material Culture and Citizenship in Europe and America, Oxford 2001, S. 165-184.

- 
- <sup>50</sup> Wolfgang König, Volkswagen, Volksempfänger, Volksgemeinschaft. "Volksprodukte" im Dritten Reich; vom Scheitern einer nationalsozialistischen Konsumgesellschaft, Paderborn: Schöningh 2004.
- <sup>51</sup> Christian Pfister, Das „1950er Syndrom“ – die umweltgeschichtliche Epochenschwelle zwischen Industriegesellschaft und Konsumgesellschaft, in: Christian Pfister (Hg.), Das 1950er Syndrom. Der Weg in die Konsumgesellschaft, Bern 1996, S. 21-47.
- <sup>52</sup> Ausführlich zur Geschichte dieser Ausstellung vgl. Greg Castillo, Domesticating the Cold War: Household Consumption as Propaganda in Marshall Plan Germany, in: *Journal of Contemporary History* 40, 2005, S. 261-288.
- <sup>53</sup> Fünf Stunden täglich Ehemann. ‚Idealwohnung‘ im George C. Marshall-Haus, in: *Der Tagesspiegel* 2138, 20.09.1952, Beiblatt, S. 3.
- <sup>54</sup> Vgl. Greg Castillo, *Domesticating*, 2005; und Robert H. Haddow, *Pavilions of Plenty: Exhibiting American Culture abroad in the 1950s*, Washington: Smithsonian Inst. Press 1997; zur Semiotik der amerikanischen Traumküchen vgl. Laura Scott Holliday, *Kitchen Technologies: Promises and Alibis, 1944-1966*, in: *Camera Obscura* 16, 2001, S. 79-131.
- <sup>55</sup> Elaine Tyler May, *Homeward Bound. American Families in the Cold War Era*, New York: Basic Books 1988; Walter L. Hixson, *Parting the curtain: propaganda, culture, and the Cold War, 1945-1961*, New York: St. Martin's Griffin 1997; Susan Reid, *Cold War in the Kitchen: Gender and the De-Stalinization of Consumer Taste in the Soviet Union under Khrushchev*, in: *Slavic Review* 61, 2002, S. 211-252.
- <sup>56</sup> Vgl. Greg Castillo, *The American „Fat Kitchen“ in Europe: Postwar Domestic Modernity and Marshall Plan Strategies of Enchantment*, in: Ruth Oldenziel u. Karin Zachmann (Hg.), *Cold War Kitchen. Americanization, Technology, and European Users*, Cambridge: MIT Press 2009, S. 33-57 und Karin Zachmann, *Küchendebatten in Berlin? Die Küche als Kampfplatz im Kalten Krieg*. In: Michael Lemke (Hg.), *Konfrontation und Wettbewerb. Wissenschaft, Technik und Kultur im geteilten Berliner Alltag (1948-1973)*, Berlin: Metropol 2008, S. 181-205.
- <sup>57</sup> Ludwig Erhardt, *Mit Mut und Kraft in die Zukunft*, in: Karl Hohmann (Hg.), *Ludwig Erhardt: Gedanken aus fünf Jahrzehnten Reden und Schriften Oktober 1950*, Düsseldorf: Econ-Verlag 1988, S. 248-251.
- <sup>58</sup> BA Koblenz, B 102/35963, Verbreitung des gehobenen Bedarfs, hier: Kühlschränke Abschlussbericht, 2.10.1953. Vgl. dazu auch Arne Andersen, *Der Traum vom guten Leben. Alltags- und Konsumgeschichte vom Wirtschaftswunder bis heute*, Frankfurt/M.: Campus 1997, S. 94f.
- <sup>59</sup> Vgl. Andersen, *Der Traum*, S. 95 und Barbara Orland, *Wäsche Waschen*, Reinbek: Rowohlt 1991, S. 237-250.
- <sup>60</sup> Vgl. Sophie Gerber, Nina Lorkowski, Nina Möllers u. Karin Zachmann: *Consuming electricity as a meaningful practice – private households as objects of sustainability transition research*. Vortrag auf der Konferenz 2nd International Conference on Sustainability Transitions, 13.-15.6.2011, Lund, Schweden.
- <sup>61</sup> Vgl. u.a. Schreibaufufe "Vom Selbstversorger zum Endverbraucher. Last und Lust des Konsumierens, 1900-1980" und "Wandel der Hausarbeit seit 1945", Dokumentation lebensgeschichtlicher Aufzeichnungen, Universität Wien; Walter Kempowski Biographienarchiv, Akademie der Künste Berlin.
- <sup>62</sup> Klaus-Michael Meyer-Abich u. Robert A. Dickler, *Energy Issues and Policies in the Federal Republic of Germany*, in: *Ann. Rev. Energy* 1982, 7, S. 221-259, hier S. 226. Heute werden 70 Prozent der Energieträger importiert. Wolf Rosenbaum u. Rüdiger Mautz, *Energie und Gesellschaft: Die soziale Dynamik der fossilen und der erneuerbaren Energien*, in: Matthias Groß (Hg.), *Handbuch Umweltsoziologie*, Wiesbaden: VS Verlag 2011, S. 399-420, hier S. 403.
- <sup>63</sup> Rede von Richard Nixon, 7. November 1973. Quelle: Weekly Compilation of Presidential Documents. Presidential Documents, Richard Nixon, 1973. Dir. of publ. Office of the Federal Register. 12 November 1973, No. 45, Volume 9, S. 1309-1328. Washington: US Government Printing Office. Online verfügbar unter <http://www.cvce.eu/viewer/-/content/1158015d-8cf9-4fae-8128-0f1ee8a8d292/en;jsessionid=2F90B5D3D4B5EF2D9266CD1512123662> [Stand: 01.06.2012]; Vgl. auch Martin

- 
- V. Melosi, *Coping with Abundance: Energy and Environment in industrial America*, New York: Knopf 1985, S. 283-285.
- <sup>64</sup> Richard Scott, *IEA, the First 20 Years: Origins and structure*, OECD/IEA, 1994. online verfügbar unter <http://www.iea.org/Textbase/nppdf/free/1-ieahistory.pdf> S. 48 [Stand: 27.06.2012]
- <sup>65</sup> Ebd., S. 416. 1979 waren die Mitgliedsländer der IEA an 48 gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekten zur Umstellung des Energiesystems beteiligt.
- <sup>66</sup> Meyer-Abich u. Dickler, *Energy Issues*, 1982, S. 226. 1972 betrug der Ölpreis 75 DM pro Tonne. 1977 war Öl dreimal so teuer und 1982 betrug er 750 DM pro Tonne.
- <sup>67</sup> Martin Meyer-Renschhausen u. Wolfgang Pfaffenberger, *Energieeinsparungen im Haushaltssektor – Zur Bedeutung der staatlichen Einsparungspolitik*, in: *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 2, 1983, S. 158-164, hier S. 159.
- <sup>68</sup> Vgl. Grafik 11 in Ulf Hansen, *Delinking of energy consumption and economic growth. The German experience*. In: *Energy Policy*, September 1990, S. 631-640, hier S. 635.
- <sup>69</sup> Meyer-Abich, *Energy Issues*, 1982, S. 234. Vgl. dazu auch den Vortrag von Sophie Gerber, "Innovation + Information + Competition = Energy Saving' Domestic Appliances and Energy Efficiency in West Germany after 1973", SHOT Annual Meeting, Cleveland OH, USA, 03.-06.11.2011.
- <sup>70</sup> Meyer-Abich, *Energy Issues*, 1982, S. 240.
- <sup>71</sup> Hansen, *Delinking*, 1990, S. 637.
- <sup>72</sup> Meyer-Abich, *Energy Issues*, 1982, S. 237.
- <sup>73</sup> Meyer-Abich, *Energy Issues*, 1982, S. 243f. Siehe auch die profunde Analyse von Hendrik Ehrhardt, *Energiebedarfsprognosen. Kontinuität und Wandel energiewirtschaftlicher Problemlagen in den 1970er und 1980er Jahren*, in: Hendrik Ehrhardt u. Thomas Kroll (Hg.), *Energie in der modernen Gesellschaft. Zeithistorische Perspektiven*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 2012, S. 193-222.
- <sup>74</sup> Ausführlich zum Kontext der Einberufung, den Vorschlägen und politischen Auswirkungen der Enquetekommission vgl. Cornelia Altenburg, *Wandel und Persistenz in der Energiepolitik: Die 1970er Jahre und die Enquete-Kommission „Zukünftige Kernenergie-Politik“*, in: Hendrik Ehrhardt u. Thomas Kroll (Hg.), *Energie in der modernen Gesellschaft. Zeithistorische Perspektiven*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 2012, S. 245-263.
- <sup>75</sup> Amory B. Lovins, *Soft Energy Paths*, Cambridge, MA: Friends of the Earth and Ballinger Publishing Co 1977.
- <sup>76</sup> Amory B. Lovins, *Sanfte Energie. Das Programm für die energie- und industriepolitische Umrüstung unserer Gesellschaft*, Reinbek: Rowohlt 1979.

# Die „Energiewende“ – die Ziele des Energiekonzepts und der damit verbundene Ausbau erneuerbarer Energien

Joachim Nitsch

Mit dem Energiekonzept der Bundesregierung aus dem Jahr 2010 und dem Gesetzespaket zur Energiewende vom Sommer 2011 liegt ein langfristiger politischer Fahrplan für den Klimaschutz und den Umbau der Energieversorgung in Deutschland vor. Gemäß den Zielsetzungen dieses Konzepts sollen die Emissionen an Treibhausgasen in Deutschland bis zum Jahr 2050 um 80 % bis 95 % gegenüber dem Wert von 1990 gesenkt werden. Für die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen erfordert diese Zielsetzung eine Reduktion um mindestens 85 % bis hin zu einer in letzter Konsequenz emissionsfreien Energieversorgung. Nach dem Beschluss der Bundesregierung vom Juni 2011, angesichts der Reaktorkatastrophe von Fukushima die Nutzung der Kernenergie endgültig aufzugeben, sind die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien (EE) und die deutliche Steigerung der Energieeffizienz die zentralen Strategien. Die Herausforderungen der dazu erforderlichen Transformation des Energiesystems sind beträchtlich und derzeit noch nicht im gesamten Umfang erfasst. Der jetzt dafür bestehende breite politische und gesellschaftliche Konsens muss aber genutzt werden, um den erforderlichen umfangreichen Transformationsprozess zielgerichtet und wirksam voranzubringen.

Die hier vorgestellten Langfristszenarien 2011 [1] bilden die Ziele des Energiekonzepts ab und zeigen prinzipiell mögliche Pfade, die für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Transformation erforderlich sind. Es wurden dazu konsistente Entwicklungen der langfristigen Entwicklung des Energieverbrauchs und des EE-Ausbaus erstellt. Für die Ermittlung der komplementären restlichen Energieversorgung wurden zeitlich dynamischer und teilweise räumlich aufgegliederte Simulationen der zukünftigen Stromversorgung durchgeführt. Außerdem wurden die mit einem weitgehenden Umbau des Energiesystems verknüpften strukturellen und ökonomischen Wirkungen ermittelt.

## Überblick über die berechneten Szenarien

Die angenommenen Entwicklungen der demografischen, strukturellen und ökonomischen Eckdaten, welche die Energienachfrage bestimmen, entsprechen weitgehend den mit den Szenarien des Energiekonzepts der Bundesregierung abgestimmten Eckdaten der „Leitstudie 2010“ [2]. In den Szenarien wächst das Bruttoinlandsprodukt, bezogen auf das Jahr 2010, bis 2050 real um gut 40 %. Die Bevölkerung Deutschlands geht um 10 % zurück, während die Personenverkehrsleistung und die Wohn- und Nutzflächen noch gering wachsen. Die Verkehrsleistung im Güterverkehr steigt dagegen noch deutlich an.

Größe und Gewichtung der Hauptstrategien „Effizienzsteigerung“ und „EE-Ausbau“ sind in den Szenarien 2011 durch die Unterziele des Energiekonzepts in gewissen Grenzen festgelegt. Diese grundsätzliche Zielstruktur, die das Ergebnis zahlreicher früherer systemanalytischer Untersuchungen darstellt, kann als relativ ausgewogen und belastbar angesehen werden. In den Szenarien 2011, die bis 2050 eine 80 %ige Reduktion der Treibhausgasemissionen anstreben, sinkt der Primärenergieverbrauch bis 2050 auf 50 bis 53 % des Wertes von 2010. In 2020 ist er bereits um 20 % geringer. Die EE dominieren im Jahr 2050 mit 53 bis 55 % Anteil, bereits bis 2020 sollte sich ihr Beitrag mit 20 % gegenüber heute verdoppeln.

Abb. 1 zeigt in einem Überblick die zukünftige Primärenergiestruktur der Szenarien. In der Ausgestaltung einzelner Verbrauchssektoren existieren auch bei Vorgabe genereller Ziele gewisse Freiheitsgrade. In drei der fünf Szenarien (Szenarien A, B und C) werden unterschiedliche Energienutzungsoptionen abgebildet, die für den Umgang mit hohen EE-Anteilen ab etwa 2030 relevant werden.

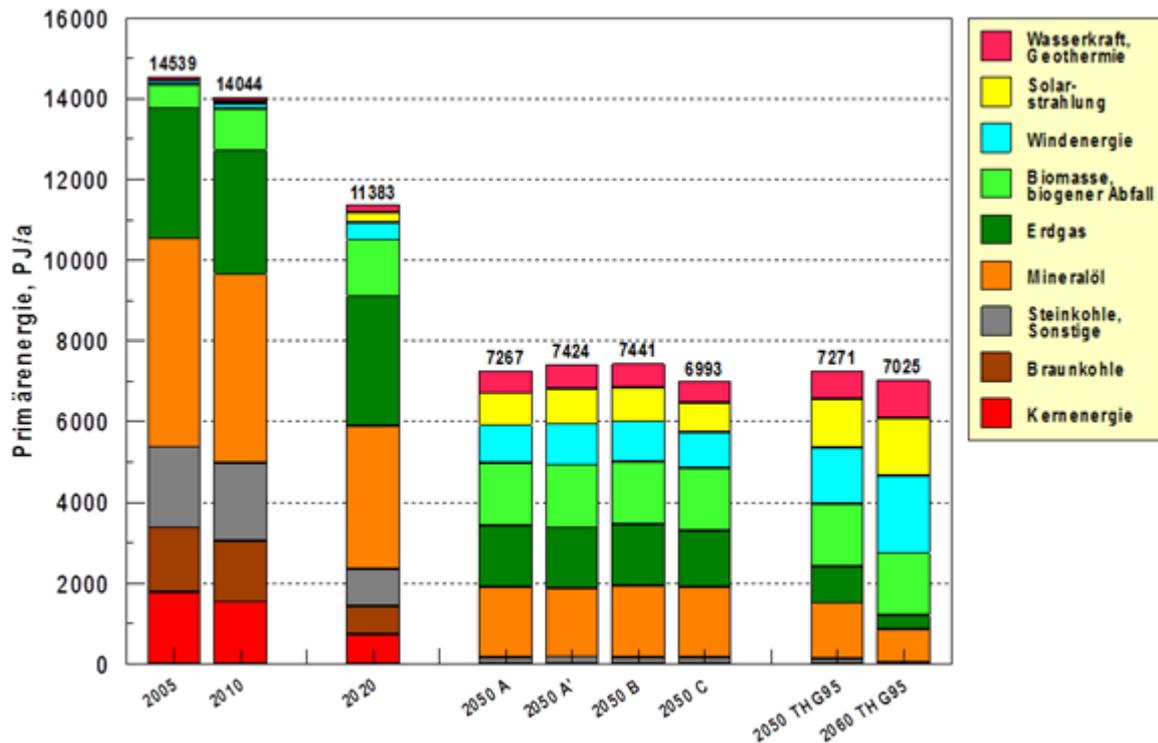


Abb. 1: Heutige und zukünftige Primärenergieverbrauchsstrukturen in den Szenarien 2011 A, A', B, C und THG95 nach Energiequellen. Quelle [1]

Im Szenario C wird EE-Strom in allen Verbrauchssektoren in möglichst hohem Umfang direkt eingesetzt, eine Stromspeicherung in chemischer Form als Wasserstoff findet nur zur Absicherung der Strombereitstellung statt, seine Verwendung als Kraftstoff unterbleibt. Im zweiten Fall (Szenario A) wird EE-Strom in Form von Wasserstoff zusätzlich in größerem Umfang im Verkehr eingesetzt, im dritten Fall (Szenario B) wird Wasserstoff durch synthetisches Methan ersetzt. Wegen der hohen Nutzungseffizienz von Strom fällt der Primärenergieverbrauch für das Szenario C mit knapp 7000 PJ/a in 2050 am geringsten aus. Im Szenario B wird wegen der zusätzlichen Wandlungsverluste zur Bereitstellung von EE-Methan aus EE-Strom ein Primärenergieeinsatz von etwa 7440 PJ/a erforderlich. Wird stattdessen Wasserstoff eingesetzt (Szenario A), sind die Verluste geringer, der Primärenergieeinsatz liegt bei 7270 PJ/a. Im Vergleich zu Wasserstoff besitzt EE-Methan allerdings infrastrukturelle Vorteile durch die Einspeisungsmöglichkeiten in das Erdgasnetz. Soll das Ziel einer 50%igen Verbrauchsminderung bis 2050 erreicht werden, so muss die Primärenergieproduktivität bei der hier unterstellten Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts von durchschnittlich 0,8 %/a während der gesamten 40 Jahre um 2,5 %/a steigen. Im Zeitraum 1990 bis 2010 lag die durchschnittliche Produktivitätssteigerung bei lediglich 1,6 %/a, Effizienzsteigerungen müssen also zukünftig wesentlich wirksamer erfolgen. Die bedeutendsten Reduktionspotenziale

liegen im Bereich der Raumwärme mit rund 60 % Minderung bis zum Jahr 2050. Es folgt der Verkehrssektor mit gut 40 % Verbrauchsminderung gegenüber 2008. Der Energiebedarf für Prozesswärme und Warmwasser verringert sich um rund 30 %, der Stromverbrauch (ohne Stromeinsatz im Verkehr) reduziert sich in den Szenarien um 32 %,

Im Szenario A' werden die Wirkungen von Zielverfehlungen am Beispiel des Stromverbrauchs dargestellt. Das Effizienzziel ist mit -25 % bis 2050 (einschließlich der wachsenden Stromnachfrage im Verkehr) sehr ehrgeizig. Daher wird hier eine weniger starke Stromverbrauchsreduktion von „nur“ -15 % dargestellt. Bei sonst gleicher Nutzungsstruktur wie im Szenario A wird dafür ein höherer EE-Anteil von 54,5 % (Szenario A 52,8 %) erforderlich. Der gesamte Primärenergieeinsatz sinkt nur auf 7424 PJ/a.

Im Energiekonzept ist das Hauptziel „THG-Reduktion“ mit einer Bandbreite formuliert. Es ist deshalb auch von Interesse, mit welchem Aufwand die Obergrenze dieses Ziels, nämlich eine THG-Reduktion von 95 %, die eine praktisch emissionsfreie Energieversorgung verlangt, erreicht werden kann. In Abb. 1 (rechts) wird dies durch das Szenario THG95 sichtbar gemacht. Wegen der großen strukturellen Herausforderungen wird die Zielerreichung erst für das Jahr 2060 angenommen; trotzdem muss dafür im Jahr 2050 der EE-Anteil am Primärenergieeinsatz (bei gleichen Effizienzerfolgen) bereits bei 67 % liegen. Die diesem Szenario im Jahr 2060 verbleibenden 17 % Mineralöl und Erdgas dienen ausschließlich der nichtenergetischen Verwendung.

## **Die zukünftige Rolle der erneuerbaren Energien**

Der aktuelle Beitrag der EE am Endenergieverbrauch liegt mit 1050 PJ/a (2011) bei 12 %. Er ist innerhalb eines Jahrzehnts um das Dreifache gestiegen, was einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 10 %/a entspricht. Der Beitrag der EE-Wärme ist mit 494 PJ/a derzeit noch höher als der EE-Strombeitrag (438 PJ/a bzw. 122 TWh/a). Es folgt mit deutlichem Abstand der Beitrag der Biokraftstoffe mit 118 PJ/a. Nach Energiequellen dominiert die Biomasse mit 67 %, gefolgt von der Windenergie mit 16 %, der Solarstrahlung mit 9 % und der Wasserkraft mit 6 %. Der Beitrag der Erd- und Umweltwärme ist mit 2 % noch sehr gering. Da sich die EE laut Energiekonzept zur tragenden Säule der zukünftigen Energieversorgung entwickeln sollen, verlangt diese Zielsetzung ein außerordentlich dynamisches und stetiges Wachstum aller EE-Technologien bis zur Mitte des Jahrhunderts (Abb.2). Im mittleren Szenario A erreicht der Deckungsbeitrag der EE in 2050 eine Höhe von 3360 PJ/a, wobei dann der Strombeitrag mit 1760 PJ/a (489 TWh/a) dominiert.

Die berücksichtigten Nachhaltigkeitskriterien begrenzen die zukünftige Biomassenutzung auf eine Endenergiemenge von insgesamt 1150 PJ/a, wovon 300 PJ/a als Biokraftstoffe zum Einsatz kommen. Für eine Ausweitung der Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse stehen damit nur noch geringe Beträge zur Verfügung. Im Wärmebereich muss daher die Wachstumsdynamik rasch und wirksam auf Solarwärme sowie auf Erd- und Umweltwärme übergehen, die derzeit nur mit 8 % an der EE-Wärmebereitstellung beteiligt sind. Kann ihr durchschnittliches Wachstum zwischen 2011 und 2050 auf rund 7 %/a gesteigert werden, wächst der EE-Wärmebeitrag bis 2050 auf rund 1300 PJ/a, wovon dann 50 % Solar- und Erdwärme (einschließlich Umweltwärme) sind. Einer deutlich darüber hinaus gehenden Ausweitung direkter EE-Wärmeerzeugung sind enge Grenzen gesetzt. Wegen des starken Rückgangs der Wärmenachfrage und der strukturellen Beschränkung von Solar- und Erd-

wärme auf Niedertemperaturwärme dürfte die Obergrenze unter den hier angenommenen Effizienzsteigerungen im Wärmesektor bei rund 800 PJ/a liegen. Dies entspricht knapp 30 % der in 2050 noch insgesamt nachgefragten Wärme. Der Einsatz von EE-Strom im Wärmebereich spielt eine zunehmend größere Rolle, da bei seiner Ausweitung derartige strukturelle Grenzen nicht vorhanden sind.

Mit Wind, Sonne und Geothermie stehen drei Energiequellen mit praktisch „unbegrenzten“ technologischen Potenzialen zur Verfügung. Der zur Erreichung einer THG-Reduktion von 80 % bis 2050 erforderliche Beitrag der EE-Stromerzeugung in Höhe von 490 TWh/a bzw. 1760 PJ/a ist daher prinzipiell gut darstellbar. Unter Abwägung ökonomischer und struktureller Randbedingungen (u. a. einer ausreichenden gesicherten Leistung) setzt sich dieser EE-Strombeitrag aus 53 % Windstrom, 26 % Solarstrom (Fotovoltaik und solaren Stromimport) und 4 % Geothermiestrom zusammen. Die restlichen 17 % decken Wasserkraft und Biomasse, die mit zusammen 85 TWh/a ihre Potenziale ausgeschöpft haben.

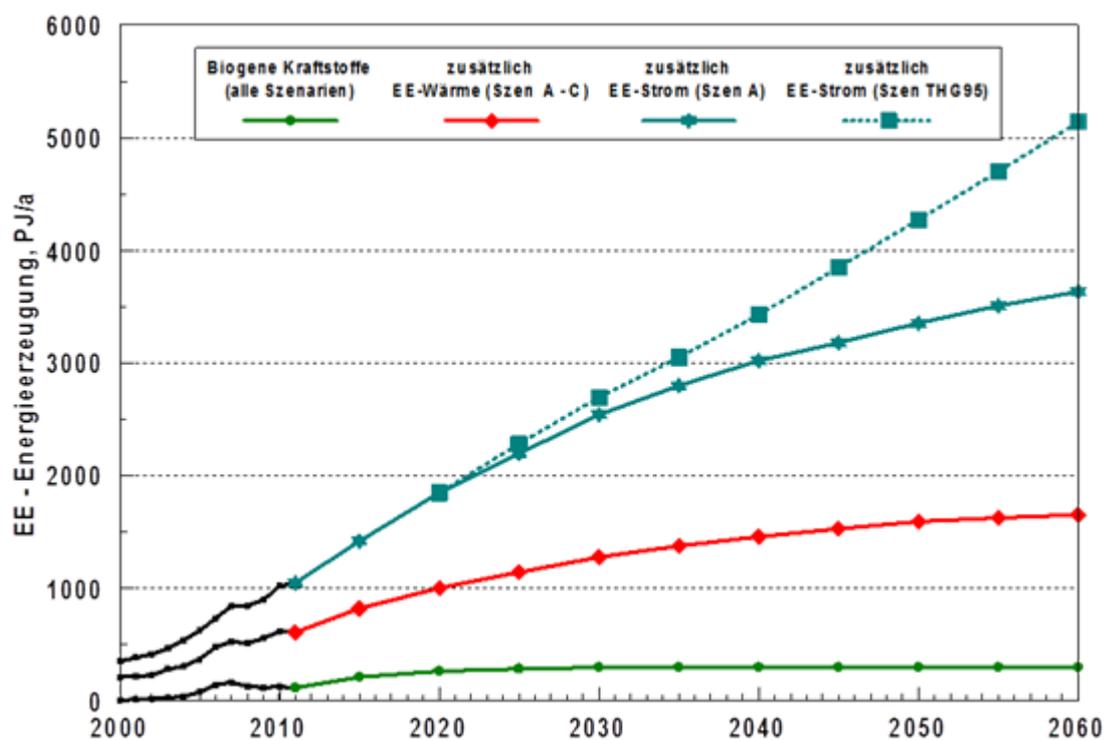


Abb. 2: Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien unterschieden nach Strom, Wärme und biogenen Kraftstoffen für die Szenarien 2011 A und THG95. Quelle [1].

Der Einsatz von EE-Strom im Wärme- und Verkehrssektor zur Substitution fossiler Energieträger verstärkt sich, wenn noch höhere EE-Beiträge, wie im Fall einer notwendigen EE-Vollversorgung benötigt werden. Diesen Fall stellt in Abb. 2 die gestrichelte Linie für das Szenario THG95 dar. Bereits in 2050 ist dann eine EE-Stromerzeugung von insgesamt 745 TWh/a (2680 PJ/a) erforderlich. Bis zum Zeitpunkt der angenommenen EE-Vollversorgung im Jahr 2060 wächst dieser Betrag auf 968 TWh/a (3485 PJ/a). EE-Strom ist damit zur eigentlichen „Primärenergie“ dieses Jahrhunderts geworden. Mit diesem EE-Stromangebot können bis zum Jahr 2060 fossile Energieträger aus allen Nutzungsbereichen verdrängt werden. Ein beträchtlicher Anteil des EE-Stroms kann jedoch nicht unmittelbar genutzt werden, sondern

muss mittels chemischer Speicherung als Wasserstoff oder Methan einer Nutzung zugeführt werden.

Die durch EE insgesamt bereitgestellte Energiemenge beläuft sich in diesem Szenario im Jahr 2060 auf knapp 5200 PJ/a. Für die erforderliche EE-Strommenge gibt es keine grundsätzlichen Bereitstellungsgrenzen. Der Energiemix verschiebt sich jedoch weiter in Richtung Sonne und Geothermie und lautet jetzt 49 % Windstrom, 36 % Solarstrom und 7 % Geothermiestrom. Wasserkraft und Biomasse kommen zusammen nur noch auf 8 % Anteil. Aus ökonomischen und strukturellen Gründen ist ein höherer EE-Stromimport empfehlenswert. Im Szenario THG95 liegt er im Jahr 2060 bei 28 %, während er in den Szenarien A bis C im Jahr 2050 mit 13 % angenommen wurde.

Der erläuterte deutliche Zubau von EE-Strom, insbesondere aus Sonne und Wind, führt zu deutlich steigenden Leistungen der EE-Erzeugungskapazitäten. Aus den Szenarien ergibt sich der in Tab. 1 dargestellte Zubaukorridor Die Untergrenze wird durch das Szenario C charakterisiert, die Obergrenzen durch das Szenario THG95. Von 55 GW EE-Leistung im Jahr 2010 (2011: 65,5 GW) steigt die im Inland installierte EE-Leistung bis 2050 auf 164 bis 218 GW. Rund 80 % der EE-Leistung stammen von den fluktuierenden Energiequellen Wind und Photovoltaik. Dies verlangt eine zunehmend flexible Restlastdeckung durch gut regelbare konventionelle Erzeugungskapazitäten und in wachsendem Ausmaß auch durch Speicher.

Tab. 1: Korridor des erforderlichen Zubaus von EE- Leistung (GW) definiert durch die Szenarien 2011 C und 2011 THG95

	Untergrenze						Obergrenze			
	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2030	2040	2050	2060
Wasser	4,4	4,7	4,9	5,1	5,2	5,3	4,9	5,1	5,2	5,3
Biomasse	6,4	8,4	10,0	10,4	10,4	10,4	10,0	10,4	10,4	10,4
Wind	27,2	49,0	70,2	77,5	79,0	83,0	77,8	97,7	115,3	141,8
Photovoltaik	17,3	53,5	61,0	63,1	67,2	70,0	67,9	75,2	81,8	86,4
Geothermie	0,01	0,3	1,0	1,8	2,4	3,2	1,0	2,2	4,9	8,6
<b>Summe EE</b>	<b>55,3</b>	<b>115,9</b>	<b>147,1</b>	<b>157,9</b>	<b>164,2</b>	<b>171,9</b>	<b>161,6</b>	<b>190,6</b>	<b>217,6</b>	<b>252,5</b>
zusätzlich EE-Import	0	0,4	3,6	5,9	7,0	9,3	5,4	14,0	29,0	44,0
<b>Übrige Leistung</b>	<b>108,7</b>	<b>89,8</b>	<b>69,3</b>	<b>55,9</b>	<b>40,1</b>	<b>36,4</b>	<b>81,5</b>	<b>65,4</b>	<b>44,6</b>	<b>39,5</b>

Die konventionelle Leistung (einschließlich Speicherleistung) geht von derzeit 109 GW kontinuierlich zurück (Tab. 1; letzte Zeile). Dies betrifft neben dem Rückbau der Kernenergie nahezu ausschließlich fossile Grundlast. Längerfristig bleibt ein regelbarer konventioneller Leistungsbedarf in der Größenordnung von 40 GW in Form von flexiblen gasgefeuerten Anlagen unterschiedlicher Leistung, u. a. auf der Basis flexibler KWK-Anlagen mit Wärmespeichern, und von Speicheranlagen bestehen. In unterschiedlichem Ausmaß wird die in den Szenarien

installierte Gaskraftwerksleistung längerfristig auch mit Wasserstoff bzw. Methan versorgt. Diese Kombination gewährleistet zusammen mit dem stetig verfügbaren Teil der EE-Leistung (Biomasse, Wasserkraft, Geothermie, Import solarthermischen Stroms) eine jederzeit gesicherte Stromversorgung. Dabei ist zu beachten, dass infolge der angenommenen Stromverbrauchsreduktion und Lastmanagementmaßnahmen die nachgefragte Höchstlast zukünftig geringer ausfallen wird.

Um ausreichend rasch genügend Flexibilität in der Stromerzeugung für die Deckung der Residuallast zu erreichen und um gleichzeitig die CO<sub>2</sub>-Minderungsziele einhalten zu können, müssen ältere Kohlekraftwerke in größerem Umfang stillgelegt, Gaskraftwerke dagegen ausgebaut werden. In den Szenarien 2011 werden bis 2020 insgesamt 36 GW fossile Altkraftwerke stillgelegt bzw. in die Kaltreserve überführt. Diesem Rückgang steht ein Neubau fossiler Kraftwerke von 27 GW (davon 12 GW in Kraft-Wärme-Kopplung) gegenüber. Außerdem wird ein Zubau von 1,5 GW Pumpspeicherleistung angenommen. Außer den derzeit in Bau befindlichen gehen keine neuen Kohlekraftwerke mehr in Betrieb. An neuen Gaskraftwerken werden insgesamt 13 GW benötigt, wovon ca. 4 GW dezentrale BHKW sein sollten. Im Saldo ist im Jahr 2020 die Leistung in Gaskraftwerken (einschl. BHKW) um 9 GW höher als heute, die gesamte konventionelle Leistung, einschließlich Speicher, beträgt 90 GW.

## **Flächeninanspruchnahme durch erneuerbare Energien**

Das Energieangebot natürlicher Energieströme hat naturgemäß eine geringe flächenspezifische Energiedichte. Wesentliches Kennzeichen der meisten Nutzungstechniken der EE ist daher ihre flächenhafte Ausdehnung. Für Wärme niedriger bis mittlerer Temperatur (80 bis 200 °C) sind die flächenspezifischen Erträge mit 250 bis 300 kWh<sub>th</sub>/m<sup>2</sup> am höchsten (Kollektor in Mitteleuropa), für Fotovoltaikstrom sind sie mit 100 bis 120 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> deutlich niedriger. Allerdings sind bei hohen Einstrahlungen in südlichen Breiten mit solarthermischen Kraftwerken auch erhebliche Ausbeuten bis zu 300 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> erzielbar. Typische flächenspezifische Erträge bei der Windenergie von 40 (Onshore) bis zu 80 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> (Offshore) beziehen sich auf die auch noch für andere Zwecke nutzbare Fläche von Windparks mit einer Aufstellichte von 20 MW/km<sup>2</sup>. Die Umwandlung in speicherbare Energieträger führt zu zusätzlichen Verlusten. Solarer Wasserstoff kann mit Erträgen von 150 bis 170 kWh<sub>chem</sub>/m<sup>2</sup> bereitgestellt werden (aus solarem Importstrom und Elektrolyse), Wasserstoff aus Wind-Offshore-Strom kommt auf Erträge von 50 bis 70 kWh<sub>chem</sub>/m<sup>2</sup>. Für die Bereitstellung von EE-Methan aus Wasserstoff verringern sich die Erträge nochmals um etwa den Faktor 0,8.

Die technische Nutzung der Solarstrahlung oder der Windenergie liefert um ein bis zwei Größenordnungen höhere flächenspezifische Erträge als die energetische Nutzung von Biomasse. Das gilt auch für die Bereitstellung von Energieträgern derselben Qualität, also Wasserstoff oder Methan im Vergleich zu speicherbaren Bioenergieträgern. Große Energiebeiträge, wie sie insbesondere Regionen mit hoher Energieverbrauchsichte (Großstädte, Ballungszentren, Industrieregionen, insbesondere Megastädte in Schwellen- und Entwicklungsländern) benötigen, werden daher nur mittels technischer EE-Systeme (und nicht über Biomasse) bereitstellbar sein, wenn ihr Energiebedarf überwiegend durch EE gedeckt werden soll. Biomasse ist zwar für den Einstieg in eine auf EE basierende Energieversorgung ein wichtiger Bestandteil, insbesondere weil sie traditionell in der Wärmenutzung bereits eingeführt ist und dort hohe Anteile hat. Längerfristig stößt ein ausgeweiteter Einsatz wegen des großen Flächenbedarfs (und anderer ökologischer Nutzungskriterien) an klare Potenzial-

grenzen. Die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und zu einem verbesserten Naturschutz sowie mögliche Umweltgefährdungen durch zu intensiven oder unsachgemäßen Anbau von Energiepflanzen verstärken noch die Notwendigkeit, mit der Ressource „Biomasse“ sehr sorgfältig umzugehen. Eine wichtige Voraussetzung für eine verantwortbare energetische Nutzung von Biomasse sind daher klar umrissene „ökologisch“ begrenzte Potenziale, die diese Rahmenbedingungen vorrangig berücksichtigen. Auf dieser Basis stehen in Deutschland Biomassen mit einem (Primär-)Energieinhalt von maximal rund 1500 PJ/a zur nachhaltigen Nutzung zur Verfügung [1]. Diese werden bereits bis 2030 in den Szenarien ausgeschöpft. Darunter beläuft sich das nachhaltig nutzbare Potenzial an Reststoffen auf maximal 800 PJ/a, einschließlich des organischen Anteils im Abfall. Die Reststoffe bestehen wiederum zu ca. 640 PJ/a aus festen Reststoffen und ca.160 PJ/a aus vergärbaren Reststoffen. Im Jahr 2010 wurden mit rund 500 PJ/a bereits 62 % des Reststoffpotenzials genutzt. An nutzbarer inländischer Landfläche zum nachhaltigen Anbau von Energiepflanzen werden maximal 4,2 Mio. ha; Abb. 3) angenommen worden, was immerhin knapp 12 % der Fläche Deutschlands entspricht (rund 50 % der Fläche ist landwirtschaftliche Nutzfläche).

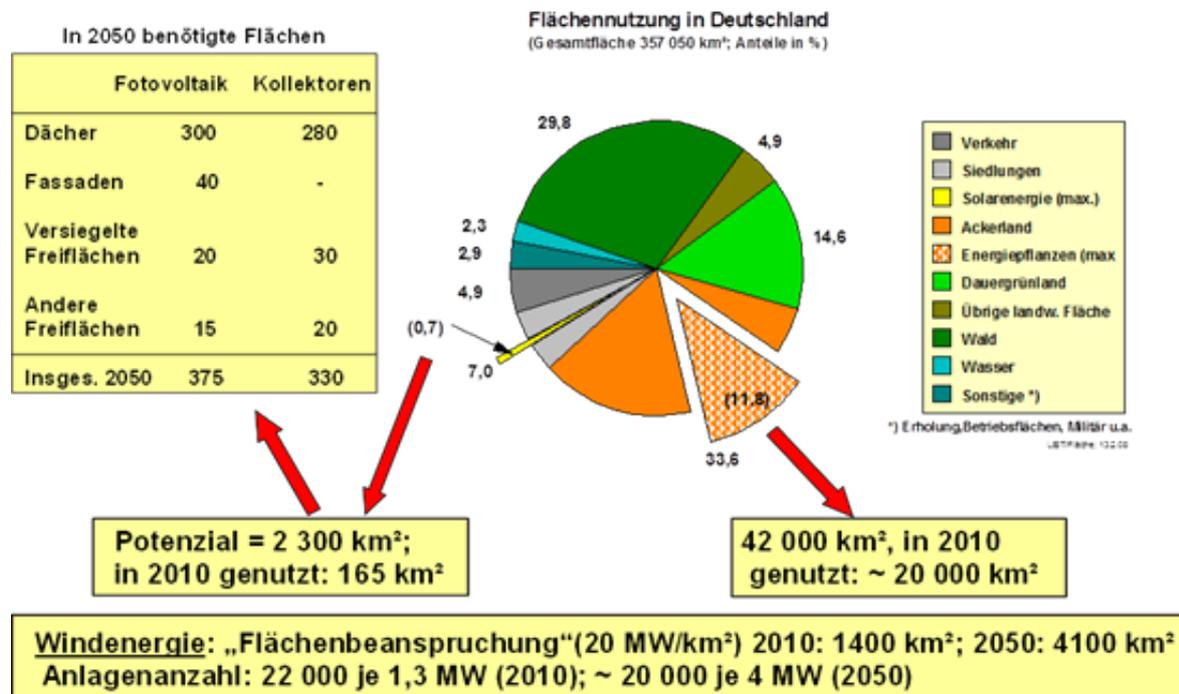


Abb. 3: Maximaler Flächenbedarf für den in den Langfristszenarien 2011 angenommenen EE-Ausbau

Mit 1,97 Mio. ha werden derzeit bereits rund 50 % davon genutzt und zwar 1,17 Mio. ha für Kraftstoffe (vorwiegend Raps) und 0,80 Mio. ha für die Biogaserzeugung (vorwiegend Mais). In den Langfristszenarien 2011 wird die maximale Fläche für die Bereitstellung von Biogas nur noch gering ausgeweitet (1 Mio. ha), stattdessen wird von einer deutlichen Zunahme von Kurzumtriebsplantagen ausgegangen (0,9 Mio. ha), die bei höheren Erträgen und kleinräumiger Anpflanzung aus Naturschutzgründen zu bevorzugen sind. Die übrigen 2,3 Mio. ha Anbaufläche werden in den Szenarien für die Bereitstellung von Biokraftstoffen verwendet.

Bei einem angenommenen Bruttoertrag von ~130 GJ/ha, wie er für Kraftstoffe der 2. Generation (BtL, Ethanol aus Zuckerrüben, Biomethan) zukünftig möglich erscheint, könnten dann maximal 300 PJ/a an biogenen Kraftstoffen im Inland bereitgestellt werden.

Der Flächenbedarf der technischen EE-Anlagen in den Langfristszenarien ist demgegenüber sehr viel geringer. Für Fotovoltaik und solarthermische Kollektoren werden vom insgesamt verfügbaren Flächenpotenzial in Höhe von 2.300 km<sup>2</sup> (0,7 % der Fläche Deutschlands) in 2050 lediglich 700 km<sup>2</sup> benötigt, die vollständig auf Dächern, an Fassaden und auf versiegelten Freiflächen installierbar sind. Großflächige Freiflächenanlagen für Fotovoltaik, wie sie bisher aus Kostengründen errichtet werden, sollten daher in nur noch geringem Maße gebaut werden.

Bezeichnet man die in Windparks erforderlichen Abstände zwischen Einzelanlagen mit einem Kennwert von 20 MW/km<sup>2</sup> als Flächeninanspruchnahme, so erhält man einen „Flächenbedarf“ von Windanlagen an Land von maximal 4.100 km<sup>2</sup>, was 1,2 % der Landfläche Deutschlands entspricht (Abb. 3). Nur 60-80 km<sup>2</sup> davon, also weniger als 2 %, sind durch Fundamente und Nebenanlagen versiegelt. Da dieser tatsächliche Flächenverbrauch im Vergleich zu anderen Flächenanforderungen (z. B. für Gebäude und Straßen) unbedeutend ist, und sich selbst der oben erläuterte „Flächenbedarf“ von Windparks in Grenzen hält, stellt lediglich die prinzipielle Sichtbarkeit von Windanlagen und damit ihr Einfluss auf das „Landschaftsbild“ das eigentliche Konfliktfeld bei ihrer Nutzung dar.

## **Gesamtwirtschaftliche Bewertung des Zubaus erneuerbarer Energien**

Die jährlich zu installierenden Leistungen der EE-Technologien (vgl. Tab. 1) bestimmen in Kombination mit den spezifischen Kosten und den angenommenen Kostendegressionen der Einzeltechniken das durch den Ausbau der EE entstehende Investitionsvolumen. Es ist ein wichtiger Indikator dafür, welchen Mobilisierungseffekt das vorhandene Förderinstrumentarium hervorruft und mit welchen Kosten die derzeitige Förderung der EE verbunden ist. Um die Investitionen in EE-Technologien einordnen zu können, ist ein Vergleich mit den derzeit und zukünftig erforderlichen Investitionen für die konventionelle Energieversorgung nützlich. Im Stromsektor dominieren die Investitionen in EE-Anlagen. Sie liegen im gesamten Zeitraum zwischen 12 und 13 Mrd. €/a, die Spitzenwerte der Jahre 2010 und 2011 mit 23 bzw. 20 Mrd. €/a, die aus dem hohen Zubau der Fotovoltaik resultierten, gehen deutlich zurück. Die Investitionen in fossile Kraftwerke sind im nächsten Jahrzehnt mit durchschnittlich 4 Mrd. €/a (bis 2015) bzw. 3 Mrd. €/a (2015-2020) noch relativ hoch. Danach sinken sie tendenziell auf eine Größenordnung von durchschnittlich 1 Mrd. €/a. Demnach sind bis 2030 insgesamt rund 40 Mrd. € in konventionelle Kraftwerke zu investieren; für EE zur Stromerzeugung sind es dagegen rund 240 Mrd. €.

Im Wärmesektor macht sich der derzeit noch geringe Beitrag der EE auch in der Investitionsaufteilung bemerkbar. Im jetzigen Jahrzehnt überwiegen mit durchschnittlich 9 bis 11 Mrd. €/a eindeutig die konventionellen Heizungs- und Feuerungsanlagen. Die Investitionen in EE-Anlagen wachsen stetig von rund 5 Mrd. €/a auf langfristig knapp 10 Mrd. €/a, wobei Kollektor- und Geothermieanlagen (einschließlich Wärmepumpen) die Wachstumsdynamik bestimmen. Insgesamt sinkt der Investitionsbedarf in Anlagen zur Wärmebereitstellung von derzeit 15 Mrd. €/a auf 10 Mrd. €/a, weil mit der deutlich Senkung des Wärmebedarfs auch die erforderlichen Leistungen für Wärmeerzeuger in Zukunft zurückgehen. Bis

2030 belaufen sich die kumulierten Investitionen in EE-Anlagen im Wärmesektor auf 140 Mrd. €/a, die für konventionelle Wärmeerzeuger auf 150 Mrd. €/a. Das gesamte Investitionsvolumen beider Sektoren ist also von vergleichbarer Größenordnung.

Der Ersatz fossiler Energieanlagen durch EE-Anlagen geht einher mit einer massiven Verlagerung von „Energieausgaben“ auf die investive Seite. Dadurch reduzieren sich die Ausgaben für den Einkauf zukünftig teurer werdender fossiler Energien erheblich. Derzeit vermeiden die EE bereits rund 6 Mrd. €/a an Importkosten für Öl, Gas und Kohle. Bis 2030 steigt die Kosteneinsparung für Energieimporte in den Szenarien auf 30 bis 40 Mrd. €/a und bis 2050 auf 60 bis 70 Mrd. €/a. Dies ist nur einer der Nutzenaspekte des EE-Ausbaus.

Die gesamtwirtschaftlich aufzubringenden Kosten der Einführung von EE – und der sich zukünftig einstellende Nutzen ihres breiten Einsatzes – können in Form von Differenzkosten gegenüber einer fiktiven Energieversorgung, die ihren Energiebedarf ohne EE deckt, dargestellt werden. Bis Ende 2010 sind für alle EE kumulierte Differenzkosten in Höhe von 44 Mrd. € aufgelaufen; davon für Windenergie 20 Mrd. € und für Fotovoltaik 15 Mrd. €. In diesem Jahrzehnt werden durch den weiteren EE-Zubau, insbesondere der Fotovoltaik, weitere 111 Mrd. € dazukommen. Bis 2030 kumulieren sich die Differenzkosten auf insgesamt 181 Mrd. €, von denen allein 140 Mrd. € durch die Fotovoltaik verursacht sein werden. Zu beachten ist allerdings, dass die bis Ende 2011 errichteten Fotovoltaikanlagen davon bereits 127 Mrd. € an Zahlungsverpflichtungen verursacht haben, der weitere Zubau der Fotovoltaik bis 2030 wird nur noch ein geringes Anwachsen der Differenzkosten bewirken. Dies macht deutlich, dass die durch das EEG induzierten Vorleistungen jetzt bereits weitgehend festliegen. Zukünftig werden sich dagegen die positiven Folgen dieses Instruments deutlich zeigen. Nach 2030 sinken die kumulierten Differenzkosten auch unter Einschluss der Fotovoltaik. In 2050 hat das in Richtung EE (und Effizienz) transformierte Energiesystem bereits rund 270 Mrd. € weniger Kosten verursacht als ein Energiesystem, welches sich auch noch in 2050 auf eine durch fossile Energien geprägte Struktur abstützen würde.

Die Entwicklung der Differenzkosten der EE-Stromerzeugung kann am Verlauf der mittleren Stromgestehungskosten illustriert werden (Abb.4). Im realen Marktgeschehen liegen die mittleren Erzeugungskosten der Stromerzeugung aller EE-Anlagen derzeit mit knapp 13 ct/kWh noch deutlich über denjenigen des aktuellen Bestands der konventionellen Stromerzeuger mit knapp 5 ct/kWh. Der steile Anstieg der EE-Kosten in den letzten Jahren ist durch die Fotovoltaik bewirkt worden. Ohne Fotovoltaik lagen die mittleren Stromgestehungskosten der restlichen EE-Bestandsanlagen in 2010 bei 8,5 ct/kWh. Die Umlage der Differenzkosten auf die gesamte Nettostromerzeugung bewirkte in 2010 eine Erhöhung der mittleren Stromgestehungskosten der gesamten Stromversorgung um 1,7 ct/kWh auf 6,5 ct/kWh. Für das Jahr 2012 bewirkt die Umlage der Differenzkosten (die auf die gesamte Nettostromerzeugung bezogen sind) eine mittlere Strompreiserhöhung von 2,09 ct<sub>2009</sub>/kWh. Dies ist ein erheblicher Unterschied zur offiziellen EEG-Umlage in Höhe von derzeit 3,59 ct<sub>2012</sub>/kWh<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Bei der EEG-Umlage wird ein Teil der Industrie von der Umlage ausgenommen, sodass die Mehrkosten für die verbleibenden „nicht privilegierten“ Stromverbraucher entsprechend höher ausfallen.

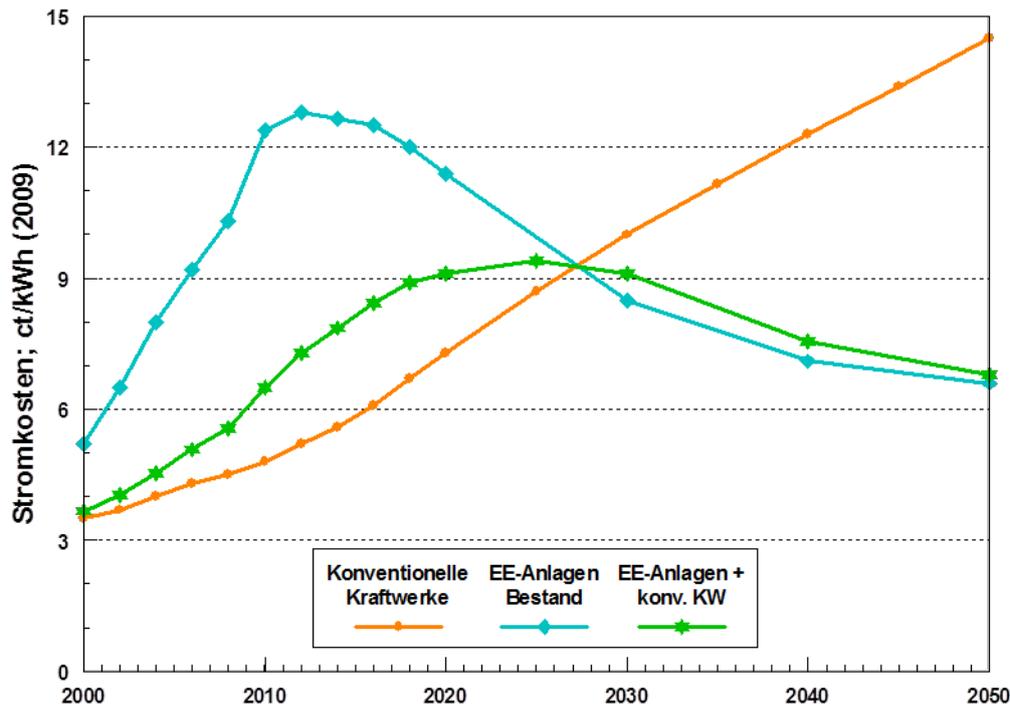


Abb. 4: Mittlere Stromgestehungskosten konventioneller Kraftwerke, des EE-Mixes und der Gesamtheit aller stromerzeugender Anlagen im Szenario 2011 A für eine Energiepreisentwicklung gemäß Preisfad A. Quelle [1].

Kurz vor 2030 beginnen die EE die Stromgestehungskosten vom weiter steigenden Kostenniveau fossiler Kraftwerke zu entkoppeln. Die aufgrund weiterer technischer Innovationen und stetiger Marktausweitung weiter sinkenden EE-Stromgestehungskosten führen zu einer Reduktion der mittleren Stromgestehungskosten der gesamten Stromversorgung auf ein Niveau von 7 ct/kWh in 2050. Das Kostenniveau des Jahres 2050 (in realen Preisen des Jahres 2009) ist also damit nur geringfügig höher als heute. Im Gegensatz zu heute steht dann aber Strom aus risikoarmen, weitgehend klimaneutralen und unbegrenzt verfügbaren Energiequellen zur Verfügung. Die hier beispielhaft vorgestellten ökonomischen Modellrechnungen aus [1] zeigen, dass die im Energiekonzept angestrebte Transformation des Energiesystems, zu der ein erheblicher Zubau von Technologien zur Nutzung der EE gehört, nur dann marktgetrieben erfolgen kann, wenn sich in den Energiepreissignalen die vermiedenen Kosten des Klimawandels und andere unberücksichtigte Schäden der fossilen Energiebeschaffung angemessen widerspiegeln. Dies erfordert ein gegenüber dem heutigen Zustand deutlich verändertes Marktdesign. Kurzfristige Grenzkosten der Strombereitstellung in Kombination mit einem völlig unzulänglichen Emissionshandel eignen sich nicht als Signalgeber für den Weg in eine nachhaltige Energiezukunft. Derzeit werden die notwendigen Korrekturen in Form von Förderinstrumenten und anderer staatlicher „Leitplanken“ eher als willkürliche Kostenfaktoren und damit als „Belastung“ wahrgenommen. Die notwendigen und langfristig vorteilhaften Korrekturen dieses „Marktversagens“ müssen daher von einer mutigen und aufgeklärten Energiepolitik, welche die Belange des Umwelt- und Klimaschutzes sowie der Energiesicherheit gleichrangig neben wirtschafts- und sozialpolitische Interessen stellt, den Bürgern vermittelt und konsequent weiterverfolgt werden. Andernfalls wird der im Ener-

giekonzept der Bundesregierung angekündigte Transformationsprozess hin zu einer auf erneuerbaren Energien und hoher Energieeffizienz basierenden Energieversorgung nicht stattfinden können.

## Literatur

- [1] NITSCH, J.; PREGGER, T.; GERHARDT, N.; WENZEL, B., u. a. (2012): „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global.“ Schlussbericht, DLR Stuttgart, Fraunhofer IWES Kassel und IFNE Teltow im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), März 2012; [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)
- [2] DTO.: „Leitstudie 2010“, Februar 2011.
- [3] SCHLESINGER, M.; LINDENBERGER, D.; LUTZ, CH. (2010): „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“. Studienprojekt Nr. 12/10 im Auftrag des BMWi, EWI Köln, Prognos Basel, GWS Osnabrück, 27. August 2010.
- [4] IEA (2010): “World Energy Outlook 2010”. Hrsg.: International Energy Agency (IEA), Paris/OECD, 2010

# Gebietskulisse Windkraft – Umweltplanungshilfe für Kommunen und Regionalplanung in Bayern

Katharina Stroh, Marion Lautenbacher

Die Gebietskulisse Windkraft ist eine Karte, die ausreichend windhöfliche (Windgeschwindigkeit von min. 4,5 m/s in 140 m Höhe) Flächen ausweist, in denen ausschließlich aus naturschutz- und immissionsschutzfachlichen Gründen eine Nutzung der Windkraft voraussichtlich möglich ist. Ziel der Gebietskulisse Windkraft ist es, insbesondere Kommunen, Regionalen Planungsverbänden und den fachlich berührten Stellen der Regierungen eine Umweltplanungshilfe zur Verfügung zu stellen, um die Nutzung der Windenergie auf konfliktarme Flächen zu lenken. Dies erhöht die Akzeptanz für die Windenergie, hilft Konflikte bereits im Vorfeld zu minimieren und trägt zu einer deutlichen Verkürzung der Genehmigungsverfahren bei.

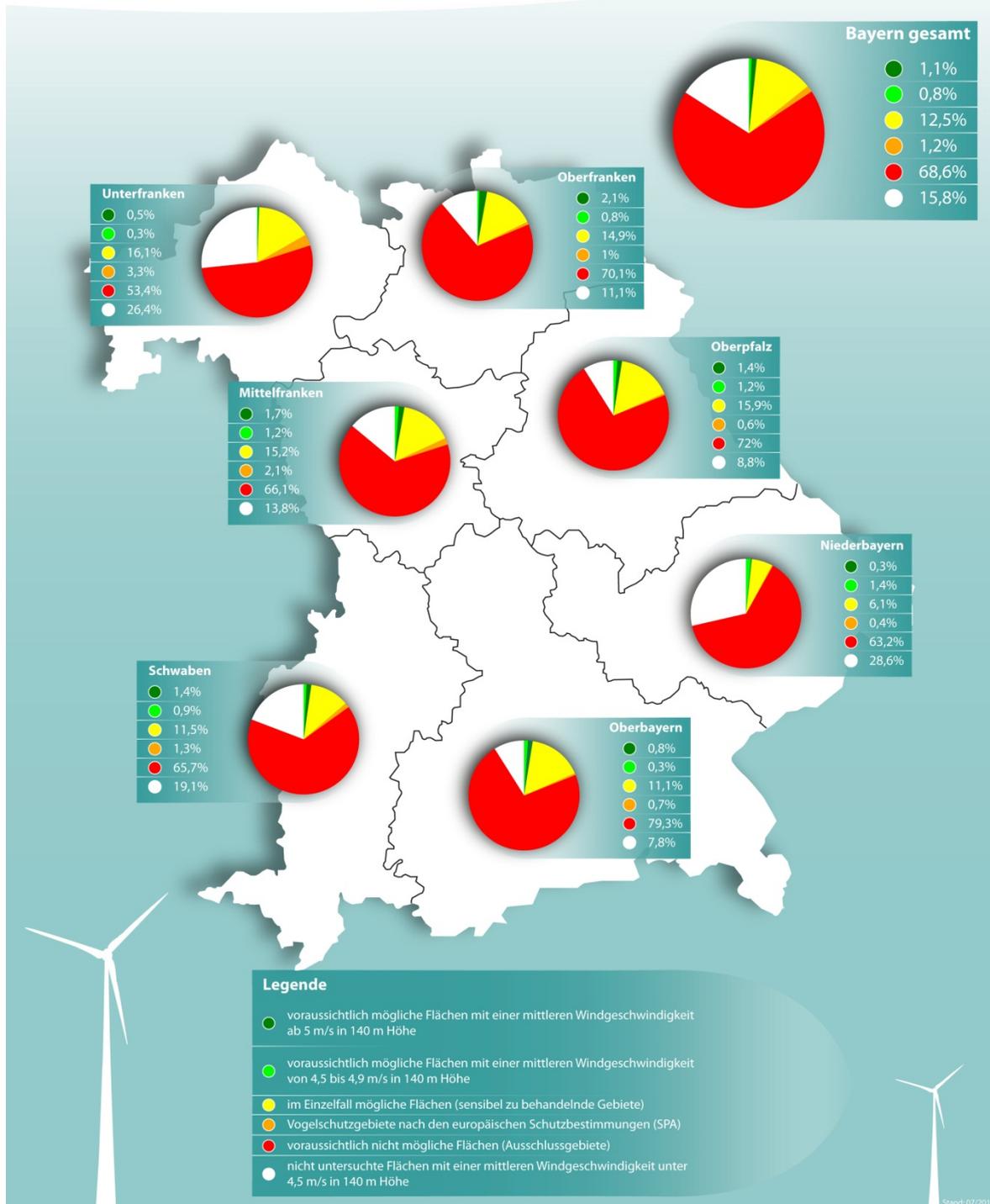
## Entwicklung

Im ersten Schritt wurden Belange des Immissionsschutzes (Abstände zur Wohnbebauung) und des Naturschutzes (z. B. Ausgrenzung von Schutzgebieten und sonstigen naturschutzfachlich relevanten Bereichen, anschließend Einstufung als Ausschlussflächen oder sensible Bereiche) geprüft und bayernweit Flächen ermittelt, auf denen diese Belange der Windenergienutzung im Regelfall nicht entgegenstehen. Zusätzlich wurden Belange des Trinkwasser- und Heilquellenschutzes, der Rohstoffsicherung, des Erdbebendienstes sowie Abstände zu Verkehrswegen, Hochspannungsfreileitungen und Umspannwerken berücksichtigt. Diese Flächen wurden in einer Karte dargestellt. Anschließend wurde die Karte mit den Windgeschwindigkeiten überlagert. In der Gesamtschau ergibt sich eine „Positivkarte“, aus der auf einen Blick erkennbar ist, welche Standorte für Windkraftanlagen aus immissions- und naturschutzfachlicher Sicht grundsätzlich geeignet wären.

Die Gebietskulisse Windkraft teilt die gesamte Landesfläche Bayerns in sechs Kategorien ein:

- Grün: Für Windkraftnutzung voraussichtlich mögliche Flächen mit einer mittleren Windgeschwindigkeit ab 5 m/s in 140 m Höhe.
- Hellgrün: Für Windkraftnutzung voraussichtlich mögliche Flächen mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 4,5 bis 4,9 m/s in 140 m Höhe (trägt der zukünftigen Entwicklung von effizienteren Windenergieanlagen Rechnung).
- Gelb: Für Windkraftnutzung im Einzelfall voraussichtlich mögliche Flächen.
- Orange: Vogelschutzgebiete nach europäischen Schutzbestimmungen. Auf diesen Flächen ist die Windenergienutzung ausgeschlossen, wenn Erhaltungsziele erheblich beeinträchtigt werden.
- Rot: Für Windkraftnutzung voraussichtlich nicht mögliche Flächen.
- keine Farbe: Flächen mit einer mittleren Windgeschwindigkeit unter 4,5 m/s in 140 m Höhe. Diese Flächen wurden nicht weiter untersucht, da hier ein wirtschaftlicher Betrieb von Windkraftanlagen üblicherweise nicht zu erwarten ist.

# Verteilung der Flächenkategorien der Gebietskulisse Windkraft



www.energieatlas.bayern.de

© Bayerisches Landesamt für Umwelt

Abb. 1: Verteilung der Flächenkategorien der Gebietskulisse Windkraft in Bayern

Die Gebietskulisse Windkraft ersetzt nicht das immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren und ein Rechtsanspruch (etwa auf eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung) lässt sich aus der Gebietskulisse Windkraft ausdrücklich nicht ableiten. Auch die kommunale Planungshoheit und die Planungsbefugnis der Regionalen Planungsverbände bleiben von der Gebietskulisse Windkraft unberührt. Sie soll als Umweltplanungshilfe einer ersten Orientierung dienen und hat keinen verbindlichen Charakter.

## **Abstimmung und Veröffentlichung**

Die erzeugte Karte wurde zunächst den Höheren Naturschutzbehörden der Regierungen zur naturschutzfachlichen Vorprüfung gegeben. Auftrag war, die verbleibenden Flächen auf Basis der „Vorläufigen Hinweise für die naturschutzrechtliche Prüfung von Windkraftanlagen (WKA)“ des StMUG bis zum 11.11.2011 zu prüfen und ggf. einzuschränken.

Die Gebietskulisse Windkraft wurde anschließend zunächst den Kommunen, Regierungen und Regionalen Planungsverbänden über den Energie-Atlas Bayern passwortgeschützt für eine Prüfphase zur Verfügung gestellt, damit die spezifischen lokalen Kenntnisse in den Planungsprozess einfließen können. Auch den Landtagsabgeordneten sowie den am Windenergie-Erlass beteiligten Ressorts wurde die Möglichkeit einer Zugangskennung eingeräumt.

Über 60 % der bayerischen Kommunen haben in der Prüfphase einen Zugang beantragt. Trotz der hohen Zahl von Zugängen gab es nur eine geringe Zahl von Rückmeldungen mit Änderungswünschen, was zeigt, dass sich die Gebietskulisse Windkraft grundsätzlich bewährt hat. Nach Abschluß dieser Phase wurde die Gebietskulisse Windkraft noch einmal überarbeitet, um die Anmerkungen und Korrekturen zu berücksichtigen.

Beispielsweise wurden in einzelnen Fällen Feldscheunen fälschlicherweise als Wohngebäude registriert und die umliegenden Gebiete dadurch von der Windkraftnutzung ausgeschlossen. Erst durch die Kenntnisse vor Ort können solche Fehler berichtigt werden. Nach dieser Überarbeitung wurde die Gebietskulisse Windkraft der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Sie ist seit Mai 2012 für die Öffentlichkeit verfügbar.

## **Ergebnis**

Nach derzeitigem Stand beträgt der Anteil der grünen, d. h. voraussichtlich möglichen Flächen an der gesamten Landesfläche 1,9 % (davon 1,1 % grün und 0,8 % hellgrün). Grob geschätzt sind lediglich 0,2 % der Landesfläche erforderlich, um die angestrebte Zahl von 1.000 bis 1.500 neuer Windkraftanlagen zu errichten und das Ausbauziel des bayerischen Energiekonzepts zu erreichen.

Da sich die grünen Flächen unterschiedlich auf die Regionen Bayerns verteilen, ist Windkraftnutzung unter ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Gründen nicht in allen Regionen gleichermaßen sinnvoll. Regionale Unterschiede müssen im zukünftigen Ökoenergiemix berücksichtigt werden.

## **Weiterentwicklung**

Die Gebietskulisse Windkraft wird in regelmäßigen Abständen fortgeschrieben, sodass sich die Kategorisierung einzelner Flächen ändern kann. Die nächste größere Überarbeitung steht an, wenn der Bayerische Windatlas fortgeschrieben ist (voraussichtlich ab Mitte 2013).

Zudem werden zahlreiche Belange, die einer Windkraftnutzung entgegenstehen können, in der Gebietskulisse Windkraft noch nicht geprüft, wie beispielsweise Belange des Denkmalschutzes oder des Militärs. Dazu gehören Schutzzonen, wie Radaranlagen zur Luftraumüberwachung, Flugsicherungseinrichtungen, Hubschraubertiefflugstrecken, Richtfunkstrecken und Schutzbereiche um Flughäfen und sonstige Luftverkehrsanlagen. Diese zusätzlichen Informationen werden nach und nach in den Energie-Atlas integriert, so dass sie als zusätzliche Informationen zur Gebietskulisse Windkraft verfügbar sein werden. Die Gebietskulisse Windkraft dient dem umweltverträglichen Ausbau der Windenergie in Bayern. Dabei kann sie als bayernweit einheitliche Grundlage zu einer gewissen Vereinheitlichung als auch Beschleunigung bei der Standortfestlegung für Windenergienutzung in Planungsverfahren beitragen. Und die öffentliche Diskussion, die durch die Gebietskulisse Windkraft angestoßen wurde, steuert das ihre dazu bei.

# Technologien zur Produktion regenerativer Energie – Potenziale und Standortanforderungen

Matthias Reichmuth und Alexander Schiffler

## 1 Einführung

### 1.1 Erneuerbare Energien im Energiesystem

Erneuerbare Energien können grundsätzlich in drei Sektoren des Energiesystems eingesetzt werden – als Endenergieträger werden sie zu Elektrizität, zu Wärme oder im Verkehr zu Kraftstoffen. Um den Rahmen eines einzelnen Referates nicht zu sprengen, beziehen sich die nachfolgenden Darstellungen ausschließlich auf den Stromsektor.

Innerhalb des Stromsektors sind bei den erneuerbaren Energien (EE) grundsätzlich die stetig verfügbaren Energieträger einerseits und die fluktuierenden Energieträger andererseits zu unterscheiden. In den letzten Jahren ist die Rolle der fluktuierenden EE stetig gewachsen, daher ergibt sich im Energiesystem die zunehmende Notwendigkeit

- für den Stromnetzausbau, um die Schwankungen überörtlich auszugleichen und
- für die Stromspeicherung, um die Schwankungen zeitlich auszugleichen (z. B. Tag/Nacht, Sommer/Winter).

Zusätzlich zur Gliederung nach der Verfügbarkeit ist auch eine Gliederung nach dem Flächenbedarf zu beachten: Während Windparks, PV-Freiflächenanlagen sowie angebaute Energiepflanzen in merklichem Umfang Flächen belegen und damit in Nutzungskonkurrenz zu anderen Flächennutzungen treten, können die übrigen erneuerbaren Energien – abgesehen von einzelnen Betriebsgebäuden – flächenneutral gewonnen werden, darunter auch Bioenergie aus anfallenden Reststoffen oder Photovoltaik auf Gebäuden. Diese Systematik wird in diesem Beitrag vorrangig zur Gliederung eingesetzt, da die Frage der Energielandchaften sich stärker auf Energieträger mit Flächenansprüchen bezieht.

Die Summe der Potenziale der erneuerbaren Energien ist in jedem Fall ausreichend, um Deutschland rechnerisch vollständig mit Strom zu versorgen. Die ganzjährige Versorgungssicherheit ist bei hohen Anteilen fluktuierender Energieträger im Energiesystem dagegen noch kritisch, sofern der Ausbau der Netze und der Speichersysteme nicht in gleicher Geschwindigkeit wie der Ausbau der Erzeugungsanlagen voranschreitet – genau diese Ungleichzeitigkeit stellt heute ein zentrales Problem bei der Ablösung der fossilen und nuklearen Stromerzeugung in Deutschland dar.

Der Beitrag wird sich nicht mit technischen Einzelheiten aus der Forschung oder Entwicklung befassen, sondern eine Übersicht über die absehbare Rolle erneuerbarer Energien in Deutschland liefern, ausgehend von den aktuellen Tendenzen bei den heute eingesetzten erneuerbaren Energieträgern.

## 1.2 Grundbegriffe

Die erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung umfassen:

- Wasserkraft einschließlich der Wellen-, Gezeiten-, Salzgradienten- und Strömungsenergie,
- Windenergie,
- solare Strahlungsenergie,
- Geothermie,
- Energie aus Biomasse einschließlich Biogas, Biomethan, Deponiegas und Klärgas sowie aus dem biologisch abbaubaren Anteil von Abfällen aus Haushalten und Industrie [EEG 2012].

Nicht zu den EE zählt dagegen trotz EEG-Vergütungsanspruch das Grubengas.

Bei allen erneuerbaren Energien werden Angaben zur Leistung – gemessen in kW, MW bzw. GW – und erzeugter Energiemenge (Arbeit) – gemessen in kWh, MWh, GWh bzw. TWh – unterschieden. Um die Arbeit aus der Leistung ableiten zu können, muss die typische Anzahl der jährlichen Vollbenutzungsstunden bekannt sein. Anstelle der Vollbenutzungsstunden kann auch der Auslastungsgrad (als Anteil der Vollbenutzungsstunden an allen 8.760 Stunden des Jahres) verwendet werden. Die Auslastungsgrade unterscheiden sich zwischen den verschiedenen EE beträchtlich.

## 1.3 Optionen der Energiespeicherung

Energiespeicher im Stromsektor können in nach der Art des Speichers (chemisch, elektromagnetisch usw.) oder nach seinem Einsatzzweck unterschieden werden. Nach Einsatzzweck werden Kurzzeitspeicher zum Ausgleich von Schwankungen innerhalb einiger Stunden sowie Langzeitspeicher mit Reichweiten von mehreren Tagen bis Monaten unterschieden.

Als Kurzzeitspeicher kommen in Frage: Kleinere Pumpspeicherwerke, Druckluftspeicher, verschiedene Batterietechnologien (stationär oder mobil in Elektrofahrzeugen) [BMU 2011a]. Bei einem Druckluftspeicher wird überschüssige Energie dazu genutzt, Luft in einen Speicher zu pumpen. Die komprimierte Luft sorgt für Überdruck im Speicher (Kavernen in ausgehöhlten Salzstöcken oder Hohlräume stillgelegter Bergwerke). Die komprimierte Luft kann zu Spitzenlastzeiten einer Gasturbine zur Stromerzeugung zugeführt werden. Wie auch Pumpspeicherwerke sind Druckluftspeicher an geeignete Standorte gebunden, so dass ihre Anwendung in Deutschland beschränkt ist. Bei den stationären Batterien ist noch ihr erheblicher Platzbedarf von Nachteil. Für einen Windpark mit der Größe von zehn 2-MW-Anlagen macht die Speicherung des Stromertrags einer Stunde (20 MWh) mit Bleibatterien eine Halle mit einer Grundfläche von 20 mal 20 Metern (Volumen 300 m<sup>3</sup>) erforderlich [BMU 2011a]. Alle anderen Batterietypen (Lithium-Ionen-Batterien, Redox-Flow-Batterien) befinden sich aktuell in der Entwicklungsphase und sind für derartige Großanwendungen noch zu teuer.

Als Langzeitspeicher sind möglich: Größere Pumpspeicherkraftwerke (Norwegen, Alpenländer), Wasserstoff (Speicherung in Tanks oder Kavernen bzw. direkte Einspeisung ins Erdgasnetz), Methan (Methanisierung über Zwischenschritt Wasserstoff zu Erdgasqualität)

[BMU 2011a]. Für Pumpspeicherwerke setzen die topographischen Gegebenheiten (Notwendigkeit von zwei verbundenen Speicherseen unterschiedlicher Höhenlage) dem Zubau Grenzen. Zusätzlich bietet sich die Nutzung von Pumpspeicherkraftwerken unter Tage an, bei denen stillgelegte Bergbauschächte als Wasserspeicher dienen könnten.

Die überschüssige Stromeinspeisung aus fluktuierenden Energieträgern zu Schwachlastzeiten kann auch zur Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse genutzt werden. Der Wasserstoff wiederum lässt sich in Tanks speichern oder direkt in das bestehende Erdgasnetz einspeisen, wobei aktuell ein Wasserstoffanteil im Erdgas von 5 % nicht überschritten werden darf [DVGW 2010].

Unter Verwendung von CO<sub>2</sub> kann im nächsten Schritt mit Hilfe von Wasserstoff auch Methan hergestellt werden. Diese Methanisierung könnte gleichzeitig zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen und als Speichermedium für überschüssigen Wind- oder Solarstrom dienen. Beide Vorgänge (Herstellung von Wasserstoff und Methanisierung) sind technisch möglich, Umsetzungsmöglichkeiten im großen Maßstab werden aktuell diskutiert und analysiert [SPECHT 2012].

## **2 Technologien ohne relevanten Flächenbedarf**

### **2.1 Wasserkraft**

Die Stromerzeugung aus Wasserkraft wird seit mehr 100 Jahren genutzt und ist dadurch technologisch auch ausgereift. Unter den heutigen umwelt- und naturschutzrechtlichen Rahmenbedingungen können neue Wasserkraftwerke nur an vorhandenen Querverbauungen von Fließgewässern errichtet werden. Die Neuerrichtung von Stauseen an fließenden Gewässern steht somit heute in Deutschland nicht zur Diskussion, weshalb sich eine verstärkte Nutzung der Wasserkraft auch nicht auf die Flächennutzung auswirkt.

Das Potenzial gilt bereits überwiegend als ausgeschöpft, die Jahreserträge schwanken mit dem niederschlagsbedingten Wasserabfluss jährlich und lagen in den letzten Jahren in der Größenordnung von rund 20 GWh/a.

Durch die Modernisierung bestehender Anlagen, durch die Nutzung von bisher nicht für die Wasserkraft genutzten Staustufen sowie durch vereinzelte Reaktivierungen von Wasserkraftwerken, die in der Vergangenheit stillgelegt wurden, besteht dennoch ein voraussichtlich realisierbares Potenzial zur Steigerung der Stromgewinnung aus Wasserkraft im Umfang von ca. 3,4 TWh jährlich (für ein Normaljahr, d. h. bei mittleren Wasserabflussbedingungen) [ANDERER 2011]. Das BMU rechnet – ausgehend von einer Nutzung von 20,6 TWh 2010 mit einem Zuwachs von 4,4 TWh jährlich [BMU 2011].

Diese Potenziale konzentrieren sich auf Bayern und die Mittelgebirgsregionen der übrigen süd- und mitteldeutschen Bundesländer.

### **2.2 Geothermie**

Bei der geothermischen Stromgewinnung wird zwischen hydrothermaler Geothermie mit Nutzung heißer Aquifere sowie petrothermalen Geothermie (mit Nutzung heißer Gesteine ohne natürliche Wasservorkommen – Hot-dry-Rock-Verfahren) unterschieden. Möglich wird

eine Stromerzeugung ab etwa 100 °C Wassertemperatur, bei niedrigeren Temperaturen kann Wärme gewonnen werden. Auch bei Stromerzeugung fällt der überwiegende Anteil der gewonnenen Energie als Wärme an.

2011 waren in Deutschland Anlagen mit insgesamt 7,5 MW Leistung in Betrieb, die 0,02 TWh Strom und 0,3 TWh Wärme aus Tiefengeothermie erzeugten [BMU 2012].

Das Potenzial für die Stromerzeugung aus hydrothermalen Geothermie wird auf 26 TWh jährlich eingeschätzt [SCHICKETANZ et al. 2012], was ca. 4 % des aktuellen deutschen Strombedarfs entspricht. Das technische Gesamtpotenzial der Geothermie übersteigt mit 300.000 TWh jährlich den deutschen Strombedarf dagegen um den Faktor 600, wenn für jeden Standort eine 100-jährige Nutzungsdauer unterstellt wird [TAB 2003, BMU 2011b]. Allerdings ist die dazu erforderliche Technik noch nicht hinreichend ausgereift, um in den beiden kommenden Jahrzehnten in großem Maßstab eingesetzt zu werden.

Generell muss beachtet werden, dass auch zukünftig eine Stromerzeugung nur an solchen Standorten rentabel möglich wird, an denen auch die anfallende Wärme nachgefragt wird, da über jede Bohrung mehr Wärme als Elektrizität als Endenergie anfällt.

### **2.3 Klärgas und Deponiegas**

Beide Formen der Energieerzeugung beruhen auf der Verbrennung anfallender Methanmengen in Blockheizkraftwerken. Bei Klärgas ist zu berücksichtigen, dass nur ein kleiner Anteil des erzeugten Stroms ins Netz eingespeist wird, da die Kläranlagen den Strom, den sie aus ihrem Klärgas gewinnen, überwiegend selbst nutzen. Durch die steigende Effizienz der Anlagen selbst ist der Eigenbedarf jedoch rückläufig, so dass der Anteil des ins Netz eingespeisten Stroms künftig ansteigen kann.

Das BMU verzeichnet für das Jahr 2011 eine Produktion von 1,1 TWh Klärgas [BMU 2012] (über den Eigenverbrauch der Anlagen hinaus). Durch Modernisierungen könnten noch 0,7 bis 2,9 TWh zusätzlich gewonnen werden [BMU 2011c, DWA 2010].

Die Stromerzeugung aus Deponiegas ist rückläufig, da in Deutschland aus Gründen des Abfallwirtschaftsrechts seit 2005 keine neuen Deponien mehr angelegt wurden. Von der Schließung einer Deponie an wird dabei eine stetig geringer werdende Methanmenge aus den Deponien genutzt. Es kommt daher nur noch zum Austausch größerer Anlagen durch kleinere, neue Potenziale können nicht erschlossen werden. 2011 lag die Produktion von Strom aus Deponiegas noch bei 0,62 TWh [BMU 2012].

### **2.4 Meeresenergien**

Der Begriff der Meeresenergien umfasst sehr unterschiedliche Technologien:

- Gezeitenkraftwerke, bei denen ein Staudamm zwischen einem Zufluss und dem Meer den Höhenunterschied von Ebbe und Flut nutzt (Beispiel bei St. Malo, Bretagne)
- Gezeitenströmungskraftwerke, nutzen die kinetische Energie der Meeresströmung, die mittels eines Rotors und Turbine in elektrische Energie umgewandelt wird (einige Testanlagen sind bereits installiert, z. B. eine 1,2-MW-Turbine in Strangford Nordirland)

- Nutzung der Wellenenergie – kann mit Hilfe verschiedenster Technologien erfolgen. Es gibt die Möglichkeit der pneumatischen Kammer, mit Auftriebskörpern, Rampen oder beweglichen Platten, Toren bzw. Flossen. Zur Nutzung der Wellenenergie gibt es bereits eine Vielzahl von Prototypen mit unterschiedlichen Funktionen, mit denen Erfahrungen gesammelt werden. Sie steht aber noch am Anfang (Beispiel: Aguçadoura I Wave Farm in Portugal)
- Osmosekraftwerke nutzen die freiwerdende Energie beim Zusammentreffen von Salz- und Süßwasser, Mittels der Osmosekraft wird Süßwasser durch eine Membran auf die Salzwasserseite eines geschlossenen Tanks gedrückt und erhöht darin den Druck. Der unter Druck stehende Bereich des Tanks wird durch Ableiten des überschüssigen Wassers durch Rohre entlastet. Das unter Druck stehende Wasser wird einer Turbine zugeführt. (weltweit erster Prototyp in Tofte Norwegen).
- Ein ozeanothermisches Gradient-Kraftwerk, nutzt Temperaturunterschiede zwischen warmen und kalten Wassermassen, die in unterschiedlichen Meerestiefen vorkommen. Das warme Meerwasser wird zum Verdampfen und das kalte Meerwasser zum Kondensieren eines Arbeitsmediums verwendet. Allerdings fand diese Art der Stromerzeugung bisher keine Beachtung, da der Strombedarf für den Antrieb der erforderlichen Pumpen zum Betrieb des Kreislaufs bzw. zum Befördern der Wassermassen zu groß war.

Keine dieser Energieformen wird bisher in Deutschland genutzt. Für Gezeitenkraftwerke ist der Tidenhub entweder zu gering oder die Beeinträchtigung von Natur und Schifffahrt an den technisch geeigneten Standorten (z. B. Elbmündung) wäre zu hoch. Zur Nutzung der übrigen marinen Energieträger liegen noch keine genauen Potenzialberechnungen vor, weil diese von der künftigen technologischen Weiterentwicklung abhängen.

### 3 Biomasse

#### 3.1 Technologien

Die Stromgewinnung aus Biomasse unterscheidet sich in erster Linie nach den eingesetzten Brennstoffen. Zur Nutzung fester Biomasse werden Scheitholz, Holzpellets, Holzhackschnitzel, Reste der Papier- und Zellstoffindustrie sowie Stroh jeglicher Art eingesetzt. Die Nutzung flüssiger Biomasse ist seit 2012 in neuen EEG-Anlagen nicht mehr zugelassen. Der energetische Einsatz der Pflanzenöle konzentriert sich seither auf den Verkehrssektor. Gasförmige Biomasse wird in Biogasanlagen benutzt, wobei sowohl nachwachsende Rohstoffe (Mais, Gras, Gülle, Ganzpflanzensilage, Getreidekorn, Hirse etc.) als auch Reststoffe (Bio- und Grünabfall, Lebensmittelindustrie) zum Einsatz kommen können. Neben der direkten Nutzung am Ort der Anlage (überwiegend in landwirtschaftlichen Betrieben oder in der Ernährungsindustrie) gibt es inzwischen auch Biomethananlagen, bei denen das Biogas auf Erdgasqualität aufbereitet (höherer Methangehalt) und ins Erdgasnetz eingespeist wird. Dadurch wird es möglich, die Verbrennung an Standorte mit höherem Wärmebedarf zu verlagern und durch Kraft-Wärme-Kopplung den Gesamtwirkungsgrad zu optimieren.

### **3.2 Potenziale**

2011 wurden rund 30 TWh Strom aus Bioenergie erzeugt, darunter 11,3 TWh aus fester Biomasse, 1,4 TWh aus flüssiger Biomasse und 17,5 TWh aus Biogas [BMU 2012].

Bei der Berechnung der Potenziale müssen zunächst Annahmen getroffen werden, welche Anbaufläche – zusätzlich zu der möglichst vollständigen Nutzung von Reststoffen – für die Bioenergie zur Verfügung stehen soll. Hier wird in der Fachwelt aktuell mit maximal 30 % der deutschen Ackerfläche und maximal 20 % der Grünlandflächen (für feuchte Biogas-Substrate) gerechnet.

Im Bereich der Reststoffe werden die wirtschaftlich erschließbaren Reste (z. B. bei Sägewerken, Möbel-, Zellstoff- und Lebensmittelindustrie, Bioabfall) bereits überwiegend genutzt, punktuell sind noch Nachrüstungen von Kompostierungsanlagen möglich. Einige Autoren sehen auch noch ungenutzte Potenziale im Bereich des Waldrestholzes, wobei dieses dispers im Wald anfällt, so dass die Verfügbarmachung bislang nicht wirtschaftlich war.

Das BMU gibt als langfristig realisierbares Potenzial zur Stromerzeugung aus Biomasse 60 TWh/a an [BMU 2011]. Dieser Wert entspricht etwa einer Verdopplung der aktuellen Produktion und lässt sich nur dann erreichen, wenn insgesamt 4,2 Mio. ha Anbaufläche für Bioenergieträger genutzt werden (rund doppelt so viel wie heute), wobei zwischen 30 % und 50 % der gewonnenen Bioenergie für die Stromerzeugung genutzt werden müssten. Der Zuwachs gegenüber heute müsste dann überwiegend durch die Ausdehnung von Anbauflächen ermöglicht werden. Da der Anteil inländischer Flächen zum Anbau von Bioenergieträgern bereits vielerorts heute sehr hoch ist, werden sowohl die mehr als 4 Mio. ha als auch das Potenzial von 60 TWh jährlich eher als Obergrenze des Potenzials angesehen.

### **3.3 Flächenbedarf und Standortanforderungen**

Je nach verwendeter Pflanze und ihrem regional typischen Ertragswert sowie in Abhängigkeit vom Wirkungsgrad der Verbrennungsanlage ist für die Produktion einer Gigawattstunde jährlich ein Flächenbedarf von 50 bis 100 ha anzusetzen. Bei der Verbrennung von Festbrennstoffen, die auf Kurzumtriebsplantagen angebaut werden, werden 30 bis 45 ha für eine GWh jährlich benötigt [REICHMUTH 2012]. Dagegen kann der Flächenbedarf für die Anlagen (Biogasanlagen, Biomasse-Blockheizkraftwerke) vernachlässigt werden.

Zu den Standortanforderungen zählt aber – aufgrund der inzwischen eingeführten Pflicht zu Kraft-Wärme-Kopplung – die örtliche Verfügbarkeit von Wärmeabnehmern, um die anfallende Wärme sinnvoll zu nutzen. Sofern dies nicht gegeben ist, besteht die Alternative einer Aufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz. Diese Option ist für größere Anlagen interessant und setzt einen Anschluss an das Erdgasnetz am Standort voraus.

## **4 Solarenergie**

### **4.1 Dachanlagen versus Freiflächen**

Die Nutzung von Dachanlagen für die Photovoltaik bedeutet eine Doppelnutzung bereits genutzter Flächen und ist daher mit Blick auf den Flächenbedarf die Vorzugsoption. Das IE Leipzig hat aus Berechnungen des Projektes „Solarer Städtebau“, die in Buchform veröffent-

licht sind [EVERDING 2007] abgeleitet, dass von allen in Deutschland vorhandenen Dachflächen auf Wohn- und Nichtwohngebäuden rund 38 % für eine solare Nutzung geeignet sind (Solarthermie oder Photovoltaik). Der Rest kommt wegen zu starker Verschattung, Nordausrichtung, Denkmalschutz, aus statischen Gründen oder mit Blick auf die Restlebensdauer der Gebäude nicht in Betracht. Der Vorteil der Dachanlagen liegt zudem darin, dass ein – je nach Nutzung des Gebäudes unterschiedlicher – Teil des Stroms vor Ort verbraucht werden kann und damit zeitweise die Stromnetze entlasten kann.

Freiflächenanlagen haben dafür den Vorteil einer ertragsoptimierten Ausrichtung, so dass die Erträge in der Regel höher sind als bei Dachanlagen, die z. T. auf westlichen, östlichen oder steilen Dächern angebracht sind. Andererseits muss der produzierte Strom das Leitungsnetz nutzen, um zum Verbraucher zu gelangen, so dass preislich eine Parität mit dem Börsenstrompreis erreicht werden müsste, um mittelfristig vom EEG unabhängig zu sein. Da – auch aufgrund des hohen Angebots an erneuerbaren Energien – der Börsenstrompreis derzeit niedrig ist und auf absehbare Zeit auch bleibt (ca. 5 ct/kWh), ist hier trotz etwas niedrigerer Kosten als bei Dachanlagen in den nächsten Jahren noch nicht mit EEG-unabhängiger Stromproduktion zu rechnen.

## 4.2 Potenziale

Für die Potenzialabschätzung auf Dachflächen kann in erster Linie auf die Gebäudestatistik zurückgegriffen werden. Bei einem Modulwirkungsgrad von 14 bis 15 % benötigen die Module pro kW Nennleistung ca. 7 m<sup>2</sup> geeignete Dachfläche. Der Energieertrag hängt dann zusätzlich von Standort (Globalstrahlung) und von der Anlagenausrichtung ab. Auf der Grundlage des o. g. Anteils von 38 % aller Dachflächen ergibt sich von Deutschland ein Potenzial von 150 GW auf allen Dächern. Wird in allen Wohngebäuden eine Fläche für Solarthermie reserviert, mit der 40 % des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser solarthermisch gedeckt werden können (d. h. je nach Zahl der Wohnungen in den Gebäuden ein unterschiedlich großer Anteil der Dachfläche), lassen sich dennoch rund 89 GW Photovoltaik-Leistung auf den verbleibenden Dächern installieren. Selbst mit dieser Leistung auf der reduzierten Fläche könnte ein Stromertrag von rund 80 TWh/a erzielt werden. Dieser Stromertrag wäre in Spitzenzeiten, v. a. an Sommerwochenenden, höher als der zum gleichen Zeitpunkt auftretende Strombedarf Deutschlands.

Die Leistung läge auch höher als das von der Bundesregierung angestrebte Ausbauziel bis zum Jahr 2050, das in der aktuellen Leitstudie mit 67,2 GW angegeben wird [NITSCH et al. 2012]. Vor diesem Hintergrund ist es technisch möglich, das Photovoltaik-Ausbaueziel in Deutschland allein auf Dachflächen zu erreichen.

Allerdings hängt die Nutzung dieses Potenzials von der Entscheidung aller Hausbesitzer in Deutschland ab. Ob diese tatsächlich investieren, hängt sowohl von der Rentabilität ab als auch von der Außenwirkung (Image bei Nachbarn) sowie von der Zukunftsperspektive der jeweiligen Immobilie und ihrer Eigentümer. Auch regional kann der Grad der Mobilisierung geeigneter Dachflächen dadurch sehr unterschiedlich ausfallen.

Das Potenzial der PV-Freiflächenanlagen hängt direkt von der Flächenkulisse ab, auf denen Freiflächenanlagen errichtet und betrieben werden können. Solange die Gestehungskosten des Stroms oberhalb der Börsenstrompreise verbleiben, ist dies die Gesamtheit der Flächen, auf denen das EEG einen Vergütungsanspruch begründet. Genaue Zahlen hierzu liegen auf

Bundesebene nicht vor, ein wesentlicher Teil dieser Flächen besteht allerdings aus den Flächen mit maximal 110 m Abstand zu Eisenbahnen und Autobahnen. Für diese Teilgruppe wurde im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitforschung zum EEG-Erfahrungsbericht geschätzt, dass dort 21 GW PV-Anlagen errichtet werden können, durch welche jährlich ca. 20 TWh Strom erzeugt werden können [BMU 2011d].

### **4.3 Flächenbedarf und Standortanforderungen von Freiflächenanlagen**

Bei Freiflächenanlagen ergibt sich der Flächenbedarf für eine bestimmte installierte Leistung aus dem Aufstellwinkel sowie dem Reihenabstand der festen Modulreihen. In der Praxis hat sich ein Aufstellwinkel von 25° durchgesetzt, die Module werden exakt nach Süden ausgerichtet. Steilere Aufstellwinkel könnten den Ertrag pro Modul meist noch etwas steigern, durch die höhere Verschattung könnten jedoch auf der gleichen Grundfläche weniger Module installiert werden. Unter der Annahme eines Modulwirkungsgrades von 15 % (kristalline Module, bei Dünnschichtmodulen weniger) und unter Beachtung eines Reihenabstandes, der in allen Jahreszeiten zur Mittagszeit eine gegenseitige Verschattung der Reihen verhindert, können pro Hektar zwischen 450 kW (Flensburg) und 610 kW (Freiburg/Br.) installiert werden. Hinzu kommen die erforderlichen Wege, Zäune, Technikgebäude für Wechselrichter und Transformatoren etc., so dass insgesamt mit einem Flächenbedarf von 2 bis 2,5 ha pro MW Leistung zu rechnen ist.

Ausgehend von 885 bis 1165 Vollbenutzungsstunden (je nach Globalstrahlung) ergibt sich somit ein Flächenbedarf zwischen 1,65 und 4 ha, um jährlich 1 GWh Strom zu erzeugen [REICHMUTH 2012].

Grundsätzlich sind auch andere Bauweisen von Freiflächenanlagen vorstellbar, bei denen die Module z. B. flacher und enger aneinander errichtet werden, dies wird durch die Pachtkosten für die Grundfläche einerseits und die Modulpreise andererseits beeinflusst.

Die Alternative nachgeführter Anlagen, die ca. 2006 vermehrt entstanden, ist unter heutigen Rahmenbedingungen nicht mehr rentabel, da die Modulpreise und die Einspeisevergütungen seither wesentlich schneller gesunken sind als die Kosten der drehbaren Gestelle und ihrer elektrischen Antriebe.

## **5 Windenergie**

### **5.1 Onshore versus offshore**

Die Windenergienutzung an Land (Onshore) ist eine seit rund 20 Jahren etablierte erneuerbare Energiequelle zur Stromerzeugung. Ihr weiterer Ausbau ist von Flächenausweisungen der regional zuständigen Planungsbehörden abhängig.

Im Gegensatz zur Windenergienutzung an Land befindet sich die Nutzung und Errichtung von Windkraftanlagen auf See (Offshore) noch am Anfang. 2009 wurde erstmals Strom ins Netz eingespeist (Windpark Alpha Ventus). Bis zum Erreichen des Ziels der Bundesregierung von 10 GW installierter Offshore-Windleistung bis 2020 sind jedoch noch viele Hürden zu überwinden. 26 Offshore-Windparks sind im Juni 2012 genehmigt. Drei Windparks liefern bereits Strom, von denen sich jedoch einer noch im Aufbau befindet. Die Netzanbindung der

Windparks und Logistik der Anlagenkomponenten sind in den nächsten Jahren zu bewerkstelligen, um das angestrebte Ziel auch zu erreichen.

## **5.2 Potenziale (onshore)**

2011 wurden in Deutschland 46,5 TWh Strom aus Windenergie (an Land) produziert, der Bestand an Windkraftanlagen lag zum Jahresende bei rund 29 GW installierter Leistung.

Das technische Potenzial für Windkraft an Land wurde mit 240.600 Anlagen und 722 GW beziffert [BWE 2011], allerdings ohne Beachtung der Beschränkung auf ausgewiesene Flächen. Dies entspricht ungefähr der 25-fachen bereits installierten Leistung an Windenergieanlagen an Land.

## **5.3 Flächenbedarf und Standortanforderungen (onshore)**

Als Flächenbedarf ergibt sich in der Praxis aus den Abstandsregelungen ein Richtwert von 5 ha je installiertem MW. Die Abstände innerhalb der Windparks sorgen in erster Linie dafür, dass sich die Windkraftanlagen nicht gegenseitig verschatten, da hinter einer Windkraftanlage Turbulenzen (Luftverwirbelungen) entstehen, die bei zu klein gewählten Abständen der dahinter stehenden Anlage Verluste bringen. Dieser Wert kann jedoch von Region zu Region abweichen. So können Windanlagenstandorte mit geringerer Windhöffigkeit (bzw. durchschnittlicher Windgeschwindigkeit) größere Flächen erfordern. In der Potenzialstudie des Bundesverbands Windenergie [BWE 2011] wurden für den Abstand zwischen den Turbinen vier Rotordurchmesser angesetzt. Damit reichen an einem guten Standort ca. 400 m als Abstand aus, während an Schwachwindstandorten aufgrund der größeren Rotoren der Abstand ca. 460 m beträgt. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Flächenbedarf von ca. 2,5 ha/GWh\*a. Dabei wird von einem Ertrag von durchschnittlich 2.000 Vollbenutzungsstunden ausgegangen.

Der Flächenbedarf im engeren Sinne (nicht anderweitig nutzbare Fläche) steht aber im direkten Zusammenhang mit der Bauweise der Windkraftanlagen. Wertvolle Ackerfläche zum Beispiel geht nur geringfügig verloren, da innerhalb eines Windparks lediglich die Fläche der Fundamente bzw. für die Turmverankerung im Boden sowie für eventuell neu anzulegende Zuwegungen verloren geht. Die verbleibende Fläche bleibt landwirtschaftlich nutzbar.

Die Gebiete für Windkraftanlagen müssen ausreichende Windgeschwindigkeiten aufweisen, damit diese wirtschaftlich betrieben werden können. Zusätzlich sollte die Bodenbeschaffenheit der Eignungsgebiete eine ausreichende Standfestigkeit der Anlagen gewährleisten. Restriktive Bedingungen und Abstandsregelungen nach planerischen Vorgaben bestimmen zusätzlich, in welchen Gebieten Windkraftanlagen errichtet werden können.

# **6 Technologievergleich und Fazit**

## **6.1 Technologievergleich zum Potenzial**

Einen Gesamtüberblick über die Potenziale erneuerbarer Energien in Deutschland liefert das BMU [BMU 2011]. In Abb. 1 sind dabei die 2011 bereits erzeugten Strommengen den Potenzialen gegenüber gestellt worden, die zusätzlich ohne und mit Belegung freier Flächen zur

Verfügung stehen. Bei Photovoltaik sind nur Potenziale auf und an Gebäuden dargestellt. Bei einigen Energieträgern stützt sich das BMU auf andere Quellen als dieser Beitrag, wodurch Abweichungen zu den im Text genannten Zahlen erklärt werden können.

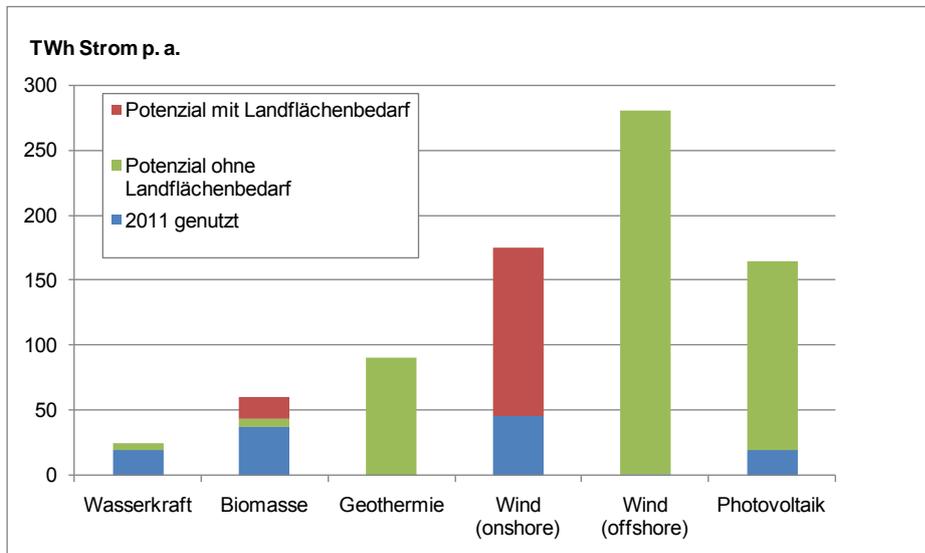


Abb. 1: Potenziale erneuerbarer Energien in Deutschland im Vergleich, Datengrundlage: BMU 2011

## 6.2 Technologievergleich zum Flächenbedarf

Um den Flächenbedarf der Energieträger miteinander zu vergleichen, können zwei Darstellungsformen gewählt werden: Zum einen der Jahresstromertrag, der auf einem Hektar Grundfläche erzielt werden kann, wenn dieser für die Energieerzeugung bereit gestellt wird. In Abb. 2 ist dabei eine Bandbreite zu erkennen, die vom minimalen Ertrag unter ungünstigen Bedingungen (blau) bis zum maximal erzielbaren Ertrag (Oberkante des roten Balkens) reicht.

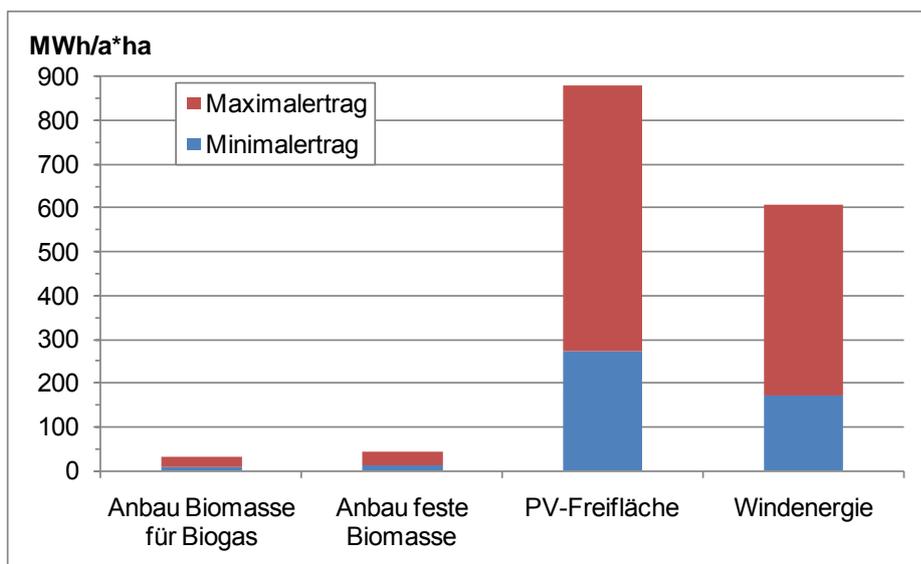


Abb. 2: Jahresertrag pro Hektar Fläche im Vergleich (Datengrundlage: REICHMUTH 2012)

Die Darstellung der Kehrwerte zeigt deutlicher den Unterschied zwischen der Flächennutzung für Biogas und Kurzumtriebsplantagen zur Holzgewinnung. Abb. 3 beantwortet die Frage, wie viel Fläche in Anspruch genommen werden muss, um jährlich 1 GWh Strom zu erzeugen. Die Oberkanten der blauen bzw. roten Säulenteile beziehen sich dabei wieder auf die Minimalfläche (unter günstigen) und die Maximalfläche (unter ungünstigen Bedingungen).

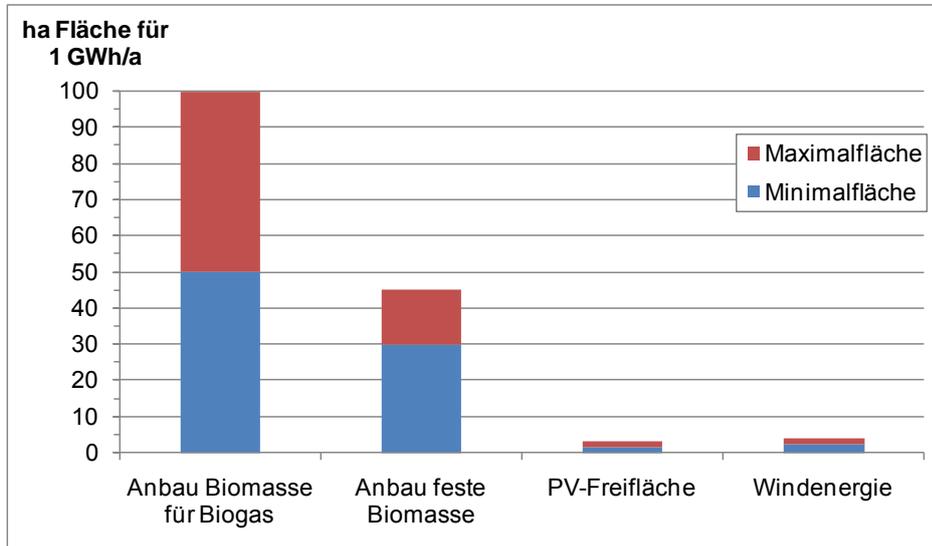


Abb. 3: Flächenbedarf für die jährliche Erzeugung von 1 GWh Strom im Vergleich (Datengrundlage: REICHMUTH 2012)

Bei der Windenergie ist zudem zu beachten, dass innerhalb der Windparks noch Biomasse angebaut werden kann (auch in Fruchtfolge zwischen Nahrungs-, Futter-, und Energiepflanzen), da die ausgewiesene Fläche nicht vollständig belegt wird. Dies gilt für PV-Freiflächenanlagen in geringerem Umfang auch (dort können z. B. Schafe weiden).

### 6.3 Fazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Eine vollständig regenerative Stromversorgung Deutschlands ist technisch grundsätzlich möglich.

Vorrang sollte dabei die Erschließung von Potenzialen ohne Flächenbedarf haben: Dies sind die Nutzung von Wasserkraft, Klärgas, Geothermie, PV-Dachflächen, Biomasse aus Reststoffen und Abfällen sowie Meeresenergien (einschl. Offshore-Wind). Neben diesem Kriterium sind bei der Prioritätensetzung zudem die Kosten ein wichtiges Kriterium.

Sofern Flächen benötigt werden, sprechen die vorhandenen Potenziale und die gute Ausnutzung der Fläche für die Wind- und Solarenergie.

Wind- und Solarenergie sind fluktuierende Energieträger. Im Energiesystem werden daher entweder sehr große Speicher oder regelbare (stetig verfügbare) Energieträger benötigt, um die Versorgungssicherheit auch bei Dunkelheit und Windstille herzustellen. Deren Entwicklung und Markteinführung weisen aktuell gegenüber dem Ausbau der erneuerbaren Energien noch einen deutlichen zeitlichen Rückstand auf.

Ohne Speicherung, Netzausbau und Regelkraftwerke mit begrenzter Nutzungsdauer (z. B. auf Basis von Erdgas) stoßen fluktuierende erneuerbare Energien an Systemgrenzen, stetig verfügbare Energieträger (Biomasse, Wasserkraft, Geothermie, Klärgas) sind daher ein-  
weilen unverzichtbar, um die Ablösung fossiler Energieträger zu erreichen.

## 7 Literatur

- ANDERER, P.; MAASSMANN, E. (Ingenieurbüro Floecksmühle) (2011): Genutztes und zusätzlich ausbaubares Wasserkraftpotenzial in den deutschen Bundesländern. Unveröff. Kurzbericht im Auftrag des IE Leipzig. 24 S., Aachen, August 2011.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2011): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung. 116 S. Bonn, Juli 2011.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2011a): Erfahrungsbericht 2011 zum Erneuerbare-Energien-Gesetz Entwurf (EEG-Erfahrungsbericht). S. 26 ff., Berlin, 3.05.2011.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2011b): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG, Vorhaben IIb (Geothermie) Endbericht, S. 13, Berlin, Juni 2011.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2011c): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG, Vorhaben I spartenübergreifende und integrierende Themen sowie Stromerzeugung aus Klär-, Deponie- und Grubengas. Endbericht, S. 20, Berlin, Juni 2011.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2011d): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG, Vorhaben IIc (Solare Strahlungsenergie)Endbericht, S. 273, Leipzig, Juni 2011.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2012): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare-Energien-Statistik. 32 Tabellen – Bonn, 8. März 2012.
- BWE (BUNDESVERBAND WINDENERGIE E. V). (2011): Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land – Kurzfassung, bearbeitet durch Fraunhofer IWES (Kassel), 29 S., Kassel, März 2011.
- DVGW (DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E.V.) (2010): Zumischung von Wasserstoff zum Erdgas, erschienen in DVGW energie wasser-praxis 10/2010, S. 68 – 71, Bonn, 2010
- DWA (DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V.) (2010): Energiepotenziale in der deutschen Wasserwirtschaft – Schwerpunkt Abwasser.
- EEG 2012: Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 69 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044). Berlin, Dezember 2011.
- EVERDING, DAGMAR (Hrsg.) (2007): Solarer Städtebau. Vom Pilotprojekt zum planerischen Leitbild. 253 S., Kohlhammer, Stuttgart, 2007.

- NITSCH, J. et al. (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht im Auftrag des BMU, bearbeitet von DLR (Stuttgart), Fraunhofer IWES (Kassel) und IfNE (Teltow). 345 Seiten, Berlin, März 2012.
- REICHMUTH, MATTHIAS (2012): Vortrag „Allgemeine Rahmenbedingungen“ im Rahmen des Workshops „Rahmenbedingungen und Restriktionen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf Bundesebene“. Teil des laufenden Projektes: Räumlich differenzierte Flächenpotenziale für erneuerbare Energien in Deutschland im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung. 23 Folien. Berlin, 14. Juni 2012.
- SCHICKETANZ et al. (2012): Räumlich differenzierte Flächenpotenziale für EE in Deutschland – Zwischenergebnisse des Projektes im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (unveröff.), S. 42, Berlin 30.03.2012.
- SPECHT, MICHAEL (2012): „Power-to-Gas“ – Speicherung erneuerbarer Energie im Erdgasnetz“. Festvortrag beim 27. Symposium Photovoltaische Sonnenenergie. Kloster Banz, Bad Staffelstein, 01.03.2012
- TAB (BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG) (2003): Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland – Sachstandsbericht, S. 5, Berlin, 2003.

# Reicht Energieeffizienz oder benötigen wir zusätzlich Energiesuffizienz?

Oliver Stengel

## Rahmenbedingungen

Die Industriestaaten müssen ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um 80–95 % senken, soll die globale Erwärmung auf 2 °C gegenüber dem vorindustriellem Niveau begrenzt werden und die Auswirkungen des Klimawandels erträglich bleiben. Laut UNEP (2010a) liegt die Wahrscheinlichkeit, das 2-Grad-Ziel einzuhalten, bei über 50%, wenn die globalen Emissionen bis 2050 um 48 % bis 72 % im Vergleich zum Jahr 2000 sinken. Damals, im Jahr 2000, lag der globale CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei rd. 25 Mrd. Tonnen (2010: 36 Mrd. t). Eine Reduktion von 15 Mrd. Tonnen entspricht einer Reduktion von 60 %, dem Mittelwert der von der UNEP geforderten Emissionsreduktion. Geht man davon aus, dass 2050 9,5 Mrd. Menschen die Erde bevölkern, ergibt sich daraus ein erlaubter jährlicher Pro-Kopf-Ausstoß von CO<sub>2</sub> von 1,6 Tonnen und soll das 2-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von über 70 % erreicht werden, sinkt diese Grenze noch weiter. Sie steigt allerdings in dem Maße, in welchem die Weltbevölkerung unterhalb des Niveaus von 9,5 Mrd. bleibt.

Wie dem auch sei, die einzusparenden Emissionsmengen kommen einer Revolution gleich, emittiert ein deutscher Durchschnittsbürger pro Kopf und Jahr doch immerhin rund 10 Tonnen CO<sub>2</sub>, ein US-Amerikaner sogar 20 Tonnen (UN STATISTICS DIVISION 2010).

Nun ist der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger ein wesentliches Element für die Reduktion des Klimagases CO<sub>2</sub>. Für sich genommen ist der bloße Austausch der Energieträger jedoch noch unbefriedigend.

- a) Muss die Produktion erneuerbarer Energien stetig steigen, wenn der nationale Energieverbrauch ebenfalls wächst. Dadurch wird der Anteil fossiler Energieträger am Energiemix nur schleppend verringert.
- b) Ist nicht jeder erneuerbare Energieträger – etwa die Nutzung von Biomasse – ohne Einschränkung umweltfreundlich und sollte darum nur behutsam eingesetzt werden (STENGEL & BELLIN 2012).
- c) Ist die Energiewende ein Projekt, das nur mit immensen Kosten und beeindruckender technischer Expertise umgesetzt werden kann. Nur in vergleichsweise wenigen Ländern ist die eine oder andere Ressource vorhanden, selten aber beide. Darum prognostiziert die Internationale Energieagentur (IEA 2011), dass der im Vergleich zu 2010 um voraussichtlich 30 % angestiegene globale Energiebedarf im Jahr 2035 noch zu 75 % aus fossilen Energieträgern gedeckt werden wird (2010 waren es 81 %).

All dies spricht dafür, dass ein weiteres wesentliches Element der Energiewende das Einsparen von Energie sein sollte. Unter Energiesparen wird in der Regel der effizientere Einsatz von Energie verstanden.

## Die Effizienzstrategie und ihre Barrieren

Im Zusammenhang mit dem Zwei-Grad-Ziel, der Energiewende und den Konzeptionen einer Green Economy wird, um die durch erneuerbare Energieträger herzustellende Energiemenge zu reduzieren, oft auf die Notwendigkeit einer Energie-Effizienzrevolution hingewiesen. Zur Eröffnung der Berliner Energietage im Mai 2012 betonte bspw. die Parlamentarische Staatssekretärin im Bundesumweltministerium, Heinen-Esser, Energieeffizienz sei „zwingend geboten. Unnötiger Energieverbrauch bedeutet zusätzliche Kosten, ist damit ein erheblicher Wettbewerbsnachteil, treibt die Energiepreise und beeinträchtigt die Versorgungssicherheit“ (BMU 2012).

Wie aber steht es um Effizienzinnovationen in der Praxis? Ihre Notwendigkeit ist unbestritten, tatsächlich ist die Effizienzstrategie aber kein Selbstläufer. Das verwundert, verspricht sie doch Wettbewerbsvorteile vor allem für produzierende Unternehmen. Gründe für die bisherige Marginalisierung der Ressourcenproduktivität nennt der Ökonom Bernd Meyer: „Man mag fragen, warum Firmen so weit von ihrem [Effizienz-]Optimum sich entfernt befinden. Die Antwort ist, dass die Anreizmechanismen der Management-Systeme im Hinblick auf den Materialverbrauch nicht effizient sind. Die Controlling Systeme erfassen Materialverluste in der Regel nicht explizit, sondern stellen den Faktor Arbeit und die Reduktion der Arbeitskosten in den Mittelpunkt. Der Hintergrund ist der, dass in der Vergangenheit die Arbeitskosten permanent gefallen sind, während die Rohstoffpreise zwar durchaus heftige Schwankungen in ihrem zeitlichen Ablauf aufweisen, aber zumindest bisher keine deutlich ansteigenden Trends. Ferner sind die Investitionsentscheidungen bei der Auswahl von Maschinen häufig dominiert von den Anschaffungskosten, während die Betriebskosten über die gesamte Lebensspanne der Anlage nicht hinreichend beachtet werden. Häufig kennt das Management auch nicht alle technischen Alternativen und ihre Kostenimplikationen. Gelegentlich fehlt es an institutionellen Voraussetzungen für den Austausch von Informationen, was insbesondere auf kleinere Unternehmen zutrifft“ (MEYER, 2008: 148 f.).

Darüber hinaus können bei der Erhöhung der Ressourcenproduktivität Kosten in Form von Beratungs-, Umsetzungs- und Überwachungskosten auftreten, ebenso Kosten, die durch Produktionsunterbrechungen oder -ausfälle entstehen und Effizienzmaßnahmen unattraktiv machen. Vorgaben von Kunden zum Produktdesign können der Ressourcenschonung im Weg stehen, ebenso der ungewisse Markterfolg ressourcenschlanker Waren. Schließlich lässt sich die Arbeitsproduktivität durch den Abbau von Personalkosten meist schnell erhöhen, indes ist ein zur Erhöhung der Ressourcenproduktivität oft notwendiger Umbau der Produktionsweise häufig zeit- und kostenaufwendiger.

Kurzfristige ökonomische Kalküle und Informationsdefizite sind in den meisten der genannten Fällen ein Grund für die bislang ungenutzten Produktivitätsspielräume. Während sich die Informationsdefizite mit vergleichsweise wenig Aufwand kompensieren ließen, steht sich, was die Kurzzeit-Perspektive angeht, die gewinnorientierte Produktion selbst im Weg und ist damit eine hohe Barriere. Nicht zuletzt tendiert das Management auch zu einer gewissen Risikoscheu: Ist der gegenwärtige Produktionsprozess bereits profitabel, besteht kein unmittelbarer Anlass, in einen kostenintensiven Umbau der Produktion zu investieren.

Auch auf der Makroebene lassen die vorhandenen Daten an der Effektivität der Effizienzstrategie zweifeln: So sind die landesweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1990 bis 2011 um 15 % gesunken – trotz eines ansteigenden Stromverbrauchs um 12 % im selben Zeitraum:

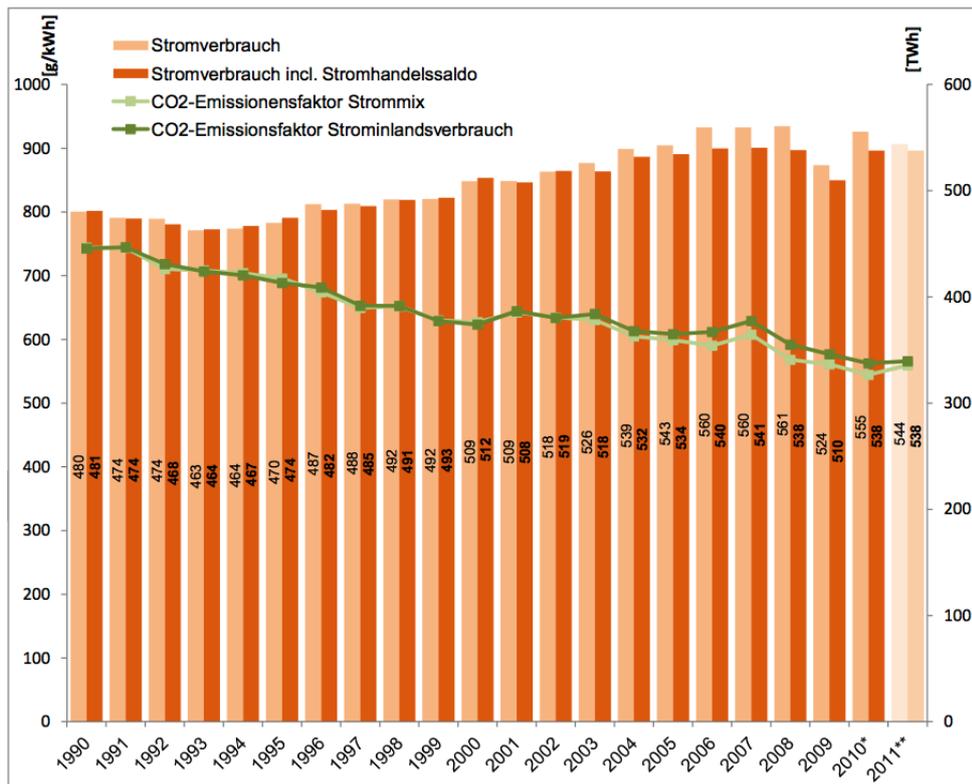


Abb. 1: Entwicklung des Verbrauchs und der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2010 (UBA 2012a, Stand 4/2012).

Der größer werdende Anteil erneuerbarer Energieträger am deutschen Strommix spielte hierfür aber eine tragende Rolle, eine andere die Auslagerung vor allem der energie- und ressourcenintensiven Schwerindustrie in Nicht-EU-Staaten. Das bedeutet zwar nicht, dass die Steigerung der Energieeffizienz bislang keine Rolle bei der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen gespielt hätte, ihr Beitrag sollte aber nicht überschätzt werden.

Womöglich ist aus diesem Grund im Januar 2012 ein offener Brief, unterzeichnet von 30 Umwelt- und Energieexperten, an die Bundesregierung und die Mitglieder des Umwelt- und des Wirtschaftsausschusses des Deutschen Bundestages verfasst und in der ZEIT dokumentiert worden. Darin heißt es: „Die Entwicklung der energiewirtschaftlichen Indikatoren bestätigt: es hat bisher keine Effizienzrevolution gegeben. (...) Vielmehr ist die Senkung des Energiebedarfs unabdingbare Voraussetzung dafür, dass der Restenergiebedarf schneller und kostengünstiger aus erneuerbaren Energien gedeckt werden kann.“

Nicht zuletzt ist die Effizienzstrategie in eine auf Wettbewerb und Mehrkonsum hin angelegte Wirtschaftsstruktur eingebettet, woraus sich ein systemischer Widerspruch ergibt: Es liegt zwar durchaus im Interesse wettbewerbsorientierter Unternehmen, die Energie- und Materialnutzung pro Gut zu senken (so dies wirtschaftlich rentabel ist), gleichzeitig aber auch die Nachfrage nach den (ressourceneffizienter) produzierten Gütern zu erhöhen.

Wenn die Effizienzstrategie das erforderliche Reduktionsziel alleine nicht erreichen kann – und Reboundeffekte sind hier noch nicht einmal angesprochen (SANATARIUS 2012) – dann ergibt sich daraus die Schlussfolgerung, dass sie durch eine weitere Strategie flankiert wer-

den sollte. Als eine solche bietet sich die Suffizienzstrategie an (MADLENER & ALCOTT 2011, STENGEL 2011a).

## **Die Suffizienzstrategie ...**

Die Suffizienzstrategie zielt darauf, dass Menschen speziell der klassischen Industriegesellschaften ihr Verhalten ohne Zwang verändern und Praktiken, die Ressourcen übermäßig verbrauchen, einschränken oder ersetzen. Sie bemüht sich um einen genügsamen, umweltverträglichen Verbrauch von Energie und Materie durch eine geringe Nachfrage ressourcenintensiver Güter und Dienstleistungen. Allerdings kann der Radius der Suffizienzstrategie auch erweitert werden und Ressourcen sparendes Management integrieren. Im Bauwesen kann sich Suffizienz z. B. in der Fortentwicklung des Baubestandes anstelle eines Neubaus oder aber im Verzicht auf beides zeigen. In Wirtschaft und Politik taucht Suffizienz in der Frage nach der Notwendigkeit von Wachstum auf. Kann eine Gesellschaft den Wohlstand ihrer Bürger fördern bzw. erhalten, ohne dafür wachsen zu müssen, ist sie eine suffiziente Gesellschaft.

Der gemeinsame Nenner aller Suffizienzstrategien – privater, kommunaler oder ökonomischer – liegt, so BRISCHKE & SPENGLER (2011: 87), in der Hinterfragung des Bedarfs: „Benötigen wir bestimmte Konsumgüter, Dienstleistungen, technische Funktionen überhaupt und, wenn ja, in diesem Umfang? Suffizienz stellt somit eine Strategie zur Konzentration auf das Wesentliche dar, die den vermeintlichen Bedarf an Produkten und Dienstleistungen hinsichtlich möglicher Minderungsoptionen überprüft“.

Hinsichtlich des privaten Konsums sind steigende Konsumraten aus ökologischer Sicht problematisch. Einige Konsumpraktiken sind jedoch problematischer als andere. Die Herstellung und Nutzung bestimmter Produkte geht mit der größten Emission von Treibhausgasen einher, mit der intensivsten Eutrophierung von Böden und Gewässern, mit den erheblichsten ökotoxischen Effekten (etwa der Luftverschmutzung), mit dem höchsten Verbrauch biotischer und abiotischer Ressourcen sowie mit dem höchsten Wasser- und Flächenverbrauch – d. h. mit den schwerwiegendsten Eingriffen in lokale Ökosysteme und in das globale Ökosystem. Die „enge“ Suffizienzstrategie fokussiert darum Konsumbereiche, welche die am energie- und ressourcenintensivsten sind:

Mobilität (der motorisierte Individual- sowie der Flugzeugverkehr), Ernährung (der Konsum von Fleisch, Fisch und Milchprodukten), Bauen (der Bau von Eigenheimen) und Wohnen (Energieaufwand für die Temperierung von Wasser und Wohnfläche): In jedem einzelnen dieser Konsumfelder verursachen die Bürger jährlich pro Kopf 1,9-2,5 Tonnen Treibhausgase (UNEP 2010b, MOLL & WATSON 2009).

Suffizienz in der Ernährung bzw. zumindest die Halbierung des Konsums tierischer Produkte ist deswegen denkbar, weil es Alternativen gibt. Der Verzehr von Fleisch ist für die Gesundheit nicht nötig, alternative Lebensmittel sind ausreichend vorhanden und vor allem sind Fleisch- und Fischprodukte nicht billiger als diese alternativen Nahrungsmittel.

Suffizienz bei der Mobilität bedarf wahrscheinlich neuer Alternativen bzw. Anreize. Zwar stellte die EU 2005 fest, dass rund die Hälfte der im Straßenverkehr verbrauchten Kraftstoffe in bebauten Gebieten verbraucht wird, obwohl die Hälfte aller Fahrten in diesen Gebieten kürzer als fünf Kilometer sind, so dass sich Fahrräder oder Segways als Alternative zum Auto anbieten würden (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2005). Dennoch ließe sich über Neuerungen

nachdenken, etwa über eine jährliche Flatrate für den öffentlichen Personennahverkehr, die jeder Bürger zu zahlen hätte, was ihm die flexible Nutzung von Bussen und Bahnen ermöglichen würde. Da diese Pauschalgebühr für alle Bürger einer Stadt verbindlich wäre, würde dies den Preis relativ gering halten und dennoch Investitionen in die Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs ermöglichen. Eine solche Pauschale ließe sich auch über Stadtgrenzen hinweg ausdehnen.

Suffizienz im Bausektor scheint ebenfalls nicht unmöglich zu sein, zumal die Einwohnerzahlen in vielen westlichen Staaten rückläufig und neue Gebäude und Wohnhäuser in den meisten Fällen deswegen nicht zwingend sind. Der Umbau und die (energetische) Modernisierung des bestehenden Gebäudebestands ist in Regionen mit geringem oder schrumpfendem Bevölkerungswachstum ökologisch sinnvoller, als der flächenintensive, Energie und Rohstoffe verbrauchende Neubau von Passivhäusern oder ganzen Öko-Siedlungen. Bei der Suffizienz im Wohnsektor ist die Einführung manch neuer (elektronischer) Applikationen im Haushalt (etwa Kühlschränke, die ans Internet angeschlossen sind) nicht notwendig. Dagegen gab es noch vor wenigen Jahrzehnten in vielen Häusern (und in Studentenwohnheimen noch heute) eine Waschküche, welche die kollektive Nutzung weniger Waschmaschinen gestattete. In Ratgebern (etwa im Internet) kursieren zudem viele Hinweise zum Einsparen von (Wärme-)Energie im Haushalt, welche die Lebensqualität in den meisten Fällen nicht oder nur geringfügig beeinträchtigen.

### **... und ihre Barrieren**

Wie die Effizienzstrategie tun sich auch bei der Umsetzung der Suffizienzstrategie Barrieren auf. Drei seien hier genannt: Kosten, Konventionen, Kultur (STENGEL 2011b).

Die Barriere auf der psychischen Ebene besteht in Form „gefühlten“ Kosten, die durch den realen oder imaginierten Verlust von Gewohnheiten, Genuss, Zeit, Status, Komfort etc. drohen, wenn man den eigenen Lebensstil ändert. Sie blockieren einen Verhaltenswandel. Verzichtet das Individuum zudem aufs eigene Auto, trägt es möglicherweise Kosten in Form von Diskomfort, zieht aber keinen Nutzen aus seiner Tat. Den kaum wahrnehmbaren, abstrakten Nutzen indes hat die Allgemeinheit.

Auf der sozialen Ebene blockieren vorherrschende Konventionen suffiziente Praktiken. Konventionen geben Standards vor, die definieren, wie „man“ sich normalerweise verhält. Hierbei handelt es sich um unhinterfragte Selbstverständlichkeiten: Fleisch zu den Hauptmahlzeiten; einen Führerschein machen, um ein Auto zu besitzen; nach einem Eigenheim zu streben. An diesen Konventionen orientiert sich eine Gesellschaft und von der Mehrheit der Bevölkerung werden sie entweder in Handlungen umgesetzt oder zumindest erstrebt. Die meisten Menschen fühlen sich bei der Vorstellung dumm oder haben den Eindruck, etwas Extremes zu tun, wenn sie mit suffizienten Handlungen von vorherrschenden Leitbildern und Standards abweichen. Sie sind durchaus bereit, Änderungen ihrer Lebensweise vorzunehmen, jedoch nur, wenn Andere dies auch tun würden. Damit wartet und hofft die Mehrheit der Gesellschaft auf die Mehrheit der Gesellschaft.

Auf der kulturellen Ebene findet sich in modernen Gesellschaften eine Anerkennungsstruktur, die den energie- und ressourcenintensivsten Lebensstil bis heute mit Prestige bedenkt: Die größten Häuser, die aufwendigsten Fahrzeuge (damals Kutsche, heute Autos), die exotischsten und fleischreichsten Gerichte hatten zunächst Angehörige der höfischen Gesell-

schaft, dann (im Rahmen ihrer finanziellen Möglichkeiten) reiche Kaufleute und andere Teile des Bürgertums, dann das Kleinbürgertum. Diese Anerkennungsordnung war am Ende des 20. Jhd. eine globale und brachte einen umweltintensiven transnationalen Konsumstil hervor, der auch in die Schwellenländer diffundierte. Verzicht indes hat einen negativen Beigeschmack. Verzichten mussten und müssen die Armen und Erfolglosen, die Erfolgreichen besitzen und kosten möglichst viele jener Optionen aus, welche die Konsumgesellschaft anbietet.

## **Das Suffizienz-Experiment Setsuden**

In Japan vollzog sich im Jahr 2011 das wohl größte Suffizienz-Experiment der Neuzeit (vgl. LUHMANN 2012). Die japanische Gesellschaft entschied sich, mehrere Monate kollektiv Energie zu sparen und dabei manchen Diskomfort in Kauf zu nehmen. Für einen gewissen Zeitraum wurden die alten Konventionen außer Kraft gesetzt und durch neue ersetzt, wurde einem hohen Energieverbrauch und energieintensiven Produkten ein schlechtes Image zuteil. Kurz: Für mehrere Monate wurden die eben angeführten Barrieren eingeebnet. Weil viele Menschen und in großen Städten die Mehrheit der japanischen Bevölkerung mitmachte, wurden stromsparende Praktiken „normal“. Es zeigte sich, dass menschliche Verhaltensweisen und Gewohnheiten formbar sind – und dies fast von heute auf morgen – so die Randbedingungen die Ausbildung neuer Routinen begünstigen.

Der Anlass dafür war externer Zwang, das Erdbeben vom 11. März, in dessen Folge das Atomkraftwerk Fukushima havarierte und die Region in einem Radius von 20 Km um das Kraftwerk so hohe Strahlenbelastungen aufwies, dass sie evakuiert werden musste.

Zur Inspektion wurde daraufhin ein AKW nach dem anderen vom Netz genommen. Im Mai 2012 ging das letzte der 54 Atomkraftwerke in Japan vom Netz. Ein Teil der durch die Abschaltung fehlenden Strommenge konnte durch thermische Kraftwerke kompensiert werden, zudem waren in Japan zuvor nie alle AKWs gleichzeitig am Netz. Im Sommer – zu dieser Zeit ist der Energiebedarf Japans aufgrund des Klimas traditionell am größten – musste dennoch rund 15 % Strom eingespart werden, um eine Überlastung des nationalen Stromnetzes mitsamt Blackout zu vermeiden.

Da die Energie ohne Vorbereitungszeit eingespart werden musste, wurden landesweit Maßnahmen umgesetzt, die Suffizienzmaßnahmen gleichkommen, da sie keiner technischen Innovationen bedurften und an der Einsparung nichtelementarer Dienstleistungen ansetzten: „Offices and factories are turning up thermostats and turning off lights, cutting back on overtime, and shifting work hours. Stations throughout Tokyo have turned off lights and escalators. Beverage vending machines are under attack for eating up too much electricity. Individuals are being urged to turn off lights, limit the use of air conditioners and turn down the brightness on their TV screens“ (THE JAPAN TIMES ONLINE, 15.05. 2011). In vielen Großstädten wurden Plakate, die zum Strom sparen aufmunterten aufgehängt und in TV-Sendern wurde über den aktuellen Stromverbrauch informiert. Das Einsparprogramm bekam den Namen „Setsuden“, was so viel wie „Energie sparen“ bedeutet.

Viele kleine Maßnahmen führten in Japan dazu, dass im Sommer 2011 eine Einsparung erreicht wurde, welche das notwendige Maß sogar noch übertraf. Im kühleren Herbst endete die Setsuden-Periode dann offiziell, der Energieverbrauch stieg wieder an.

## Suffizienz und Fläche

Suffizienz verhilft aber nicht allein dazu Energie einzusparen, sie kann auch einen signifikanten Beitrag gegen den Flächenverbrauch bzw. für den Gewinn ehemals genutzter Flächen leisten. Dies soll abschließend in den Verbrauchsfeldern Ernährung, Mobilität und Wohnen holzschnittartig demonstriert werden.

1. Rund die Hälfte der Fläche Deutschlands wird landwirtschaftlich genutzt. Davon dienen 60 % der Futtererzeugung für 82,6 Mio. Stück Vieh, d. h. für Hühner, Schweine, Rinder und Kühe (BMELV 2010). Dennoch müssen große Mengen Futter, z. B. Soja aus Brasilien, zusätzlich importiert werden. Für die Futtermittelherstellung des in Deutschland gehaltenen Viehs wird inländisch eine Fläche in Anspruch genommen, die der Fläche Bayerns, Baden-Württembergs und des Saarlandes entspricht (UBA 2011). Zusätzlich werden ausländische Flächen für den Anbau des Viehfutters genutzt. Der Nettogewinn an Fläche wäre schon durch eine Halbierung des Fleischkonsums sowie des Konsums von Milchprodukten beachtlich. Zusätzlich verringerte sich der Verbrauch von Wasser und die Emission von Klimagasen erheblich.
2. In Deutschland werden auf 1,96 Millionen ha Energiepflanzen angebaut (Stand: 2011). Dies sind 17 % der Gesamtackerfläche in Deutschland bzw. die Fläche Hessens. Davon entfallen über 0,9 Mio ha, also ungefähr das halbe Bundesland Hessen, auf den Anbau von Raps für Biodiesel und Pflanzenöl-Kraftstoff, auf mehr als 0,8 Mio ha wachsen Pflanzen zur Biogaserzeugung, und über 0,25 Mio ha dienen der Kultur von Zucker- und Stärkepflanzen für Bioethanol.  
Für die Erzeugung des inländisch verbrauchten Biosprits wird erneut Fläche im Ausland genutzt. Vor allem in Indonesien und Malaysia wird Regenwald in Palmölplantagen transformiert, die u. a. für die Produktion von Biodiesel angepflanzt werden. Statt Benzin durch Biosprit zu ergänzen, könnte mit der Reduktion des motorisierten Individualverkehrs auch eine Verringerung der Rapsanbauflächen einhergehen. Würde man dagegen den gesamten Jahresverbrauch an Diesel durch Biodiesel aus Raps ersetzen wollen, wäre das 10-fache der momentanen Fläche bzw. die 5-fache Fläche Deutschlands erforderlich.  
Durch den Umstieg vom motorisierten Individualverkehr auf den Öffentlichen Verkehr könnte in Deutschland landwirtschaftliche Fläche für den Lebensmittelanbau oder als Brachflächen verwendet, das Klima entlastet und die Biodiversität geschont werden.
3. Das Beispiel der Leerlaufverluste elektrischer Geräte im Stand-by-Betrieb ist vielfach untersucht worden. Dadurch entstanden in Deutschland jährliche Stromkosten in Höhe von mind. 4 Mrd. Euro (UBA 2012b) und ein unnötiger Strombedarf von 15 TWh (FRAUNHOFER INSTITUT 2003). Zum Vergleich: Der ÖPV (Schiene) verbrauchte 2005 in Deutschland 16 TWh. Der Strombedarf, der zur Deckung der Leerlaufverluste produziert werden muss, gleicht in etwa der jährlichen Stromerzeugung eines Atomkraftwerkes.

Soll nun im Vollzug der Energiewende die Atomenergie durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden, wäre ein Windpark bestehend aus 4.440 Windrädern auf der Fläche des Bundeslandes Bremen erforderlich, um den Strom für die Leerlaufverluste herzustellen. Durch eine an sich einfache suffiziente Verhaltensmaßnahme, nämlich das Herausziehen des Steckers, könnte folglich Strom und Fläche gespart werden.

Der einfachste Weg zur Minimierung der Umweltprobleme ist eine Technik, die den Druck zu Änderungen im Konsumverhalten der Verbraucher reduziert oder gar obsolet werden lässt. Eine solche Technik ist derzeit jedoch nur in Ansätzen vorhanden. Zudem nimmt weltweit die Zahl der Menschen bzw. Verbraucher zu. Dies kann nur bedeuten, dass mehrere Strategien zugleich eingesetzt werden müssen, um den Energie- und Ressourcenverbrauch hinreichend zu reduzieren. Dazu sind mindestens beide, die Effizienz- und die Suffizienzstrategie notwendig.

## Literatur

- BMU (2012). Energieeffizienz ist tragende Säule der Energiewende. Pressemitteilung 69/2012 (bmu.de)
- BMELV (2010): Die deutsche Landwirtschaft Leistungen in Daten und Fakten. (bmelv.de)
- BRISCHKE, L. & SPENGLER, L. (2011). Ein Fall für Zwei: Effizienz und Suffizienz. in: Politische Ökologie, Nr. 9, S. 86–93
- FRAUNHOFER INSTITUT (2003): Technische und rechtliche Anwendungsmöglichkeiten einer verpflichtenden Kennzeichnung des Leerlaufverbrauchs strombetriebener Haushalts- und Bürogeräte. (energieverbraucher.de)
- IEA (2011). World Energy Outlook 2011. Paris
- LUHMANN, H.-J. (2012). Die Sozialtechnik Setsuden. ifo Schnelldienst Nr. 12
- MADLENER, R. & ALCOTT, B. (2011). Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkopplung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum. Im Auftrag der Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages
- MEYER, B. (2008). Wie muss die Wirtschaft umgebaut werden? Frankfurt/M.
- SANTARIUS, T. (2012). Der Rebound-Effekt: Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz. Wuppertal Institut: Impulse zur Wachstumswende.(www.santarius.de)
- STENGEL, O. & BELLIN, S. (2012). Runter vom Gas? in: CHANC<sup>E</sup>, Nr. 2, S. 36–39
- STENGEL, O. (2011A). Suffizienz. München
- STENGEL, O. (2011B). Weniger ist schwer. In: Gaia, Nr. 1, S. 26–30
- UBA (2012a). Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2010 und erste Schätzungen 2011. (umweltbundesamt.de)
- UBA (2012b): Leerlaufverluste. (umweltbundesamt.de)
- UNEP (2010a). How Close Are We to the Two Degree Limit? (unep.org)
- UNEP (2010b). Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production. (unep.fr)
- UN Statistics Division (2010). Greenhouse Gas Emissions. (unstats.un.org)

# Möglichkeiten der Energieeinsparung in Wirtschaft, Privathaushalten und Verkehr

Matthias Reichmuth und Gerd Schröder

## 1 Begriffe und thematische Eingrenzung

### 1.1 Politische Einsparziele

Die Europäische Union hat sich für das Jahr 2020 drei 20%-Ziele gesetzt:

- 20 % Senkung der Treibhausgasemissionen
- 20 % Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung
- 20 % Steigerung der Energieeffizienz

wobei sich die Angaben jeweils auf den Unterschied zum Jahr 2007 beziehen [EU 2007].

In diesem Zusammenhang hat sich auch die Bundesregierung Ziele zur Energieeffizienz vorgegeben. Bereits die nationale Nachhaltigkeitsstrategie beinhaltet das Ziel, die Energieproduktivität von 1990 bis 2020 zu verdoppeln [BUNDESREGIERUNG 2002]. Bis 2010 wurde eine Steigerung um 39 % erreicht, so dass noch ein Jahrzehnt bleibt, um die bis auf 100 fehlenden Prozentpunkte zu erreichen [UBA 2012]. In ihrem aktuellen Energiekonzept hat die Bundesregierung erklärt, den Bedarf an Primärenergie bis 2050 gegenüber 2008 um 50 % senken zu wollen [BMWl+BMU 2011].

Für den Energiesektor dient jede Vermeidung von fossiler Energieerzeugung der Verminderung von Treibhausgas-Emissionen und damit dem Klimaschutz. Sofern Tagebaue (etwa bei Braunkohle) vermieden werden, dient die Einsparung damit indirekt auch dem Landschaftsschutz. Sofern durch die Einsparung von Energie nicht nur fossile, sondern auch erneuerbare Energieträger eingespart werden, ist es grundsätzlich auch möglich, den Flächenbedarf für erneuerbare Energieträger durch Energieeffizienz einzudämmen und so zur Entlastung der „Energiewälder“ beizutragen.

### 1.2 Begriffsklärungen

Um einen Vergleich verschiedener Energieträger (z. B. Erdgas, Benzin, Strom) zu ermöglichen, wird die **Primärenergie** als Maßstab herangezogen. Der gesamte Primärenergieverbrauch in Deutschland war in den letzten beiden Dekaden tendenziell langsam sinkend (vgl. Abb. 1), wobei die senkrechte Achse des Diagramms die Ordinate nicht bei Null schneidet [AGEB 2012]. Erkennbar werden sowohl die Konjunkturkrise 2009 als auch der Effekt des unterschiedlichen Heizenergiebedarfs der beiden letzten Jahre, da die Winter des Jahres 2010 kälter als die des Jahres 2011 waren. Tatsächlich macht der Rückgang von 1990 bis 2011 nur 10,3 % bzw. durchschnittlich 0,5 % pro Jahr aus. Um das Ziel der Halbierung gegenüber 2008 zu erreichen, wird von 2011 bis 2050 eine jährliche Reduzierung um 1,6 % erforderlich.

Unter den Primärenergieträgern dominierte 2011 in Deutschland das Mineralöl mit 34 % (4.547 PJ), gefolgt von Erdgas (20 %), Steinkohle (13 %) und Braunkohle (12 %). Der Anteil der Kernenergie sank auf unter 9 %, der Anteil erneuerbarer Energien stieg auf ca. 11 % an.

## Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland 1990 - 2011

in Petajoule (PJ)

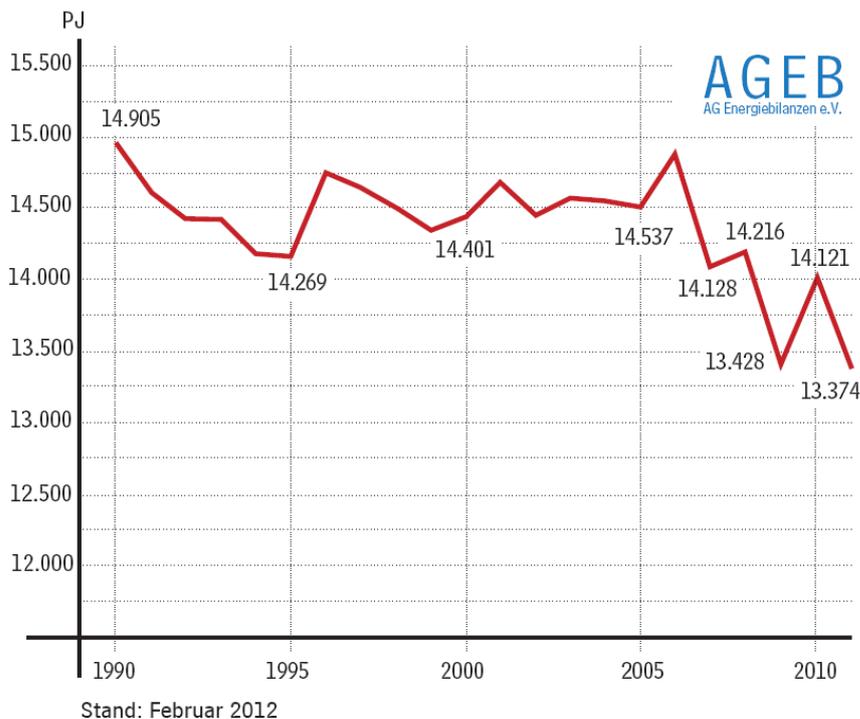


Abb. 1: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland 1990 bis 2011, (Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen).

Von der Primärenergie geht ein Teil durch Umwandlungsverluste (in Kraftwerken, Raffinerien, Heizwerken usw.) verloren. Der dann verbleibende Anteil der Primärenergie wird als **Endenergie** bezeichnet. Ein Teil der Energieeinsparung kann also bereits durch bessere Wirkungsgrade fossiler Kraftwerke erreicht werden, ohne etwa den Stromverbrauch zu senken. Daher kommt der Effizienz der Umwandlungsprozesse hohe Bedeutung zu.

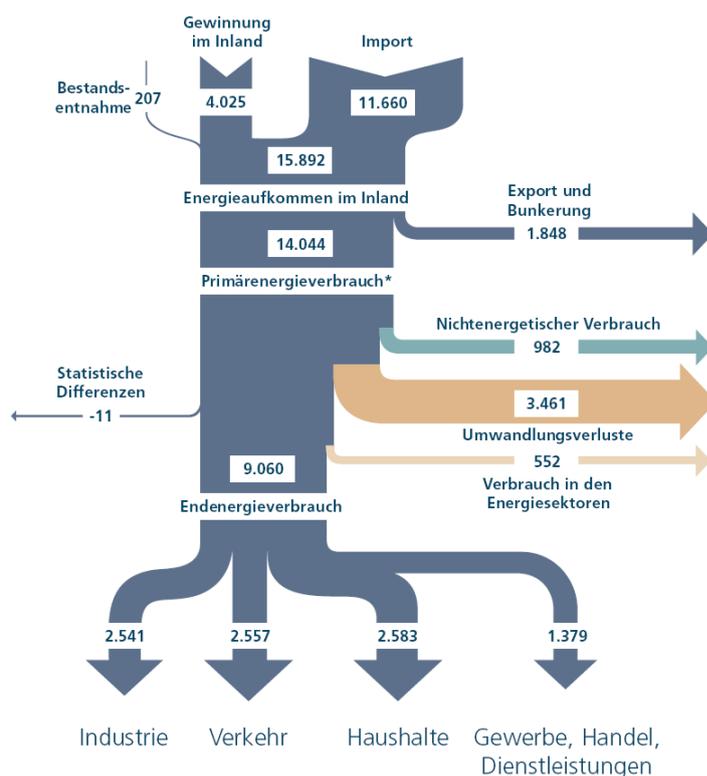
Sofern keine Verlagerungen von einem zum anderen Endenergieträger (z. B. Strom statt Diesel im Verkehrsbereich) eintreten, können auch leicht die **relativen Einsparungen** (d. h. prozentual) im Vergleich zum vorherigen Endenergiebedarf berechnet werden. Diese Vergleiche sind für Haushalte oder Unternehmen praktisch, da hier Stromeinsparungen direkt erfasst werden können – unabhängig von der Stromerzeugung. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, dass die **absolute Energieeinsparung**, die sich auch auf die Summe des Primärenergiebedarfs auswirkt, oft deutlicher ausfällt, wenn für einen großen Teil der Volkswirtschaft (z. B. alle Pkw) eine bescheidene relative Einsparung (10 % weniger Kraftstoffverbrauch) erreicht wird, als wenn in einem kleinen speziellen Sektor oder Pilotprojekt

eine starke relative Einsparung erreicht wird (z. B. Halbierung des Strombedarfs für die Straßenbeleuchtung).

Bei der Betrachtung unterschiedlicher Sparmaßnahmen muss zwischen den **technisch machbaren** Einsparungen und den **betriebswirtschaftlich machbaren** Einsparungen unterschieden werden. So sind für viele Anwendungsbereiche gewaltige Einsparungen technisch durchaus schon möglich, sie setzen aber häufig erhebliche Investitionen voraus (z. B. Dämmung von Gebäuden, Einsatz der energieeffizientesten Geräte). Beispielsweise können bestehende Gebäude durch eine maximale Dämmung und Sanierung auf Passivhausstandard modernisiert werden. Für die Vermieter ist eine so weitgehende Sanierung jedoch in der Regel unrentabel, da die Investitionskosten so hoch wären, dass sie dann nicht vollständig auf die Miete umgelegt werden können. Um solche Sanierungen trotzdem zu realisieren, müssen dann für die Endkunden, neben den betriebswirtschaftlichen Aspekten, auch Marketingaspekte genutzt werden – was wiederum nicht in allen Wohnungsmärkten funktioniert.

### 1.3 Wirtschaft, Haushalte und Verkehr in der Energiebilanz

Das Energieflussbild von 2010 (Abb. 2) verdeutlicht, welche Rolle den Sektoren der Volkswirtschaft beim Endenergieverbrauch zukommt.



Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 9,4 %.

\* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt.  
29,308 Petajoule (PJ)  $\triangleq$  1 Mio. t SKE

Abb. 2: Energieflussbild für Deutschland 2010 in Petajoule (Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen).

Wird die Volkswirtschaft in die drei Verbrauchssektoren „Wirtschaft“, „Haushalte“ und „Verkehr“ gegliedert, dann werden unter dem Begriff „Wirtschaft“ sowohl die Industrie als auch der Bereich des Gewerbes (einschl. Handwerk), des Handels und der Dienstleistungen (einschl. öffentliche Hand) zusammengefasst. Zusammengenommen stellt die Wirtschaft damit den größten Anteil unter den Energieverbrauchern dar (43 %), die privaten Haushalte und der Verkehrssektor folgen mit jeweils etwas mehr als 28 %.

Innerhalb der Endenergie (ca. 9.000 PJ) macht Elektrizität mit rund 2.200 PJ rund ein Viertel aus.

## **2 Energiesparen in der Wirtschaft**

### **2.1 Energieintensive Industrie**

Nach Aussagen des BMU von 2009 könnten „20 bis 40 Prozent des Energieverbrauchs der Industrie“ ... „zu wirtschaftlich vernünftigen Bedingungen bis 2020 eingespart werden“ [BMU 2009a]. Ob diese Einsparpotenziale erreicht werden, hängt von unternehmerischen Entscheidungen ab, die wiederum verschiedenen Zwängen unterliegen.

So investieren Unternehmen in der Regel dann in effizientere Technik, sobald sich diese rasch genug amortisiert. Die betriebswirtschaftliche Betrachtung hat dabei Vorrang. Bei großen, renditeorientierten Unternehmen wird eine Amortisation in bereits 2 bis 3 Jahren verlangt. Realisiert werden dann nur Maßnahmen, die sich innerhalb dieser Zeit amortisieren, weil kurzfristige Renditeziele sowie die Unsicherheit über den langfristigen Erhalt von Standorten langfristig sinnvollere Investitionen erschweren. Beim Strompreis gibt es von der Stromsteuer bis zur EEG-Umlage einige Kostenkomponenten, von deren Zahlung sich energieintensive Betriebe entlasten lassen können. Bei der Antragstellung (zur Befreiung oder Ermäßigung) ist inzwischen ein Energiemanagement-System vorgeschrieben, damit die Schwellenwerte nicht durch bewussten Mehrverbrauch von Strom überschritten werden können. Die Vorgabe enthält jedoch keine quantifizierte Vorgabe, wie hoch die jährliche Einsparung ausfallen muss.

Ein Instrument zur Senkung des Energieverbrauchs der energieintensiven Industrie ist der Emissionshandel. Die erforderlichen Zertifikate, die zum Ausstoß von CO<sub>2</sub> berechtigen, sollen schrittweise verknappt werden und dabei im Preis steigen. Bisher sind die Knappheitssignale aufgrund der Wirtschaftskrise, aufgrund gratis vergebener Zertifikate und aufgrund international gehandelter Zertifikate (Joint Implementation bzw. Clean Development Mechanism) nicht eingetreten, die Preise für Zertifikate haben sich zum Ende der letzten Handelsperiode hin erheblich reduziert.

### **2.2 Gewerbe und mittelständische Wirtschaft**

Die mittelständische Wirtschaft und das Gewerbe können in unterschiedliche Branchen eingeteilt werden. Den vielfältigen Branchen wie z. B. Zellstoff- und Papierherstellung, Sägeindustrie, Holzverarbeitung, Textilherstellung, Metall- oder Kunststoffverarbeitung sowie Brauereien oder Bäckereien sind unterschiedliche, aber jeweils spezifische Energieverbrauchsmuster und -mengen zuzuordnen. Umfangreiche Untersuchungen haben aber immer wieder

Einsparmöglichkeiten identifiziert, welche in vielen Branchen bestehen. Die absoluten Potenziale sind dabei pro Branche natürlich unterschiedlich. Wenn energieintensive Branchen wenige Prozent einsparen, ist die Wirkung oft größer als bei relativ starken Einsparungen ohnehin kleiner Mengen in anderen Branchen. Folgende Bereiche wurden identifiziert, welche in vielen Branchen ein nennenswertes Einsparpotenzial bieten:

- Beleuchtung
- Prozess- und Raumwärme bzw. -kälte (auch Lüftung, KWK, Industrieöfen)
- Druckluft
- Motoren, Elektromotoren, Pumpensysteme
- IT und sonstige elektrische Anwendungen

### 2.3 Sparpotenziale nach Anwendungsbereichen

Im Bereich der **Beleuchtung** können durch den Einsatz moderner Technik (Spiegelrasterleuchten, LED-Lampen, Energiesparlampen, moderne Halogen-Dampflampen, Vorschaltgeräte, Zeitschaltuhren, Bewegungsmelder, tageslichtabhängige Steuerungen) je nach Anwendungsbereich nach Angaben des BMU bis zu 80 % des Stromverbrauchs eingespart werden [BMU 2009 A]. Dabei ist eine möglichst optimale Nutzung des vorhandenen Tageslichts sowohl für den Stromverbrauch als auch für das Personal von großer Bedeutung.

So ersetzte z. B. ein Automobilzulieferer bei der Hallenbeleuchtung die 1.000 Stück Standardleuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten durch 750 Stück Dreiband-Leuchtstoffröhren mit elektronischer Vorschaltung, Reflektoren und tageslichtabhängiger Steuerung und erreichte damit eine Energiekosteneinsparung von ca. 5.000 Euro pro Jahr.

Im Bereich der **Prozess-** und **Raumwärme** bzw. von **Kälte** und **Warmwasser** sind ebenfalls Einsparungen möglich, welche jedoch relativ stark durch das Nutzerverhalten beeinflusst werden. So wird z. B. das meiste Warmwasser üblicherweise im Sanitärtrakt verbraucht. Häufig könnten ältere meist überdimensionierte Wärmeerzeuger für Raumwärme und Warmwasser gegen moderne leistungsoptimierte Systeme ausgetauscht und/oder lange Leitungswege vermieden werden. Flansche, Pumpen, Leitungen und Verschraubungen müssen isoliert werden. Aber auch eine Optimierung der Anlagensteuerung oder der Einsatz effizienter Pumpen sowie ein hydraulischer Abgleich des Heizkreislaufs, um unnötige Reibungsverluste zu vermindern, birgt Potenziale. Generell sind bei der Klimatisierung die vorgegebenen Temperaturen und damit die Differenzen zur Außentemperatur entscheidend für den Energieverbrauch. Werden die geforderten Kühl- bzw. Erwärmungsleistungen verringert, reduziert sich dementsprechend auch der Energieeinsatz.

In vielen Branchen wird **Druckluft** für verschiedenste Anwendungen eingesetzt. Pneumatische Förderanlagen, Schnellschrauber, Meißel, etc. werden mit Druckluft betrieben, und es kommt relativ häufig zu hohen Energieverlusten. Einerseits wird empfohlen, moderne Motortechnik mit entsprechender Dimensionierung und Umrichtern zur Frequenzanpassung zu verwenden, andererseits je nach Einsatzfall auch mehrstufige Kompressoren. Wichtig ist es zudem, regelmäßige Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten durchführen. Generell kann auch eine Abwärmenutzung konzipiert werden. Oft gibt es aber auch unnötige Verbräuche

oder Leckagen, welche zu Verlusten führen. Eine Verbesserung der Luftbehandlung sowie eine optimierte Luftführung können weitere Einsparpotenziale heben.

Elektrische Antriebe sind im Bereich der Industrie für rund 70 % des Stromverbrauchs verantwortlich. Mehr als 90 % der Gesamtkosten eines **Elektromotors (Pumpe)** über die Lebensdauer entfallen auf den Stromverbrauch, weniger als 10 % auf die Anschaffung desselben. Hochwirkungsgrad-Motoren und Umrichter zur möglichen Änderung der Frequenz und Spannungsamplituden für optimale Drehzahlen des Motors sind besonders bei Anlagen zu empfehlen, welche häufig im Teillastbereich betrieben werden. Motoren der europäischen Effizienzklasse EFF1 lohnen sich in der Regel schon ab einer jährlichen Nutzungsdauer von 2.000 Betriebsstunden.

Eine Ziegelei verringerte ihren Stromverbrauch pro Ziegelstein durch Einsatz von Umrichterantrieben um 8,7 % [BMU 2009a]. In weniger als fünf Monaten (0,4 Jahren) waren die Anschaffungskosten durch die Ersparnis bereits amortisiert.

Viele Geräte im Bereich der **IT und sonstigen elektrischen Anwendungen** verbrauchen Strom, auch wenn sie ihre eigentliche Funktion nicht erfüllen: im Leerlauf (Stand-by). Drucker oder Kopierer können im Leerlauf über das Jahr z. B. mehr Strom verbrauchen als für das Drucken oder Kopieren an sich. EDV-Zentralen sind mit Datensicherung nachts für ca. 3 Stunden beschäftigt, die restliche Zeit passiert häufig rein gar nichts. Die Anschaffung energieeffizienter Neugeräte (z. B. blauer Engel), die Aktivierung von Energiemanagementsystemen und eine bessere Organisation desselben, damit Geräte nicht unnötig eingeschaltet sind, können erhebliche Potenziale aufdecken. Häufig sind aber auch schaltbare Steckdosenleisten wertvolle Einsparhilfen. Auf der anderen Seite können auch bei der Klimatisierung der Server-Räume durch günstige Wahl der Umgebung oder die Einhaltung nicht zu niedriger Temperaturen Kosten eingespart werden.

### 3 Energiesparen im Haushalt

Im volkswirtschaftlichen Sektor Haushalte werden durch Raumwärme und Warmwasser nahezu 90 % der Endenergie verbraucht.

#### 3.1 Raumwärme

Faktoren, wie der für die Erzeugung eingesetzte **Energieträger** und damit einhergehend die mögliche Technik (z. B. Brennwert), sowie der **Dämmzustand** des Wohnhauses (Dach, Keller, Außenwand) und die Art der Fenster spielen in diesem Bereich eine ausschlaggebende Rolle. Der Aufbau und die Dimensionierung des **Verteilsystems** aber auch **Regelungsmöglichkeiten** (Nachtabsenkung) haben außerdem Einfluss auf den Energieträgereinsatz. Die Durchführung von regelmäßigen **Wartungen** oder ein **hydraulischer Abgleich** können für eine effizientere und gleichmäßige Erwärmung von Heizkörpern sorgen. Auf der anderen Seite ist auch das **Nutzerverhalten** von großer Bedeutung. Richtiges Lüften oder auch die Gestaltung des Wohnbereichs (Heizkörper nicht verkleiden oder zustellen) haben einen merklichen Einfluss. Auch bietet die gewählte/geforderte Raumtemperatur Möglichkeiten für Energieeinsparungen. Welche Räume müssen beheizt werden, welche können kühl bleiben? Grundsätzlich spielen natürlich auch spezifische Faktoren wie z. B. die Wohnfläche pro Kopf

eine Rolle. Hier befinden sich Übergangsfelder von der technischen Einsparung hin zur **Suffizienz**.

### 3.2 Warmwasser

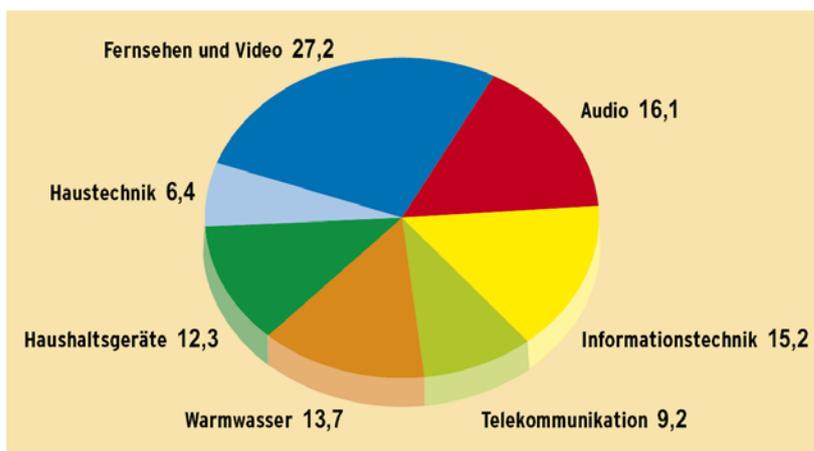
In diesem Anwendungsbereich gilt ähnliches wie für die Raumwärme. Einerseits ist die **verwendete Technik**, deren Dimensionierung und auch das Alter, andererseits das **Nutzerverhalten** ausschlaggebend. Im Sektor Haushalte wird das meiste Warmwasser zum Duschen, Baden und Spülen eingesetzt. Waschmaschinen können durch einen zusätzlichen Anschluss an das Warmwasser häufig effizienter betrieben werden.

### 3.3 Elektrizität

Der Verbrauch an Elektrizität ist von Haushalt zu Haushalt sehr unterschiedlich und sehr stark abhängig davon, ob der Haushalt seinen **Warmwasserbedarf** ausschließlich elektrisch deckt. Natürlich spielen auch die **Ausstattung** des Haushalts mit anderen Elektrogeräten sowie die **Nutzer** (Alter, Berufstätigkeit, etc.) an sich eine wichtige Rolle. Durchschnittlich werden 5,5 % des Stroms in **Elektromotoren** (Waschmaschine, Kühl- und Gefriergeräte, Umwälzpumpen und Lüfter) und ca. 1,5 % für **Beleuchtung** eingesetzt. Bei den Elektrogeräten machen Leerlaufverluste einen nicht unerheblich hohen Anteil am Gesamtverbrauch der Geräte aus und das in einem Funktionszustand, in dem sie nicht genutzt werden. Daher empfiehlt es sich, schaltbare Steckdosenleisten oder ähnliches zu verwenden, um Geräte ohne Netzschalter auch wirklich ausschalten zu können, solange sie nicht gebraucht werden. Ein geringer Komfortverlust, der durch den Nutzer in Anbetracht der steigenden Kosten gern in Kauf genommen werden sollte.

Abbildung 3 zeigt die durchschnittlichen Leerlaufverluste in privaten Haushalten bei unterschiedlichen Gerätegruppen.

**Leerlaufverluste privater Haushalte in Deutschland**  
(Anteil der Gerätegruppen in Prozent, 2004)



Quelle: Umweltbundesamt (UBA)

Abb. 3: Leerlaufverluste privater Haushalte in Deutschland (Quelle: Umweltbundesamt).

Folgende Beispiele sollen eine bessere Vorstellung vermitteln, wie eine Kilowattstunde Strom genutzt werden kann:

- 15 Hemden bügeln oder 70 Tassen Kaffee kochen
- 7 Stunden Fernsehen oder 40 Stunden CDs hören
- 2 Tage einen 300-Liter-Kühlschrank nutzen
- 1 Hefekuchen backen
- 1 Trommel Wäsche waschen

### **3.4 Anreize und Instrumente**

Anders als in der Wirtschaft wird in Haushalten das Maß der eingesetzten Energie nicht rein „betriebswirtschaftlich“ kalkuliert. Der Mensch als ein „Gewohnheitstier“ möchte sich von so manchen Dingen nicht trennen, oder sich einige Dinge leisten, obwohl diese nicht besonders energieeffizient oder sparsam sind. Modetrends, Gemütlichkeit, Schönheit, Bequemlichkeit oder auch soziale Anerkennung spielen hierbei eine Rolle.

Anreize zur Nachahmung, die von den Städten, Gemeinden oder Kommunen ausgehen und über soziale Netzwerke verschiedener Art verbreitet werden, sowie speziell zugeschnittene Förderprogramme können den Bürger erreichen und auch in diesem Sektor das Potenzial zur Energieeinsparung heben.

## **4 Energiesparen im Verkehr**

Für den Verkehrssektor gibt es zur Energieeffizienz grundsätzlich drei Handlungsprioritäten: 1.) Verkehr vermeiden (Wegfall oder Verkürzung von Wegen), 2.) Verkehr verlagern (auf energieeffizientere Verkehrsmittel), 3.) Verkehrstechnik verbessern (effiziente Antriebe etc.). Dies gilt sowohl für den Personen- wie für den Güterverkehr. Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt bei den nicht-technischen Aspekten, da diese direkter „an der Wurzel“ ansetzen.

### **4.1.1 Verkehrsvermeidung im Güterverkehr**

Die Vermeidung langer Strecken im Güterverkehr kann sowohl von Unternehmen wie von Konsumenten beeinflusst werden:

Unternehmen können bei der Auswahl der Lieferanten ihrer Vorprodukte auf kurze Wege achten und so zur Schaffung regionaler Wirtschaftskreisläufe beitragen. Auch ein Vertrieb mit Schwerpunkt in der Region anstelle eines weltweiten Vertriebs vermeidet lange Warentransporte, stößt aber oft an wirtschaftliche Grenzen. Ein wesentlicher Faktor sind auch die Verpackungsformen: Die meisten Lkw erreichen mit ihrer Ladung nicht ihr zulässiges Gesamtgewicht, wohl aber ihr maximales Transportvolumen. Dies liegt an ineffizienten Formen der Verpackung durch die Verlager: Durch kompaktere Formen der Einzelverpackung und der Palettenbeladung könnte rund jeder fünfte Lkw eingespart werden – so eine Schätzung des Sprechers der Geschäftsführung eines großen deutschen Speditionsunternehmens [RPO 2012].

Verbraucher können grundsätzlich versuchen, Produkte aus regionaler Erzeugung zu bevorzugen. Gleiches gilt auch für solche Produkte, die kürzere Wertschöpfungsketten aufweisen, z. B. die Bevorzugung von frischem Gemüse vor Fertiggerichten, bei denen vorab unterschiedlichste Zutaten von unterschiedlichsten Orten an die Lebensmittelhersteller geliefert werden mussten. Produkte mit einem guten Verhältnis von Masse zu Verpackungsvolumen können dem o. g. Trend zu ineffizienten Verpackungsformen entgegenwirken. Darüber hinaus können Einkäufe im Nahbereich ohne motorisierte Verkehrsmittel und damit energieeffizienter durchgeführt werden als bei der Auswahl weit entfernter Handelsstandorte – sofern vor Ort Einzelhändler noch vorhanden sind, ist deren Stärkung auch ein Beitrag zur Verkehrsvermeidung.

#### **4.2 Verkehrsvermeidung im Personenverkehr**

Die Verkehrsvermeidung im Personenverkehr kann an sehr unterschiedlichen Stellen ansetzen:

- Telebanking statt Fahrt zur Bank (setzt sich bereits durch)
- Telearbeit – zumindest tageweise – statt täglicher Berufsverkehr (unternehmerische Entscheidung)
- Nutzungsmischung im Stadtquartier (kurze Wege werden dadurch stadtplanerisch eher ermöglicht als durch Ausweisung reiner Wohn- und reiner Gewerbegebiete)
- Wohnen nah am Arbeitsplatz (private Entscheidung)
- Auswahl von Schulen und Sportvereinen nach Entfernung
- Entfernung zu Angehörigen als Kriterium bei der Auswahl des Arbeitsortes – konkurrierendes Kriterium zur fachlichen Spezialisierung bei der beruflichen Orientierung
- Weniger bundesweite Fußball-Ligen: Regionale Ligen verkürzen die Anreisewege der Fangruppen – hier gab es seit 1981 einen gegenläufigen Trend von einer zu drei bundesweiten Ligen, und das bei zusätzlicher Flächenausdehnung durch die deutsche Wiedervereinigung. Vergleichbares gilt für andere Sportarten, Unternehmensstrukturen, Verwaltungsstrukturen etc.
- Ein langer Urlaub im Jahr statt 2 bis 3 kurze Urlaube (weniger Reiseaufwand bei gleicher Erholungsdauer)

Die meisten der Entscheidungen liegen im privaten Bereich der Lebensorganisation. Daher wird in diesem Sektor bislang wenig Einfluss ausgeübt. Gerade auf dem Arbeitsmarkt wird eine hohe „Mobilität“ und Flexibilität von vielen Seiten (EU, Arbeitgeber etc.) sogar besonders gefördert.

#### **4.3 Verkehrsmittelwahl**

Auch wenn seit etwa 2008 wieder gegenläufige Tendenzen festzustellen sind, ist der private Pkw weiterhin das am häufigsten gewählte Verkehrsmittel, wie auch in Abb. 4 deutlich wird. MIV steht dabei für motorisierten Individualverkehr, d. h. Pkw und Motor-Zweiräder, ÖPV für den öffentlichen Personenverkehr.

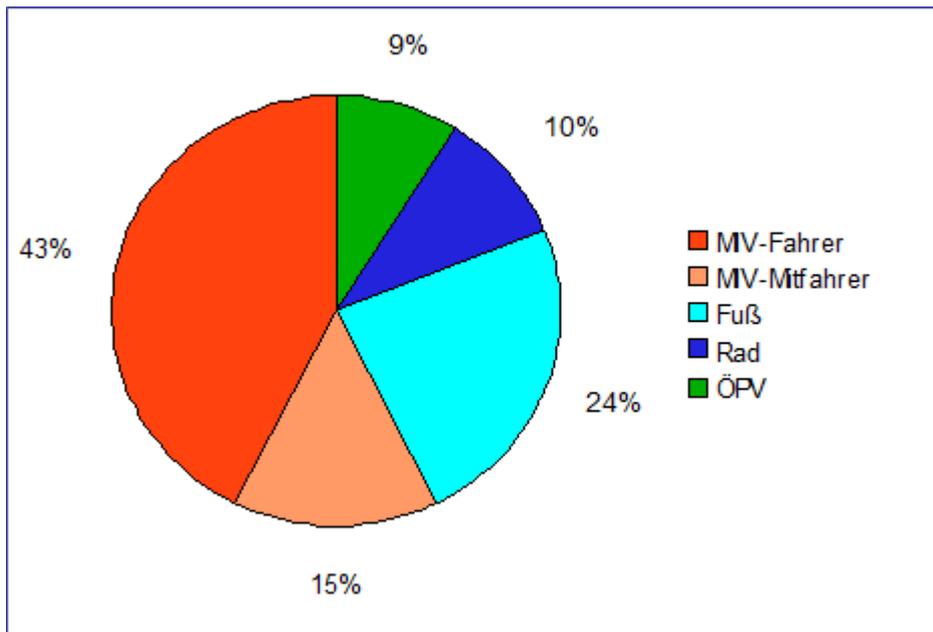


Abb. 4: Verteilung der zurückgelegten Wege nach Hauptverkehrsmitteln in Deutschland (Eigene Darstellung auf der Datengrundlage MiD 2008).

Bezogen auf die zurückgelegten Kilometer dominiert der Pkw-Verkehr noch stärker, da die mittlere Wegelänge dort deutlich höher liegt als im Fuß- und Radverkehr.

Hinsichtlich der Energieeffizienz liegen jedoch der Fuß- und Radverkehr an der Spitze, gefolgt von den öffentlichen Verkehrsmitteln. Letztere sind am effizientesten, wenn sie gut ausgelastet unterwegs sind. Gleiches gilt für Pkw: Alleinfahrten sind die ineffizienteste Fortbewegungsform, voll ausgelastete Pkw (5 Personen) können – je nach Verbrauch – durchaus so effizient sein wie durchschnittlich ausgelastete Züge.

Somit besteht nach der Verkehrsvermeidung der nächste Ansatz zur Energieeinsparung im Verkehrssektor darin, Verkehr vom Pkw hin zu öffentlichen und nichtmotorisierten Verkehrsmitteln hin zu verlagern.

Analog sind im Güterverkehr Bestrebungen zu sehen, Verkehr weg von Lkw und Luftfracht hin zum Schienengüterverkehr und Schifffahrt zu verlagern.

#### 4.4 Fahrzeugtechnik, Antriebsart und Fahrverhalten

Unter den Motoren hat der **Elektromotor** den höchsten Wirkungsgrad. Bei Nutzung der Bremsenergie (z. B. bei Straßenbahnen durch Rückspeisung in die Oberleitung) kann sein Gesamtwirkungsgrad noch höher ausfallen. Bei den Umwandlungsverlusten von der Primärenergie zur Endenergie schneiden jedoch Raffinerien (Diesel oder Benzin aus Mineralöl) deutlich besser ab als alle fossilen Kraftwerke bei der Stromerzeugung. Daher hängt die Gesamtbewertung des Elektromotors in erster Linie davon ab, welcher Strommix genutzt wurde. Bei überwiegend regenerativer Stromerzeugung sind Elektromotoren für den Klimaschutz sinnvoll (2011 stammten rund 20 % des deutschen Stroms aus regenerativen Quellen).

Nachdem im 20. Jahrhundert die **Verbrennungsmotoren** bereits in vieler Hinsicht optimiert wurden, kann im 21. Jahrhundert aus weiteren Optimierungen in diesem Bereich kein so hohes Sparpotenzial mehr erwartet werden. Um einen niedrigen spezifischen Verbrauch zu erreichen, ist die Gewichtsreduzierung von Fahrzeugen oder die Auslegung auf niedrigere Höchstgeschwindigkeiten wirksamer.

Beim Vergleich zwischen **Diesel- und Benzinmotor** ist zu beachten, dass Dichte und Energiegehalt des Dieselmotors höher sind. Bezogen auf das Volumen (Betankung in Litern) erscheint der Vorteil des Dieselmotors daher höher als er bezogen auf seine Masse tatsächlich ist.

Bei gleichem Verhalten spielt zudem das **Fahrverhalten** der Fahrerin bzw. des Fahrers eine zentrale Rolle: Durch defensive und niedertourige Fahrweise können häufig ohne Änderung des Fahrzeugs oder der Fahrtroute bis zu 20 % des Kraftstoffs eingespart werden. Auch im Bahnverkehr können Lokführer über die Fahrweise den Stromverbrauch ihrer Züge beeinflussen, indem etwa nach Abschnitten mit sehr hohen Geschwindigkeiten lange Strecken zum Ausrollen genutzt werden.

#### **4.5 Mobilitätsmanagement**

Mobilitätsmanagement zielt auf die Beeinflussung der Verkehrsnachfrage durch Information und Beratung sowie durch verbesserte Koordination des Angebotes ab. Ausgehend von einem Unternehmen, einer Stadt oder einem Verkehrsziel entwickeln die Akteure zu-nächst eine Strategie, um die energieeffizienteren Formen der Mobilität zu unterstützen. Diese hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab und kann die Vermittlung von Fahrgemeinschaften für Pkw, die Bewirtschaftung von Parkplätzen, die Einführung von Jobtickets im ÖPNV, die Bereitstellung von überdachten Fahrradständern und Duschen für Radfahrer, die Einführung von Telearbeit und zahlreiche andere Maßnahmen sowie die Öffentlichkeitsarbeit für diese Maßnahmen enthalten. Durch das Ansetzen bei den örtlichen Ausgangsbedingungen (Beachtung der Einzugsbereiche von Pendlern, Topographie, Engpässen im Verkehrsraum für verschiedene Verkehrsträger usw.) und durch die Abstimmung der Maßnahmen untereinander kann durch Mobilitätsmanagement eine Einsparung von CO<sub>2</sub> durch verminderten Pkw-Verkehr von rund 10 bis 20 Prozent erreicht werden, ohne zusätzliche Verbote einzuführen oder in den Bau von Verkehrswegen zu investieren. Nachdem Mobilitätsmanagement vor 10 Jahren in Deutschland nur sehr punktuell verbreitet war (Stadt München, Firma Infineon in Dresden), wurde es durch das bundesweite Aktionsprogramm „effizient mobil“ von 2008 bis 2010 stärker bekannt gemacht und im Rahmen von über 100 einzelnen Grobkonzepten in der Praxis erprobt und evaluiert [DENA 2011].

### **5 Fazit**

#### **5.1 Vielfalt der Möglichkeiten**

Die Möglichkeiten zur Energieeinsparung bestehen in allen Sektoren der Volkswirtschaft und betreffen alle Prozesse, die im Alltag Energie erfordern. Eine genaue Quantifizierung aller Einsparpotenziale ist nicht möglich, zumal sie auch in Wechselwirkung miteinander stehen.

Im Verkehr etwa kann die Einsparung von Wegen zu einer kürzeren jährlich zurückgelegten Wegestrecke pro Einwohner führen, von den Pkw-Fahrten dieser Einwohner kann ein Teil auf andere Verkehrsmittel verlagert werden, und der verbleibende Pkw-Verkehr kann in sparsameren Fahrzeugen stattfinden. Die absolute Einsparung durch die sparsameren Fahrzeuge hängt dabei von der zu erbringenden Jahresfahrleistung ab.

Inwiefern die Sparpotenziale ausgeschöpft werden können, hängt von allen Unternehmen, Einwohnern bzw. Verkehrsteilnehmern ab, die täglich dazu Entscheidungen mit unterschiedlichen Motivationen treffen.

Die Unternehmen orientieren sich dabei in erster Linie an den betriebswirtschaftlichen Aspekten der Einsparmöglichkeiten. Bei privaten Haushalten und Verkehrsteilnehmern steht stärker die Macht der Gewohnheit als Einflussfaktor im Vordergrund. Hinzu kommt der Wunsch nach Anerkennung im sozialen Umfeld, die bei Energieeinsparungen stärker möglich ist, wenn eine starke Öffentlichkeitsarbeit viele Personen für das Thema Energieeinsparung sensibilisiert. Wenige Akteure haben ein wirtschaftliches Interesse an dieser Art der Öffentlichkeitsarbeit, da es – anders als bei der Einführung erneuerbarer Energien oder der Umstellung auf modernere Technologien – allein durch die Einsparung wenige Akteure gibt, die davon direkt wirtschaftlich profitieren.

Zugleich muss auf die Vermeidung gegenläufiger Effekte (**Rebound-Effekte**) geachtet werden: So werden parallel zur Effizienzsteigerung vorhandener Gerätetypen immer wieder neue Möglichkeiten in den Markt eingeführt, zusätzliche Energie durch neue Techniken zu verbrauchen – oder es wird der Effekt von Spartechnologien wie der LCD-Bildschirm anstelle des Röhrenbildschirms durch größere Bildschirmdiagonalen in ihrer Wirkung kompensiert oder überkompensiert. Auch der Ersatz vorhandener Geräte nach nur kurzer Nutzungsdauer führt zu erhöhtem Aufwand in den Produktionsprozessen und kann verhindern, dass vorhandene Geräte sich energetisch amortisieren. Im Verkehr kann der Umstieg auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel beispielsweise durch eine höhere Zahl von Reisen pro Jahr oder größere Pendelentfernungen kompensiert werden.

## **5.2 Kommunaler Ansatz „eea“**

Dass es durch entsprechende Förderprogramme, auch auf Landesebene, zu Nachahmungseffekten in Bezug auf die effiziente Nutzung von Energie und zur einer Steigerung des Anteils der regenerativen Energien kommt, zeigt z. B. die Entwicklung des eea-Programms. Die Landesprogramme in Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Sachsen haben zu einer regen Teilnahme von Städten, Gemeinden und auch Kreisen im eea-Prozess geführt. Die Vorbildwirkung mit einer umsetzungsorientierten Energie- und Klimapolitik erreicht die Bürger und bringt damit das Thema mehr und mehr in das alltägliche Bewusstsein. Ein ähnlicher Ansatz wird durch den sogenannten Konvent der Bürgermeister verfolgt, der eine freiwillige Selbsterklärung der Städte zur Steigerung der Energieeffizienz darstellt.

## **5.3 Wille und Prioritäten der handelnden Akteure**

Ein sehr großer Teil des Energieverbrauchs kann in Unternehmen eingespart werden. Hier gibt es unter betriebswirtschaftlichen Aspekten etliche Sparpotenziale, die gehoben werden können, wenn die verantwortlichen Unternehmensleitungen einen Teil der Arbeitszeit dafür

aufwenden, Sparpotenziale zu finden, die sich in Zeiträumen amortisieren, welche aus Firmensicht kurz genug sind.

Letztlich hängt die Umsetzung aller Energieeinsparungen aber vom Willen und von der Prioritätensetzung aller handelnden Akteure und damit quasi aller Einwohner ab. Die Nutzung elektrischer Geräte, die Temperatur in den verschiedenen Wohnräumen, die Wahl des Verkehrsmittels, die Auswahl von Produkten nach Energieeffizienz oder regionaler Herkunft beeinflusst jeden Tag die Energiebilanz.

Diese Entscheidungen, die überwiegend durch Gewohnheiten geprägt sind, müssen so ins Blickfeld rücken, dass die einzelnen Bürger bereit sind, diesem Thema Zeit und Aufmerksamkeit zu widmen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Motivation und Prioritätensetzung der Einwohner sehr unterschiedlich begründet werden kann: So können Schönheit, Sparsamkeit, Bequemlichkeit, Anerkennung usw. als Haupthandlungsmotive in Erscheinung treten. Bei starker zeitlicher Belastung finden viele Einwohner schlicht keine Zeit, um sich die Gedanken über das Energiesparen zu machen und dem Gerätekauf entsprechend umfangreiche Recherchen vorangehen zu lassen.

Durch unterschiedliche Lebensstile und Geräteausstattung ist es daher möglich, dass sich Haushalte mit gleich vielen Personen beim Energieverbrauch um den Faktor 2 oder 3 unterscheiden.

Letztlich erfordert jeder Ansatz zur Energieeinsparung, dass die öffentliche Aufmerksamkeit stärker auf das Thema gelenkt wird, damit sich die zahlreichen handelnden Akteure auch die Zeit nehmen, ihre jeweils erreichbaren Einsparpotenziale zu entdecken.

## 6 Literatur

AGEB (2012): ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN E. V.: Energieflussbild 2010, Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland von 1990-2011, Berlin, Februar 2012

BMWI+BMU (2011): BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE / BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (HRSG.): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. 28. September 2010, aktualisierte Version, 37 S., Berlin, Oktober 2011.

BMU (2009a): BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (HRSG.): Energieeffizienz – die intelligente Energiequelle. Tipps für Industrie und Gewerbe. 32 S., Berlin, Juli 2009.

BUNDESREGIERUNG (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. 343 S., Berlin, April 2002.

DENA (2011): DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR (Hrsg.): effizient mobil. Das Aktionsprogramm für Mobilitätsmanagement. Programmdokumentation 2008 – 2010. 88 S., Berlin, 2011.

EU (2007): Mitteilung der Kommission an den Europäischen Rat und das Europäische Parlament: Eine Energiepolitik für Europa. Dokument KOM (2007) 1, 34 S., Brüssel, Januar 2007.

MID (2008): BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND WOHNUNGSWESEN (HRSG.): Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht. Bearbeitet von Infas und DLR. 208 S., Bonn und Berlin, Februar 2010.

RPO (2012): Meldung: Speditionschef kritisiert Verpackungen – jeder fünfte Lkw-Transport überflüssig. Meldung in: RP Online, Düsseldorf, 12. Mai 2012.

UBA (2012): UMWELTBUNDESAMT (HRSG.): Daten zur Umwelt. Umwelt-Kernindikatorensystem, Thema Klimaänderungen, Unterthema Klimaschutz im Energiesektor, Indikator Energieproduktivität. Letzte Aktualisierung: März 2012. Im Internet unter:  
<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/open.do>

# Energiegürtel enger schnallen für die Nachhaltigkeit?

## Zur Notwendigkeit der Förderung einer dem Natur- und Landschafts- schutz angepassten Energiestrategie aus der Sicht eines Natur- und Umweltschutzverbandes

Marcus Bollmann

### 1 Ethische Motivation zur Nachhaltigkeit

Der Erhalt der biologischen Vielfalt stellt für den Menschen die Grundlage allen Lebens dar, welches in der heutigen Energielandschaft immer mit einer Bilanzgrenze verbunden ist. Jede Energiequelle hat eine räumliche Ausdehnung, die in einer Kulturlandschaft gesellschaftlich organisiert werden muss. Die räumliche Planung von Standorten hat dabei die Aufgabe, politische Entscheidungsprozesse vorzubereiten.

Antrieb ist dabei, der von der Wissenschaft gesetzte Rahmen für den gesellschaftlichen Handlungsprozess. Hier sei auf die Ende der 90er Jahre eingegangene moralische Verpflichtung hingewiesen: „Tief empfundene Ehrfurcht vor allem Lebendigen; einen Respekt gegenüber nachfolgenden Generationen, für die diese biologischen Ressourcen erhalten bleiben sollen (UPPENBRINK 1997, S. 19)“.

Das wohl umfassendste Übereinkommen der Weltstaatengemeinschaft legt auch den Handlungsrahmen für die Planung von Energielandschaften fest (UPPENBRINK 1997, S. 20).

- Schutz der biologischen Vielfalt durch Gebietsschutz und Naturschutzprogramme
- Nachhaltige Nutzung der Biologischen Vielfalt
- Sicherung der Vielfalt im Pflanzen- und Tierreich und des ökologischen Gleichgewichts als Lebensgrundlage des Menschen – „Umsetzung der Biodiversitätskonvention“

Mehrere Potenzial-Studien begleiten das politische Handeln seit der gesellschaftlichen Diskussionen um die Energiewende in erheblichem Umfang. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen des deutschen Bundestages fordert die Umstellung auf eine Energieversorgung zu 100 % aus erneuerbaren Energien.

Zitat: „Eine detaillierte Analyse des Potenzials der regenerativen Energiequellen zur Stromerzeugung in Deutschland, Europa und Nordafrika zeigt, dass eine ausschließlich auf regenerativen Energiequellen basierende Stromversorgung bis 2050 unter Beachtung strenger Anforderungen des Naturschutzes und bei Vermeidung von anderen Nutzungskonflikten möglich ist (SRU 2011)“.

Eine zentrale Forderung des BUND in seiner energiepolitischen Grundsatzposition ist die vollständige Deckung des Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien bei Halbierung des heutigen Endenergieeinsatzes (BUND 2011).

## 2 Beispielhafte Energiebilanz einer Nutzereinheit

Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende ist aus Sicht des BUND die Halbierung des heutigen Endenergieeinsatzes. Grundlage ist immer die Ermittlung des Energieeinsparpotenzials. An einem Schaubild soll das Energieeinsparpotenzial einer Nutzereinheit exemplarisch dargestellt werden. Die gewählte Nutzereinheit ist ein Gebäude.

Um zu ermitteln, wo im Gebäude wie viel Energie verloren geht, muss bekannt sein, woher die Energie kommt und wohin sie geht (Energieströme). Das Aufzeigen der Energieströme wird als Energiebilanz des Gebäudes bezeichnet. Dazu werden alle dem Gebäude in einem Jahr zugeführten Energiemengen und alle das Gebäude verlassende Energiemengen gegenübergestellt. In der Energiebilanz wird der rechnerische Endenergiebedarf festgelegt. Dieser Energiebedarf dient als Maßstab für die energetische Beurteilung des Gebäudes. Die aus der Energiebilanz resultierenden Ergebnisse sind Ausgangspunkt für weitere Berechnungen und Bewertungen zur Energieoptimierung.

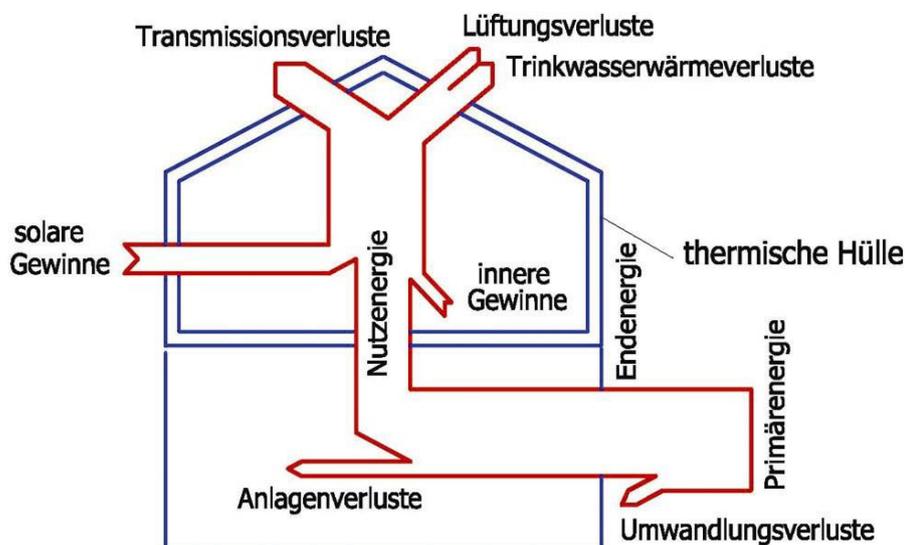


Abb. 1: Erstellung einer Primärenergiebilanz für ein Gebäude (Quelle: eigene Darst.)

Unter der Gebäudehülle oder der thermischen Hülle versteht man alle Bauteile eines Hauses, bei denen beheizte Räume an Außenluft, Erdreich oder unbeheizte Räume grenzen. Das sind z. B. Dachschrägen, oberste Geschossdecke, Außenwände, Fenster, Türen und die Kellerdecke oder Bodenplatte.

Energiekennzahlen ermöglichen einen Vergleich des Energiebedarfs eines Gebäudes mit anderen Gebäuden. Um die Energieeffizienz von Gebäuden unabhängig von den klimatischen Bedingungen und den individuellen Gewohnheiten der Nutzer zu vergleichen, legt die Energieeinsparverordnung ein normiertes Berechnungsverfahren fest. Die Energieeffizienz wird mit Hilfe der bau- und anlagentechnischen Kenngrößen des Gebäudes, normierter Annahmen für das Klima, normierter Nutzung des Gebäudes und des Energieträgers (Gas, Öl, etc.) berechnet. Zusätzlich wird der Energieaufwand, mit dem die Energie für Ihr Gebäude gewonnen und transportiert wird, mit einbezogen. Daraus ergibt sich der sogenannte Pri-

märenergiebedarf eines Gebäudes. Dabei handelt es sich um eine rechnerische Größe, die alle Energieeinflussfaktoren enthält.

Tab. 1: Erläuterung der Primärenergiebilanz (Quelle: eigene Darst.)

Energieabfuhr (-)	Energiezufuhr (+)
<p><b>Umwandlungsverluste</b></p> <p>Hiermit ist der Aufwand für den Energietransport sowie die Energieumwandlung vorgelagerter Prozessketten gemeint (Förderung, Transport, Lagerung der Energieträger). Am höchsten sind diese Umwandlungsverluste beim Strom.</p> <p><b>Anlagenverluste</b></p> <p>Die Anlagenverluste umfassen die Verluste bei der Erzeugung (Abgasverlust), ggf. Speicherung (Abgabe von Wärme durch einen Speicher), Verteilung (Leitungsverlust durch ungedämmt bzw. schlecht gedämmte Leitungen) und Abgabe (Verluste durch mangelnde Regelung) bei der Wärmeerzeugung.</p> <p><b>Transmissionswärmeverluste</b></p> <p>Als Transmissionswärmeverluste bezeichnet man die Wärmeverluste, die durch Wärmeleitung (Transmission) der Gebäudehülle entstehen. Die Größe dieser Verluste ist direkt abhängig von der Dämmwirkung der Bauteile und wird durch den U-Wert angegeben.</p> <p><b>Lüftungswärmeverluste</b></p> <p>Lüftungswärmeverluste entstehen durch Öffnen von Fenstern und Türen, aber auch durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle.</p> <p><b>Trinkwasserwärmeverluste</b></p> <p>Der Trinkwasserwärmeverlust wird über die Anzahl der Personen, sowie gegebenenfalls über eine individuelle Abschätzung des Verbrauchs ermittelt.</p>	<p><b>Primärenergie</b></p> <p>Der Primärenergieeinsatz berücksichtigt anders als der Endenergieverbrauch alle Energieverluste, die z. B. von der Erdöl-Lagerstätte bis zum Transportaufwand in den Heizöltank auftreten.</p> <p><b>Endenergie (= Heizenergiebedarf)</b></p> <p>Der Endenergieverbrauch entspricht der eingekauften Energie des Gebäudenutzers. Sie teilt sich auf in Nutzenergie und Anlagenverluste.</p> <p><b>Nutzenergie</b></p> <p>Als Nutzenergie bezeichnet man die Energiemenge, die zur Beheizung eines Gebäudes sowie zur Warmwasserbereitung erforderlich ist. Die Nutzenergie entspricht der Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf ohne die nutzbaren solaren und inneren Wärmegewinne.</p> <p><b>Solare Wärmegewinne</b></p> <p>Das durch die Fenster eines Gebäudes einstrahlende Sonnenlicht wird im Innenraum größtenteils in Wärme umgewandelt.</p> <p><b>Interne Wärmegewinne</b></p> <p>Wärme, die durch Personen, elektrisches Licht, Elektrogeräte usw. abgegeben wird.</p>

## 2.1 Energiestandards

Die so ermittelte Kennzahl erlaubt eine Bewertung des Gebäudes und entscheidet über das mögliche Einsparpotenzial einer energetischen Sanierung.

Für die Ermittlung des Energiestandards eines Gebäude sind die Dämmung der Außenhülle, die Effizienz der Anlagentechnik und der eingesetzte Energieträger von entscheidender Bedeutung. Bei einer Erdgasheizung ist zu berücksichtigen, dass der Gasverbrauch vom Versorger nach dem Brennwert abgerechnet wird. Dieser muss deshalb zunächst auf den niedrigeren Heizwert zurückgerechnet werden, auf den sich die Nutzungsgrade von Gasheizun-

gen beziehen. Durch Multiplikation mit dem Nutzungsgrad der Heizungsanlage, geschätzt nach Erfahrungswerten, kann auf den Nutzwärmebedarf des Gebäudes geschlossen werden.

Um den Brennstoff- oder Strombedarf einer neuen Heizungsanlage zu bestimmen, wird der Nutzwärmebedarf des Gebäudes durch den Nutzungsgrad dieser neuen Heizung dividiert. Für Wärmepumpen heißt dieser Kennwert Jahresarbeitszahl, diese liegt in einer Größenordnung von 3-4. Die Jahresarbeitszahl ist nicht zu verwechseln mit der Leistungszahl der Wärmepumpe. Oft wird vom Hersteller nur letztere genannt, diese gilt jedoch nur für einen ganz bestimmten Betriebszustand, zum Beispiel Außentemperatur 7°C, Vorlauftemperatur Heizungskreislauf 35 °C. Die Jahresarbeitszahl ist abhängig vom lokalen Klima, der Leistungszahl der Anlage, der Vorlauftemperatur und dem Nutzerverhalten. Sie kann deshalb nur annähernd, anhand von Erfahrungswerten bestehender Anlagen oder Kennwerten in Normen bestimmt werden.

Um aus dem Strombedarf für die Wärmepumpenheizung auf die Energiekosten zu schließen, ist der Strompreis einzukalkulieren, unter Berücksichtigung der besonderen Tarifregelungen, wie z. B. einem festen Grundpreis sowie zwei Arbeitspreisen für Hoch- und Niedrigtarifzeit.

An diesem Beispiel ist erkennbar, in welchem Umfang Benutzerverhalten, Umgebungsbedingungen, wirtschaftliche Randbedingungen und Effizienz der Anlage für die Ermittlung zu berücksichtigen sind.

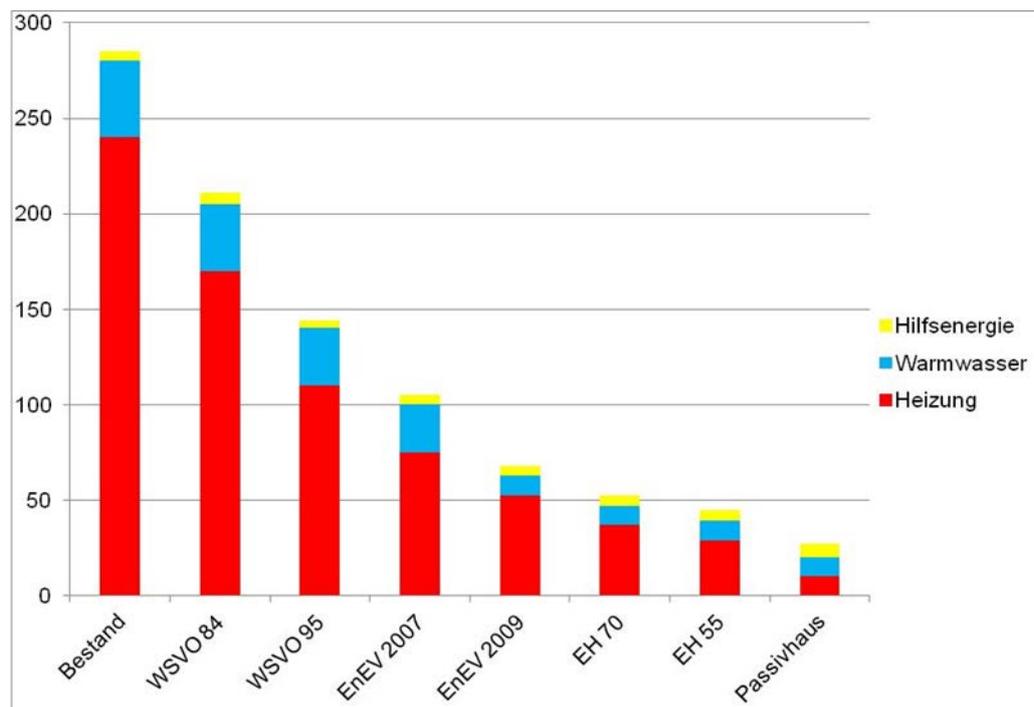


Abb. 2: Entwicklung der Energiestandards in Deutschland in kWh/(m² a) (Quelle: eigene Darst.)

Gegenüber dem Bestand kann der Energieverbrauch erheblich gesenkt werden, im Neubaubereich gewinnen das Passivhaus und das Gebäude mit Energieüberschuss „Plus-Energie-

Haus“ zunehmend an Bedeutung. An der Festlegung der Energiestandards wird sich die Gesellschaft messen lassen müssen, ob sie mit den Rahmenbedingungen der Energieeinsparung die Energiewende schafft.

## 2.2 Senkung des Energieverbrauchs

Im Gebäudebereich lässt sich durch energetische Sanierung die eingesetzte Endenergie um 30 bis 50 % reduzieren. Infolge der Erhöhung der Bauteiltemperaturen an der Innenseite der Gebäudehülle von knapp unter 10 °C in der Heizperiode (Außentemperatur -10 °C) auf nahezu Raumtemperatur kann nach Sanierung ohne Komfortverlust die Raumtemperatur gesenkt werden.

An einem Beispiel aus der Praxis als Gebäudeenergieberater soll nachfolgendes Beispiel die bauteilbezogenen Temperaturschwankungen aufzeigen.



Abb. 3: Im Gebäudebestand ist in der Regel eine Raumtemperatur von 24 °C erforderlich um die Anforderungen an die Behaglichkeit sicherzustellen



Abb. 4: Nach der Sanierung lässt sich das Gebäude mit deutlich geringerer Temperatur beheizen

An dem anschaulichen Beispiel der Bilanzierung eines Gebäudes wird deutlich, dass ein Einsparpotenzial von 50 % in den kommenden 20 Jahren durchaus realistisch ist.

### 3 Beanspruchung der Energielandschaft in Deutschland

Seit den 90er Jahren ist die Entwicklung im Strombereich insbesondere der Windenergie und der Fotovoltaik zu erkennen (vgl. Abb. 5). Der Leistungszubau kann nicht der vorhandenen Kraftwerksleistung gegenübergestellt werden, dazu braucht es ein intelligentes Energiesystem, bestehend aus Ergänzungskraftwerken und Stromtrassen.

Dies wird eine Herausforderung an die Planung einer gesellschaftlich anerkannten Energielandschaft sein.

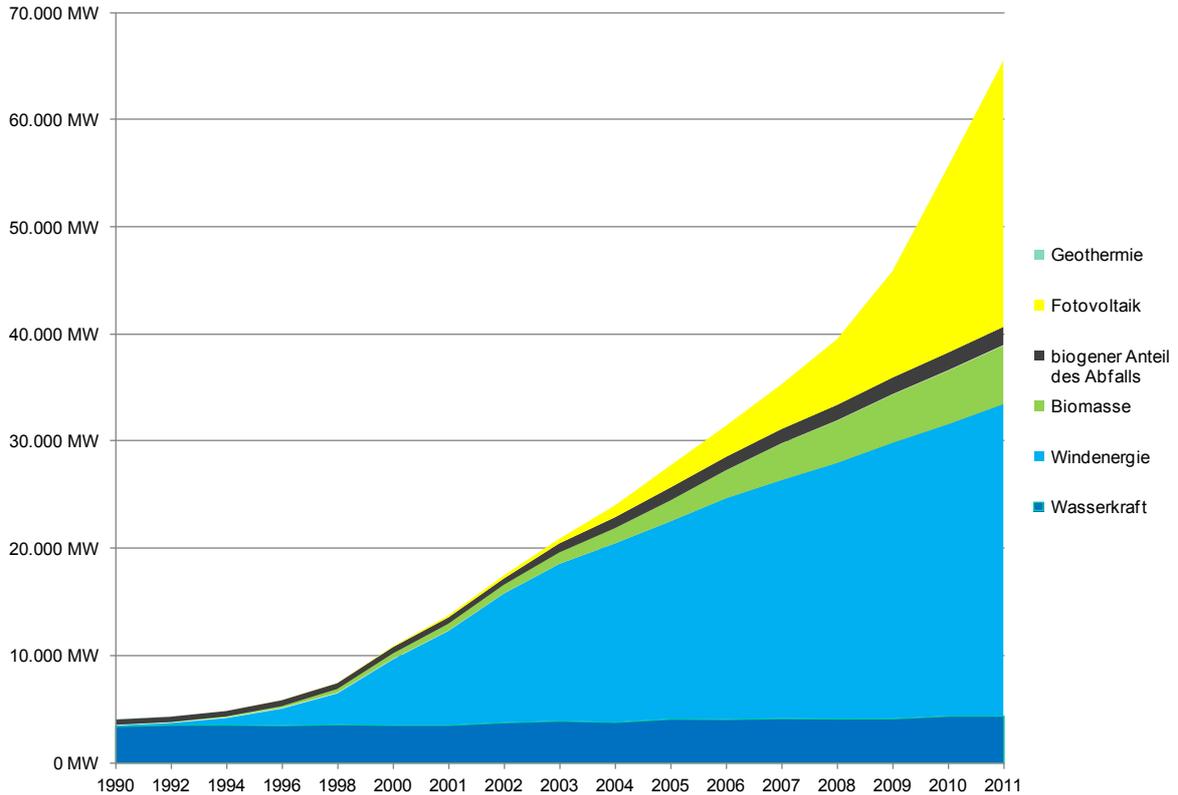


Abb. 5: Entwicklung der installierten elektrischen Leistung (Quelle: AGEE-Stat 2012)

Für den Strombereich ist auch der flächenbezogene Energieertrag für Deutschland als Grundlage für die Potenzialermittlung bei Landschaftsinanspruchnahme zu berücksichtigen (s. Abb. 6).

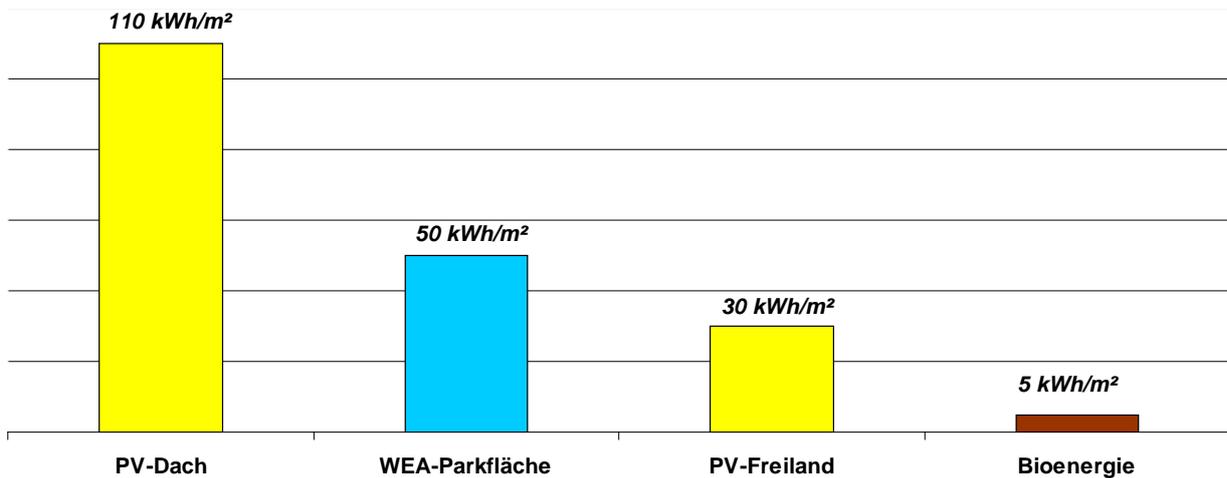


Abb. 6: Flächenbezogener Energieertrag der erneuerbaren Energiequellen (Quelle: AGEE-Stat 2012 und eigene Erhebungen)

Eine weitere Bewertungsmöglichkeit sind die energiewirtschaftlichen Kennzahlen. Aus der Statistik wurden die Erträge nach Arbeit und Leistung für die einzelnen Energieträger tabellarisch aufgeführt (Abb. 7). Die dort ermittelten Vollbenutzungsstunden eines Jahres (VBStunden) geben einen Hinweis auf die tatsächliche Auslastung der eingesetzten Energieerzeugungsanlagen für das Jahr 2011. Die VBStunden werden dabei auf ein Jahr in Stunden (8.760 h) bezogen.

Fotovoltaik schneidet in der Bewertung am schlechtesten ab, gefolgt von Windenergie und Geothermie. Wasserkraft und Biomasse zeigen deutlich ihre Unverzichtbarkeit im jetzigen Mix.

	Wasserkraft	Windenergie	Biomasse	biogener Anteil des Abfalls	Fotovoltaik	Geothermie
2011	19.500,0 GWh	46.500,0 GWh	31.920,0 GWh	5.000,0 GWh	19.000,0 GWh	18,8 GWh
	4.401 MW	29.075 MW	5.479 MW	1.700 MW	24.820 MW	8 MW
VBStunden	4.431 h	1.599 h	5.826 h	2.941 h	766 h	2.507 h
Auslastung	50,6%	18,3%	66,5%	33,6%	8,7%	28,6%

Abb. 7: Energiewirtschaftliche Kennzahlen im Jahr 2011 (Quelle: AGEE-Stat 2012)

#### 4 Bewertungsmatrix Energiesystem

Im Rahmen einer von den Jugendorganisationen der Umweltverbände durchgeführten Workshop-Reihe ist die Bewertung der Konfliktfelder erneuerbarer Energien diskutiert und präzisiert worden (JBZE 2012). Die Bewertung erfolgt nach dem Ampelsystem grün (konfliktfrei), gelb (konfliktarm), rot (konfliktträchtig) in Bezug auf die biologische Vielfalt.

Als Ergebnis der Diskussion im Workshop des BfN hat sich eine Änderung zu der in Abb. 8 ursprünglich dargestellten Fassung ergeben. Das Potenzial im Bereich der Biomasse wurde sehr kritisch beurteilt, da auf den Anbauflächen aktuell deutliche Zielkonflikte mit der biologischen Vielfalt gesehen werden. Bei der Nutzung von Biomasse-Reststoffen ist laut Beurteilung einiger Teilnehmer bei Waldrestholz das Potenzial heute schon ausgeschöpft. Der Fließgewässerschutz ist im Betrieb von Wasserkraftanlagen ebenfalls als sehr kritisch eingestuft worden.

Die schwarz hinterlegten Konfliktfelder bezeichnen die Arbeitspriorität. Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Speichertechnik und Stromnetzbau sind als sehr wichtig im zukünftigen Energiesystem eingestuft worden. Windenergie und Wasserkraft bilden derzeit die entscheidende Säule im Strombereich (siehe auch Abb. 5 und 6).

Nr	Konfliktfeld	Biologische Vielfalt	
		Anlage	Betrieb
1	KWK	Green	Green
2	Windenergie	Yellow	Yellow
3	Biomasse	Yellow	Red
4	Solarthermie	Green	Green
5	Fotovoltaik	Yellow	Green
6	Solarthermische Kraftwerke	Yellow	Yellow
7	Wasserkraft	Yellow	Red
8	Geothermie	Green	Green
9	Speichertechnik	Yellow	Yellow
10	Stromnetzbau	Yellow	Yellow

Abb. 8: Ampelbewertung der Konfliktfelder aller Erneuerbaren Energien bzgl. der Biologischen Vielfalt

## 5 Forderung des BUND

Der BUND hat in seinem energiepolitischen Grundsatzprogramm wesentliche Eckpunkte für eine zukünftige Energiepolitik formuliert (BUND 2011).

- Deckung des Energiebedarfs bis 2050 zu 100 % aus EE
- Reduktion des Endenergieeinsatzes um 50 % bis 2030
- Senkung der Treibhausgasemissionen (40 % bis 2020, 80 % bis 2050)
- Energieeinsparung (Energieeffizienz und Energiesuffizienz)
- Verbrauchernahe Versorgungsstruktur
- Neubewertung der geplanten Stromtrassen

Der Ausbau der grauen Infrastruktur aus Beton und Asphalt ist in Deutschland aus Sicht des BUND nahezu abgeschlossen. Dort besteht keine relevanter zusätzlicher Bedarf mehr. Vielmehr sind Investitionen in den Bestandserhalt, intelligentere Nutzung des Bestehenden, Rückbau und die Umstellung auf umweltverträglichere Systeme v. a. im Bereich Verkehr und Energieerzeugung notwendig. Dieser Umbau zu einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Wirtschaftsweise schafft auch neue finanzielle Spielräume für die Wiederherstellung und Neuschaffung einer grünen Infrastruktur (BUND 2012).

## **6 Literatur**

(AGEE-Stat), A. E. E.-S., 2012. Erneuerbare Energien 2011, Berlin: s.n.

BUND-Position48, 2011. Zukunftsfähige Energiepolitik, Berlin: s.n.

BUND-Position59, 2012. Naturschutz, Berlin: s.n.

JBZE, 2012. <http://www.zukunftsenergie.org/>. [Online].

SRU, 2011. Wege zur 100% erneuerbaren Stromversorgung - Kurzfassung für Entscheidungsträger, Berlin: s.n.

UPPENBRINK, M., 1997. Erhaltung der biologischen Vielfalt - Wissenschaftliche Analyse deutscher Beiträge - BfN, Bonn: s.n.

# **Nutzung und Entwicklungstendenzen von Bioenergie in nationalem und globalem Kontext**

## **Situation and trends in the usage of bioenergy in national and global context**

Rainer Luick

### **Zusammenfassung**

Die „Energiewende“ in Deutschland mit neuen Prioritäten bei Bereitstellung und Umgang mit Energie verdienen Respekt und Anerkennung. Weltweit gesehen ist Deutschland Vorreiter, wie es einer nahezu rohstofflosen Industrie- und Dienstleistungsgesellschaft gelingen kann, mit Hilfe der vorhandenen natürlichen Ressourcen, technologischer Innovation und Bewusstseinswandel den Energiebedarf zu reduzieren und vor allem fossile Energieträger zu substituieren. Einen hohen Anteil an den erneuerbaren Energien hat Biomasse aus landwirtschaftlicher und forstlicher Herkunft. Am Beispiel der Bioenergie wird dargestellt, dass diese Formen der erneuerbaren Energien trotz zahlreicher positiver Aspekte auch neuartige Problemfelder verursachen. Dies gilt nicht nur für die nationale Ebene, sondern auch für den globalen Raum. Es wird dargestellt, welche Dimensionen schon heute der transnationale Handel mit Bioenergieträgern hat und auf welche weiteren Entwicklungen und mutmaßlich negative Folgen wir uns einstellen, bzw. welche wir verhindern müssen. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Biomasse und vielen negativen Einflüssen auf Ökosysteme bei ihrer Produktion und Bereitstellung bedarf es dringend überzeugender Steuerungs- und Regelungsinstrumente auf allen Handlungsebenen.

### **Abstract**

The so-called German „Energiewende“ (change of energy policies) with new priorities in the supply and handling of energy is well known and respected internationally. Germany provides a model of how an industrialized society with almost no domestic fossil fuel resources can meet its energy demands. This is achieved by means of technical innovation, a switch to renewable energy sources and changes in consumption behaviours. However, a high proportion of Germany's renewable energy derives from agricultural and forestry biomass, and use of these alternative forms of energy may cause new sorts of problems not only nationally but globally as well. This paper describes the national and transnational production and trade in bio-energy and some of the ecologically harmful consequences that can be anticipated in the future. Because of the natural limitations of biomass and the various negative impacts intensive production of biomass may have on the natural environment, national and international systems for the regulation of biomass production and use are urgently needed.

## **1 Die Energiewende in Deutschland – nur eine Erfolgsgeschichte?**

Deutschland hat sich politisch zu einem radikalen Umbau der Energiewirtschaft entschlossen. Die „Energiewende“ mit neuen Prioritäten in der Energiebereitstellung und energiepolitischem Dialog für einen verantwortungsvolleren Umgang mit Energie verdienen Res-

pekt und Anerkennung. Weltweit gesehen ist Deutschland damit Schrittmacher und Versuchslabor, wie es einer nahezu rohstofflosen Industrie- und Dienstleistungsgesellschaft gelingen kann, ihre Importabhängigkeit von Energie zu verringern und fossile Energieträger bestmöglich zu substituieren.

Das Gestaltungsinstrument der Energiewende ist das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) aus dem Jahr 2000 sowie das vorherige Stromeinspeisungsgesetz. Der impulsgebende Ansatz war und ist, dass für Energie aus Wasser, Wind, Sonne (Photovoltaik und Solarthermie) und Biomasse jeweils ein umlagefinanzierter Bonus bezahlt wird, um entsprechende Markt- und Technologieanreize zu geben. Diese Boni wurden bei Berücksichtigung der technologischen und Kapitalinput-bezogenen Wirtschaftlichkeit der einzelnen Sektoren monetär gestaffelt. Vor allem beim Strom aus Photovoltaik-Anlagen wurden die Boni mit einem an der erwartbaren physikalischen und technischen Lernkurve angepassten deutlichen Degressionsselement gekoppelt.

Besondere Initiativen gab es auch im Bereich der Biokraftstoffe und der Biogaswirtschaft. In Deutschland wurden mit der Begünstigung für Biodiesel im Rahmen der Einführung der ökologischen Steuerreform (1999/2003), der bis 2007 gültigen Mineralölsteuerbefreiung für Biokraftstoffe und dem Markteinführungsprogramm „Treib- und Schmierstoffe“ (2000/2003) starke Anreize für die Produktion von Biokraftstoffen gesetzt. Die Biogaswirtschaft profitierte erheblich durch das EEG und die ihm folgenden Novellen – vor allem aber durch die Einführung des NawaRo-Bonus im EEG in 2004 (NawaRo = nachwachsende Rohstoffe). Ergänzende Anstöße wurden durch das Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien sowie die Investitionsförderungsprogramme der Länder gegeben.

Es darf allerdings nicht unerwähnt bleiben, dass ein Notprogramm für die Landwirtschaft in einer Periode mit Überproduktion bei bestimmten Agrarprodukten, geringen Erlösen und schlechter Einkommenssituation Geburtshelfer der deutschen Energieproduktion aus agrarischer Biomasse war. So bestand zwischen 1992 und 2007 die Möglichkeit, Energiepflanzen auf Stilllegungsflächen anzubauen und gleichzeitig die Stilllegungsprämie für die betreffenden Flächen zu erhalten.

Insgesamt entstand ein Förderkollektiv an Maßnahmen, das seine stimulierende Wirkung nicht verfehlt hat. Seit 1998 bis zum Jahr 2011 hat sich der Anteil der erneuerbaren Energien an der Primärenergie von ca. 3 % auf 12 % erhöht, beim Strom sogar von 5 % auf ca. 20 % (s. Abb. 1). Interessant ist weiterhin, dass am Anteil der erneuerbaren Energien an der Primärenergie die Biomasse mit rund 75 % beteiligt ist, was auf den hohen Holzanteil zurückzuführen ist. Beim Strom liegt der Biomasseanteil, der überwiegend über Biogasanlagen produziert wird, bei 30 %. Beim Wärmeverbrauch decken die erneuerbaren Energien derzeit rund 10 % des Gesamtverbrauchs, davon stammen rund 90 % aus Biomasse und hier wiederum überwiegend aus Holz. Bei den Kraftstoffen liegen die erneuerbaren Energien bei rund 6 %; davon stammen 100 % aus Biomasse. Beeindruckend ist auch die Zahl der Beschäftigten im Wirtschaftsfeld der Erneuerbaren Energien: 2011 waren in allen Branchen rund 380.000 Menschen beschäftigt (alle Angaben aus BMU 2012b). Soweit die vordergründig beeindruckend positiven Zahlen.

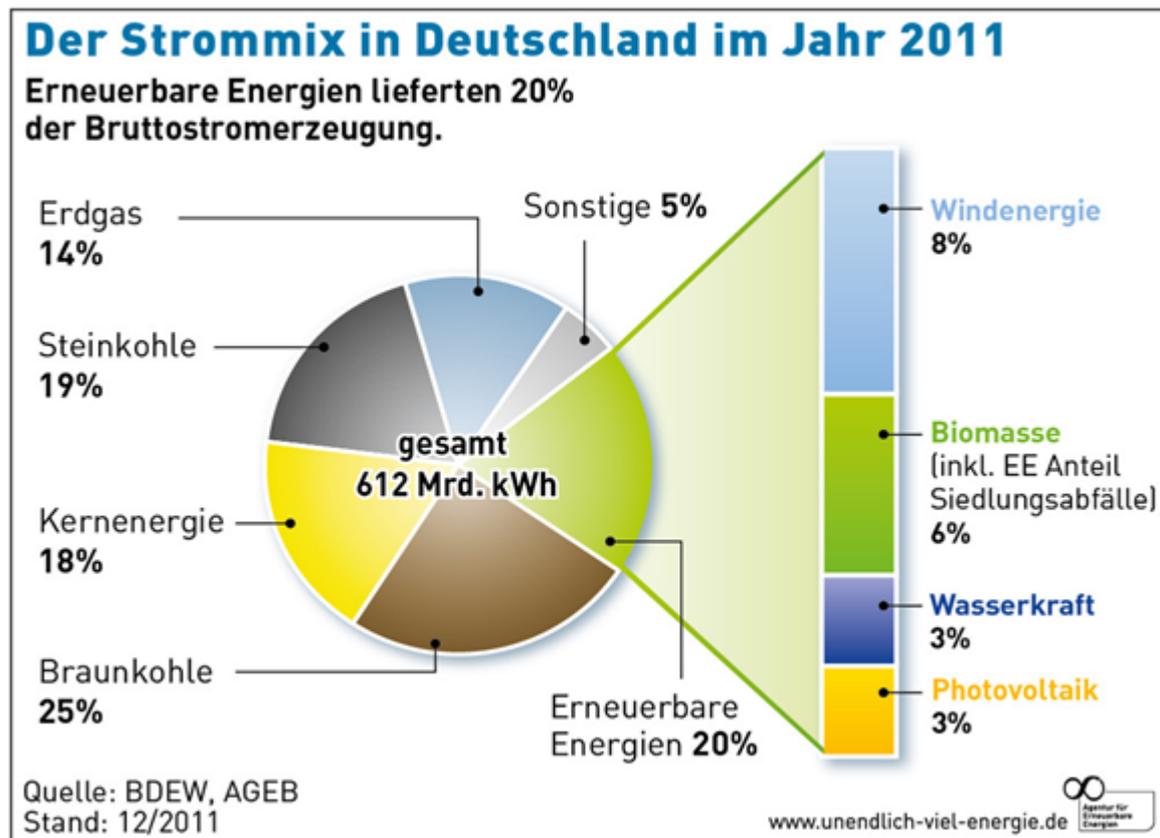


Abb. 1: Der Strommix in Deutschland im Jahr 2011; (Quelle: www.unendlich-viel-energie.de, nach BDEW, AGEF)

Doch es ist auch Kritik zu äußern: Ob man es bei Erfindung des EEG nicht besser wissen konnte oder wollte sei dahingestellt. Tatsache ist, dass sich schon nach kurzer Zeit und den sich rasch einstellenden Erfolgen bei den erneuerbaren Energien (Ökonomen nennen dies Profite) massive Lobbyisteninteressen und Besitzstandswahrungen entwickelt haben. Möglicherweise ist es auch einem unbewusst gesellschaftspolitischen Effekt oder einem „Nicht-wahrnehmen-wollen“ oder auch der Geschwindigkeit von Veränderungen in der Energiewirtschaft zuzuschreiben, dass die Thematik der Nachhaltigkeit und negativer Begleiterscheinungen von „guten“ alternativen Energiequellen lange Zeit politisch nur untergeordnet oder auch gar nicht angesprochen wurde. Erst jetzt, wo sich hochprofitable Wirtschaftssysteme schon längst in globaler Vernetzung etabliert haben, wird erkannt, dass auch in diesem Kontext Nachhaltigkeit dringend definiert, gesteuert und geregelt werden muss. Denn es sind nicht nur die technologischen Innovationen, die für einen Umbau der Energiewirtschaft entscheidend sind. Es müssen alle Nachhaltigkeitsaspekte gleichberechtigt berücksichtigt werden: Unsere neue Energiewirtschaft muss gleichzeitig ökonomisch, sozial und auch ökologisch verträglich entwickelt werden, um dem energiepolitischen Zieldreieck Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltfreundlichkeit Rechnung zu tragen.

In Deutschland positioniert sich die Bioenergie in den Diskussionen zur Begrenztheit unserer derzeitigen Energiebasis, zu notwendigen Alternativen und zu verbesserter Energieeffizienz und Suffizienz im Energieverbrauch. Auf dem globalen Schauplatz hat sie eine ganz andere energiepolitische Dimension: Bis 2030 soll der Weltenergiebedarf gegenüber heute um etwa

die Hälfte zunehmen und sich bis 2060 sogar verdoppeln (SCHINDLER & ZITTEL 2008, IEA 2011b). Bioenergie soll nicht nur helfen, die versiegenden fossilen Rohstoffquellen zu ersetzen, sondern auch den zusätzlichen Bedarf zu liefern.

Am Beispiel der Bioenergie wird dargestellt, dass diese Form der erneuerbaren Energien trotz zahlreicher positiver Aspekte auch Grenzen aufweist und neuartige Problemfelder verursacht. Nach wie vor ist auf nahezu allen räumlichen Ebenen (national und global gesehen) ein anhaltender Verlust biologischer Vielfalt zu verzeichnen. Wichtigster „Driver“ ist der Lebensraumverlust durch direkte oder indirekte Landnutzungsänderungen, wobei wiederum Land- und Forstwirtschaft die mit Abstand wichtigsten Faktoren sind. Damit sind automatisch auch alle Produktionssysteme für Bioenergie angesprochen. Betrachtungsebene der folgenden kritischen Reflexion ist daher nicht nur der nationale Raum, sondern mit weiterem Wachstum und energiepolitischem Bedeutungsgewinn muss auch die globale Situation gesehen werden, auf die wir durch unser heimisches und europäisches Handeln massiv Einfluss nehmen.

Welche Brisanz einer kritischen Diskussion der Folgen verstärkter energetischer Biomassenutzung allerdings inhärent ist, zeigen die Reaktionen einschlägiger Forschungseinrichtungen und Lobbyistengruppen auf die vor kurzem vorgelegte Studie der Nationalen Akademie der Wissenschaften zu Möglichkeiten und Grenzen der Bioenergie (LEOPOLDINA 2012).

## **2 Energie aus Biomasse – Alternativen nicht ohne Kritik und Grenzen**

Nach dem aktuellen Energiekonzept der Bundesregierung soll der Ausbau der erneuerbaren Energien weiter forciert werden. Das EEG in seiner Novelle von 2012 nennt als quantitative Ausbauziele, dass allein an der Stromversorgung ihr Anteil bis 2020 auf mindestens 35 % bis 40 % und über weitere definierte Zwischenziele bis 2050 auf mindestens 80 % gesteigert werden soll. Tabelle 1 zeigt Entwicklungen und Zielwerte; es wird deutlich, dass die Biomassenutzung ein wichtiger Faktor ist und ihr Stellenwert auch weiter zunehmen soll. Die politische Motivation zur Förderung der Bioenergie war und ist vielschichtig. Vordergründig stehen Aspekte des Klimawandels im Fokus. Es ist jedoch unbestritten, dass wirtschaftsstrategische Überlegungen von zunehmender Relevanz sind.

Nicht zuletzt durch die deutschen Diskussionen und Zielsetzungen hat sich auch die EU entsprechende Vorgaben gegeben und 2009 in der Renewable Energy Directive (RED) konkretisiert. Die pauschalen Vorgaben sind, dass der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf mindestens 18 % erhöht werden soll, wobei es für die einzelnen Ländern und Energieverbrauchssektoren (Wärme, Kraftstoffe und Strom) unterschiedliche Orientierungswerte gibt. Eine wichtige Rolle wird auch in der RED der Bioenergie zugeordnet: Die Analyse der „Nationalen Aktionspläne“ für erneuerbare Energie von 27 EU Mitgliedsstaaten (BEURSKENS et al. 2011, THRÄN et al. 2011) ergibt, dass die Ausbauziele 2020 für den Sektor Wärme und Kühlung zu 80 % auf Biomasse basieren (Anstieg ab 2010 von 28,6 Mtoe auf 75,4 Mtoe). Im Sektor Strom liegt der Wert bei 17,5 % (Anstieg ab 2010 von 8,4 Mtoe auf 17,2 Mtoe) und im Sektor Transport bei 87,6 % (Anstieg ab 2010 von 4,8 Mtoe auf 12,8 Mtoe).

Tab. 1: Anteil der erneuerbaren Energien in Deutschland 2001, 2007, 2011 und 2020 gemäß Leitszenario 2009 (die Spalte »Bioenergie« steht jeweils für den absoluten prozentualen Anteil der Energieerzeugung aus Biomasse am Gesamtverbrauch; die Zahlen basieren auf verschiedenen Veröffentlichungen von BMU und BMELV). Quellen: BMU (2008) [1], BMELV & BMU (2009) [2], BMU (2009) [4], BMU (2012b) [3].

	2001 [1]		2007 [2]		2011 [3]		2020 [4]	
	EE ge- samt in %	Bioener- gie in %	EE ge- samt in %	Bioener- gie in %	EE ge- samt in %	Bioener- gie in %	EE ge- samt nach Leitsze- nario 2009 in %	Bioenergie nach Leit- szenario 2009 in %
Anteil EE am ge- samten Primär- energie- verbrauch	2,9	<b>2,0</b>	6,7	<b>4,9</b>	10,9	<b>9,0</b>	17,6	<b>11,7</b>
Anteil EE am ge- samten Endener- giever- brauch	4,1	<b>2,7</b>	8,6	<b>6,2</b>	12,2	<b>8,2</b>	20,1	<b>11,9</b>
Anteil EE am ge- samten Endener- giever- brauch für Strom	6,7	<b>0,3</b>	14,2	<b>3,9</b>	20,9	<b>6,1</b>	40,4	<b>15,0</b>
Anteil EE am ge- samten Endener- giever- brauch für Wärme	4,2	<b>4,0</b>	6,6	<b>6,1</b>	10,4	<b>9,5</b>	17,5	<b>13,5</b>
Anteil EE am ge- samten Endener- giever- brauch für Kraftstoffe	0,6	<b>0,6</b>	7,4	<b>7,4</b>	5,6	<b>5,6</b>	11,5	<b>11,5</b>

Was versteht man unter Bioenergie genau? Definitiv ist es solare Energie, die über Photosynthese als organisches Material fixiert und damit speicherbar wurde. Im Grunde sind damit auch Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle oder Torfe Bioenergieträger. Die Unterscheidung erfolgt auf der zeitlichen Entstehungsachse. Bioenergieformen, die schon vor

Jahrhunderten von Millionen Jahren entstanden und gespeichert wurden, sind die klassischen fossilen Energieträger, während die aktuell über Photosynthese erzeugten Biomassen als Bioenergie bezeichnet werden, wenn sie einer energetischen Verwertung zugeführt werden.

Eine Differenzierung erfolgt in Biomasse aus forstlicher oder agrarischer Herkunft, also in holzartiges oder krautig-grasiges Material. Eine weitere Unterscheidung wird entsprechend der technologischen Evolution in Biomasse-Energieträger der so genannten 1. und 2. Generation vorgenommen. Während die Energieträger der 1. Generation meist sehr spezifische Einsatzmöglichkeiten haben (primär Wärme, Strom oder Treibstoffe), geht es bei den noch im technischen Versuch stehenden Prozessen der 2. Generation darum, Biomasse nahezu unabhängig von der Herkunft in molekulare Bausteine zu zerlegen, die dann zu neuen Produkten kombiniert werden können. Im experimentellen Laborstadium sind die biogenen Treibstoffe der 3. Generation, die aus der Biomasse von Algen, oder einzelnen Bestandteile davon (Lipide, Kohlenhydrate, Kohlenwasserstoffe) gewonnen werden sollen.

### **Infobox 1 – Dimensionen des Energiebedarfs**

Große Energiemengen werden in Exa Joule (EJ ) angegeben. 2010 betrug der globale Primärenergieverbrauch ca. 500 EJ. In der globalen Bilanz müssen noch ca. 10 % diffuse Bioenergiemengen (ca. 50 EJ) hinzugerechnet werden, das sind z.B. Holz und Dung, was in vielen ländlichen Regionen in den Entwicklungs- und Schwellenländern bis heute die ausschließliche Energieform ist und auch bleiben wird.

Nach Einschätzung der Weltenergie-Agentur wird der globale Primärenergiebedarf bis zum Jahr 2030 gegenüber 2010 um 50 % auf dann ca. 750 EJ zunehmen. Der Anteil „moderner“ Bioenergien wird in moderaten Szenarien auf 100 EJ in progressiveren Studien, mit einem deutlichen Bedeutungsgewinn von Bioenergieträgern der 2. Generation, auf bis zu 300 EJ prognostiziert. Dazu addiert sich weiterhin der diffuse Bioenergieanteil, der aufgrund der wachsenden Bevölkerungen in Armutsländern ebenfalls relativ noch zunehmen wird. Für Deutschland wird für 2010 ein Primärenergieverbrauch von ca. 16 EJ bilanziert. Daran hatten die erneuerbaren Energien einen Anteil von ca. 1,7 EJ, wovon wieder ca. 1,3 EJ auf das Segment Biomasse entfallen.

Statt in Peta Joule (PJ) bzw. Exa Joule (EJ) werden häufig noch die veralteten Energieeinheiten TWh, MtSKE, Mtoe (Steinkohle- und Öleinheiten) benutzt. Zur Umrechnung von Energieeinheiten für große Energiemengen gelten folgende Werte:

1 MtSKE= 29,3076 PJ; 1 MtSKE= 8,141 TWh;

1 Mtoe= 41,868 PJ; 1 Mtoe= 11,63 TWh

## **2.1 Agroenergie in Deutschland**

Insbesondere der NawaRo-Bonus hat die Flächennutzung in kürzester Zeit massiv beeinflusst. Aktuell werden rund 2,1 Mio. ha für die Produktion energetischer Biomasse genutzt; das entspricht ca. 18 % der gesamten Ackerflächen in Deutschland. Mit ca. 0,9 Mio. ha jährlicher Anbauflächen (die seit einigen Jahren nahezu konstant ist) hat der Rapsanbau den höchsten Anteil unter den Energiepflanzen. Die Anbaufläche von Energiepflanzen zur Verwertung in Biogasanlagen – und hier vor allem Mais – hat sich in Deutschland von rund

50.000 ha im Jahr 2003 auf rund 800.000 ha in 2012 erhöht (FNR 2011). Das Anbauflächenpotenzial für Biomasse auf Grün- und Ackerland (unter Einbeziehung von Kurzumtriebplantagen) wird in Deutschland nach unterschiedlichen Modellen für den kommenden beiden Jahrzehnte auf 14 bis 43 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche geschätzt, das sind zwischen 2,5 und 7,3 Mio. ha (WI & RWI 2008, NITSCH & WENTZEL 2009, BMU & BMELV 2010, THRÄN et al. 2011, DLR et al. 2012).

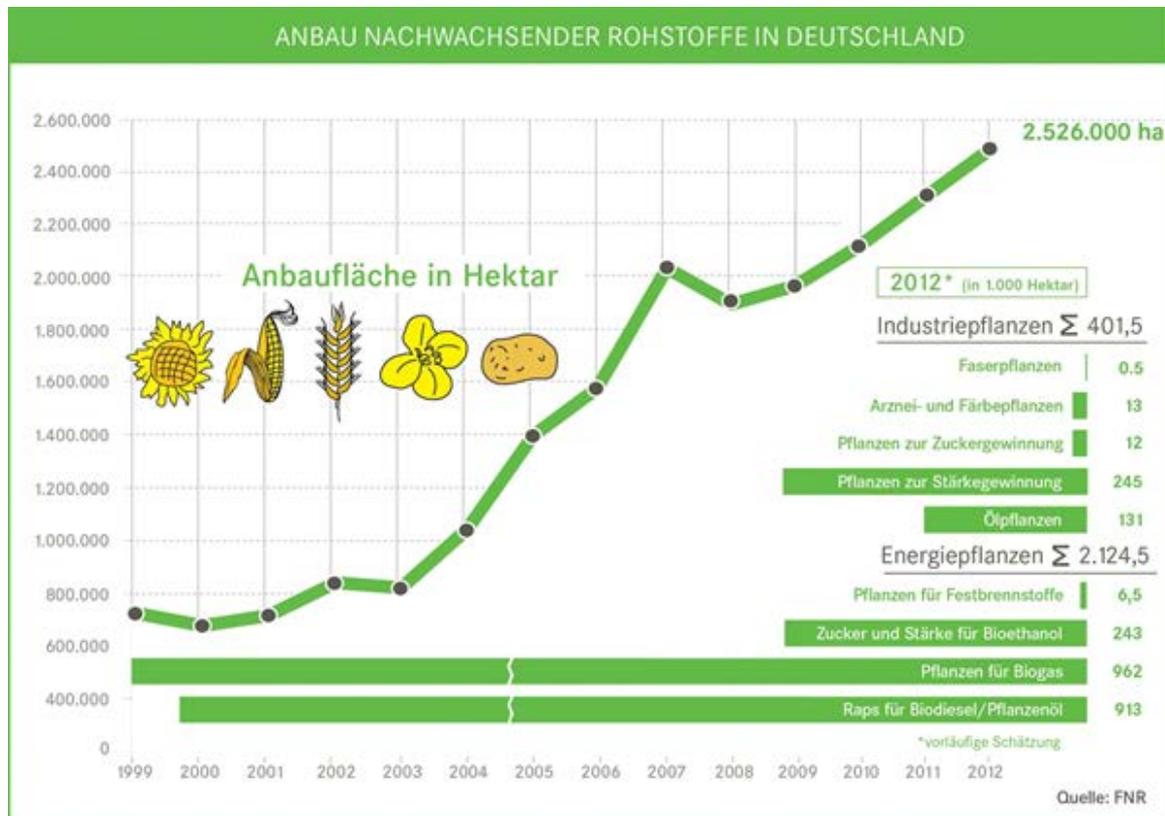


Abb. 2: Agrarflächen für die Produktion von energetischer Biomasse seit 1999 (Quelle: FNR 2012).

Ob Potenziale von mehr als 3 Mio. ha allerdings tatsächlich zu aktivieren sind, muss bezweifelt werden, bzw. würde deutliche Änderungen in anderen Produktions- und Konsumsektoren voraussetzen: Die Reduktion unseres übertrieben Fleischkonsums von derzeit rund 88 kg pro Person und Jahr auf gesundheitlich vernünftige Werte von 30 bis 40 kg würde tatsächlich mehrere Mio. ha Flächen freisetzen, auf denen bislang die Futtermittel zur Erzeugung dieser Fleischmengen produziert werden (BIOLAND 2009, HIRSCHFELD et al. 2008). Diese Flächen könnten theoretisch dann durchaus für Energiepflanzenbau genutzt werden, wenn dieser ökologisch und standortverträglich erfolgt.

Im Fokus der aktuellen Debatten zur Umwelt- und Naturverträglichkeit stehen vor allem die Biogasanlagen mit ihrem gewaltigen Flächenbedarf für den Energiepflanzenanbau (LUICK et al. 2011, SCHÜMANN et al. 2011). Im Jahr 2000 gab es rund 1.000 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von ca. 80 MW; im Jahr 2011 waren es rund 7.000 Anlagen mit ca. 2.800 MW. Abgesehen von negativen ökologischen Begleiterscheinungen der Biomasseproduktion (s. Infobox) ist auch die energetische Effizienz bei der Mehrzahl aller Anlagen kritisch

zu hinterfragen. Dazu wäre eine konsequente Abwärmenutzung unerlässlich, doch bei rund zweidrittel aller Anlagen in Deutschland findet bislang keine, bzw. keine sinnvolle Verwertung der bei der Stromerzeugung anfallenden (Ab-)Wärme statt.

Die hohe Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produktionsflächen hat auch weit reichende und problematische strukturelle Wirkungen. Biogasanlagen entstehen meist nicht in marginalisierten ländlichen Regionen mit schlechten Standortfaktoren, sondern konzentrieren sich in agrarischen Gunsträumen, wo sie dann mit bereits bestehen intensiven Agrarsystemen konkurrieren. Auf die vorhandene hohe Flächennachfrage expansionswilliger Betriebe der „Normallandwirtschaft“ mit schon hohem Pachtpreisniveau addieren sich die Flächenbedürfnisse von Biogasbetrieben. Sowohl die momentan (noch) gegebene Wirtschaftlichkeit als auch der ökonomische Zwang, Biomasse zum Betrieb einer Anlage ständig mobilisieren zu müssen, lässt die Pachtpreise in Schwerpunktgebieten weiter deutlich steigen. Tabelle 2 zeigt eine solche Entwicklung für ausgewählte Regionen in Niedersachsen. Dort werden regional Spitzenpreise von 1.500 bis 1.700 € pro ha und Jahr erreicht.

Dies kann dazu führen, dass Milchbetriebe mit viel Grünland und hohem Pachtflächenanteil oft Ackerflächen verlieren, bzw. nicht mehr in der Lage sind das Preisniveau für die Ackerpachten zu bedienen. Die Folgen sind, dass Grünland zu Ackerflächen umgebrochen wird, bestehendes Grünland intensiver genutzt wird und sich insgesamt die ökonomische Betriebssituation verschlechtert. Agrarumweltprogramme und Vertragsnaturschutzmaßnahmen im Agrarbereich verlieren außerdem an Attraktivität, da sie mit den potenziell erreichbaren Wertschöpfungen über den Energiepflanzenanbau nicht konkurrieren können. Aus nahezu allen Konzentrationsgebieten mit Biogasanlagen wird berichtet, dass die Akzeptanz für Agrarumweltmaßnahmen deutlich zurückgeht, Verträge nicht verlängert werden und sogar versucht wird, bestehende Verträge aufzulösen. Die Ursachen und Folgewirkungen dieser Entwicklungen sind nun nicht singulär typisch für die Bioenergie, sondern sie sind zunächst grundsätzlich für jede mono-orientierte, intensive Landnutzungsform charakteristisch. Bedingt durch die Vorzüglichkeit des Maisanbaus und in Kombination mit den fördernden Rahmenbedingungen des EEG für den Einsatz in Biogasanlagen, ist hier dennoch eine enorme Stimulierung und einseitige Festlegung auf nur eine Pflanze festzustellen.

Tab. 2: Übersicht zu Pachtpreisentwicklungen für Ackerland in € pro Jahr in ausgewählten Landkreisen in Niedersachsen (Quelle: Zusammengestellt von Uwe Baumert, NABU Niedersachsen nach eigenen Recherchen). 1)= Durchschnitt für Ackerflächen ohne Unterscheidung nach alten und neuen Verträgen (Quelle: LWK/ Nds.), 2)= Neuverträge: Eigene Untersuchungen NABU Nds. / Baumert, 3)= Spitzenpreise für einzelne Flächen, Biogasbetriebe in Zwangssituationen: Eigene Untersuchungen NABU Nds. / Baumert

Region / Landkreis	1) 2010	2) 2011	3) 2011/2012
Diepholz	401	ca. 450	850
Rottenburg (Wümme)	271	305; im Nordkreis bis 500	1.260 bis 1.420
Cloppenburg	557	ca. 650	1.600 bis 1.750
Bentheim	476	ca. 530	1.480
Vechta	552	ca. 660	1.390

## **Infobox 2 – Ökologische Folgewirkungen des Biomassebooms**

Verengung der Fruchtfolgen: Da einige wenige Kulturen – insbesondere Mais – in der Biogasnutzung eine besonders hohe Energieausbeute erbringen, erhöht sich deren flächenmäßiger Anteil gegenüber anderen Feldfrüchten.

Aufgabe von Brachen: Im Rahmen der Novellierung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU – dem so genannten Health Check wurde 2009 die obligate Flächenstilllegung aufgegeben. Extensivflächen und Strukturelemente, die auf diesen Flächen entstanden waren, wurden in der Folge in kürzester Zeit wieder in eine intensive Nutzung genommen. Weiterhin verlieren aufgrund der hohen Deckungsbeiträge der NawaRos Agrar-Umwelt- und Vertragsnaturschutzprogramme an Attraktivität.

Nutzungsänderungen und veränderte Erntetermine: Aufgrund der veränderten Kulturfolgen (z. B. Zweikulturnutzung) und Verschiebung von Ernteterminen (z. B. frühe Ernte von Grünroggen) gibt es auf den Ackerflächen kaum noch Ruhezeiten. Die Aussamung von Ackerswildkräutern findet nicht mehr statt und auch die Populationen von Niederwild und bodenbrütenden Feldvogelarten gehen signifikant zurück. Artenreiches Grünland geht weiterhin durch erhöhte Schnitthäufigkeit und zunehmende Düngung verloren oder wird zu Gunsten von Ackernutzungen umgebrochen.

Defizite in den Humusbilanzen: Durch die Entnahme der ganzen Pflanze für Ganzpflanzensilage und Ausbringung der Gärreste auf anderen als den Entnahmeflächen (insbesondere bei Zulieferung für große NawaRo-Anlagen ohne Kreislaufwirtschaft), können Humusbilanz, Bodenstruktur und Edaphon negativ beeinträchtigt werden.

Erhöhung der Bodenerosion: Mit dem wachsenden Flächenanteil der Hackfrucht Mais, die zunehmend auch auf suboptimalen Standorten angebaut wird, verschärft sich je nach Hangneigung und Bodenbeschaffenheit die Problematik der Bodenerosion.

Erhöhter Pflanzenschutzmitteleinsatz aufgrund der Zunahme des Schädlingsbefalls und Krankheitsdrucks: Aufgrund der Verengung der Fruchtfolgen und der Konzentration auf einige wenige Fruchtarten ist eine Zunahme des Befallsrisikos durch Schädlinge und Krankheiten vorprogrammiert.

## **2.2 Holzenergie in Deutschland**

Holzartige Biomasse wird als Scheitholz, Holzpellets oder als Holzhackschnitzel vermarktet. Die Herkunft dieser Energieträger ist in Deutschland noch überwiegend die klassische Waldwirtschaft, bzw. es sind bei Pellets die Sägenebenprodukte, die bei der Verarbeitung des Rohholzes anfallen. In die normale energetische Verwertung gelangt auch unbelastetes Altholz und zunehmend Landschaftspflegematerial (Straßenbegleitgrün, Hecken- und Baumschnittgut, Sammelgut von kommunalen Häckselplätzen). Der spezielle Anbau von schnellwachsenden Baumarten zur Energieholzbereitstellung, so genannte Kurzumtriebsplantagen (KUP), auf landwirtschaftlichen Flächen ist in Deutschland noch marginal. Im Jahr 2011 gab es lediglich rund 6.000 ha mit Schwerpunkten in Bayern, Brandenburg und Sachsen (NABU & BOSCH & PARTNER 2012). KUPs sollen bis zum Jahr 2020 auf bis 1,3 Mio. ha bisher agrarisch genutzter Flächen ausgedehnt werden (NABU & DVL 2007, UNSELD et al. 2010, THRÄN et al. 2011, DLR et al. 2012). Bei der derzeit herrschenden extremen Flächennachfrage

durch die Landwirtschaft ist allerdings mehr als zweifelhaft, ob KUPs in den kommenden Jahren eine nennenswerte Ausdehnung erfahren werden.

Expertenmeinungen gehen davon aus, dass noch auf lange Sicht erhebliche und bislang ungenutzte Holzpotenziale für energetische Nutzungen in unseren Wäldern und Landschaften existieren (POLLEY & KROHER 2006, BMELV 2009, POLLEY et al. 2009). Diese Einschätzungen basieren auf den Zahlen der zweiten Bundeswaldinventur, die den Waldzustand in den Jahren 2001 und 2002 abbildet (BMELV 2005). Es ist aber zu vermuten, dass die derzeit laufende dritte Bundeswaldinventur andere und deutlich niedrigere Potenzialmengen ergeben wird. Dies steht auch im Einklang mit Trendmeldungen von Forstpraktikern, aus aktuelleren Länderstudien und Aussagen aus strategischen Studien, die andere Gesellschafts- und Wirtschaftsfelder mit einbeziehen (WI & RWI 2008, CARUS et al. 2010, REDMANN et al. 2010, SEINTSCH 2011). Welche Entwicklungen in den vergangenen Jahren eingetreten sind, bzw. erwartet werden, zeigen folgende Zahlen und Prognosen für den Gesamtverbrauch der Ressource Holz, die auch mobilisierte Altholzmengen beinhaltet (MANTAU 2009, WI & RWI 2008, DROSSART & MÜHLENHOFF 2010, THRÄN et al. 2011):

- Holzverbrauch 2001 in Deutschland ca. 75 Mio. m<sup>3</sup> Holz, realer Einschlag ca. 59 Mio. m<sup>3</sup> (davon ca. 55 Mio. für stoffliche und ca. 20 Mio. für energetische Verwendungen).
- Holzverbrauch 2010 in Deutschland ca. 142 Mio. m<sup>3</sup> Holz, vermuteter realer Einschlag 96 Mio. m<sup>3</sup> (davon ca. 84 Mio. für stoffliche und ca. 58 Mio. für energetische Verwendungen).
- Prognostizierte Holznachfrage für 2020 in Deutschland ca. 177 Mio. m<sup>3</sup> Holz, möglicher realer Einschlag 104 Mio. m<sup>3</sup> (davon 96 Mio. für stoffliche und 81 Mio. für energetische Verwendungen).

Die prognostizierte Nachfrage nach holzartigen Ressourcen für 2020 soll bei rund 177 Mio. m<sup>3</sup> liegen, davon werden voraussichtlich 96 Mio. m<sup>3</sup> energetisch und 81 Mio. m<sup>3</sup> stofflich genutzt. Da selbst bei intensivierter Mobilisierung von Waldholz gegenüber dem aktuellen Einschlag, massivem Ausbau von Kurzumtriebsplantagen und verstärkter Nutzung anderer Restholzfraktionen (u. a. Landschaftspflege- und Altholz) nur 145 Mio. m<sup>3</sup> als realisierbares Potenzial eingeschätzt werden, wird von einer so genannten Holzlücke von mind. 30 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr für diesen Zeithorizont gesprochen (THRÄN et al. 2011).

Für die Europäische Union wird bis zum Jahr 2020 eine Unterdeckung in der Holzversorgung von 436 Mio. m<sup>3</sup> erwartet, was 55 % des gesamten Potenziales bedeuten würde. Denn dem prognostizierten Holzbedarf von ca. 1.200 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr steht lediglich ein jährlich verfügbares Potenzial von 783 Mio. m<sup>3</sup> gegenüber. Diesen Modellierungen liegen eine Erhöhung der stofflichen Nutzung von 483 Mio. m<sup>3</sup> auf 520 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2020 und eine Steigerung des Energieholzeinsatzes von derzeit 415 Mio. m<sup>3</sup> auf dann 680 Mio. m<sup>3</sup> zugrunde (HÄRTEL 2011).

Im Augenblick wächst in Deutschland, bezogen auf die Bruttowaldfläche, noch mehr Holz zu als genutzt wird. Im Saldo von Bruttowaldflächen, jährlichem Bruttozuwachs und Einschlagzahlen entsteht so ein theoretisch noch verfügbares Potenzial – man spricht auch von Überbevorratung – das allerdings nicht den realen regionalen und lokalen Verhältnissen entspricht. Denn nicht alle Standorte sind gleichermaßen produktiv und potenziell vorhandene Holz-mengen sind standortsbedingt nicht immer wirtschaftlich erschließ- und nutzbar, wobei

sich diese „Potenzialgrenzen“ durch die steigenden Holzrohstoffpreise ständig verschieben. Auch strukturelle Aspekte, dass beispielsweise der Kleinprivatwald marktmäßig kaum erschlossen ist und es auch Waldbesitzer gibt, die andere Interessen als Mainstreamvorstellungen klassischer Waldbewirtschaftung verfolgen, limitieren das theoretische nutzbare Potenzial an einschlagbarem Holz. In wünschenswerten und wichtigen Schutzflächen (Nationalparks, Bann- und Schonwälder, Kernzonen in Biosphärenreservaten) ist der Holzeinschlag ebenfalls begrenzt, bzw. es wird aufgrund von ökologischen und naturschutzrechtlichen Vorgaben und Zielsetzungen darauf verzichtet. Diese Flächen haben bundesweit allerdings einen Anteil von weniger als 2 % an der Gesamtwaldfläche.

Interessant sind Ergebnisse aktueller Studien des von Thünen Institutes und der Arbeitsgemeinschaft Rohholz (AGR), dass sich die Bundesregierung in ihren Einschätzungen zu den verfügbaren Potenzialen für den weiteren Ausbau der Biomassenutzung auf falsche Zahlen bezieht (HOLZZENTRALBLATT 2012). Danach wurden im Jahr 2011 rund 56 Mio. m<sup>3</sup> Holz geerntet, was nach Experteneinschätzungen der so genannten Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAN) etwa 72 % des geschätzten nutzbaren Rohholzaufkommens von 79 Mio. m<sup>3</sup> entspricht. Die Erhebungen aus der Zwischenwaldinventur 2008 zeigen allerdings, dass die amtlichen Holzeinschlagstatistiken nicht die tatsächliche Nutzung widerspiegeln und rund 50 % des Brennholzes statistisch gar nicht erfasst werden. Der Grund: Energieholz wird häufig von nicht befragten Kleinbetrieben unter zehn Hektar vermarktet oder von Waldbesitzern zur Deckung des Eigenbedarfs verwendet. Tatsächlich sollen also jährlich bereits rund 70 Mio. m<sup>3</sup> Holz eingeschlagen werden, womit die nutzbaren Potenziale bereits zu 90 % ausgeschöpft wären.

In der Tat ist zu beobachten, dass die Anteile extensiv genutzter Wälder deutlich abnehmen, während bei uns bisher ungewohnte Waldbilder, mit einer deutlichen Übernutzung, zunehmen. In einzelnen Bundesländern (z. B. Brandenburg) findet bereits jetzt schon – und über alle Waldbesitzarten hinweg – keine nachhaltige Holznutzung mehr statt. Hier wird nicht nur mehr genutzt als zuwächst, sondern es sind auch die in den Vorboomzeiten aufgebauten Holzvorräte längst abgebaut (IBISCH et al. 2012). Selbst in holz- und zuwachsreichen Bundesländern wie Baden-Württemberg zeigen aktuellere Zahlen, dass nur im kleinen und mittelgroßen Privatwald noch erschließbare zusätzliche Potenziale existieren (KAPPLER et al. 2010, REDMANN et al. 2010).

### **2.3 Die globale Dimension von Bioenergie**

Bis vor wenigen Jahren wurden nur geringe Mengen energetischer Biomasse international gehandelt und sinnvollerweise wurden die Rohstoffe verbrauchsnahe genutzt. Außerdem war die Wirtschaftlichkeit in Schwerpunktländern wie Deutschland (Biogas und Biodiesel) oder USA und Brasilien (Äthanol) durch länderspezifische Anreizsysteme ökonomisch abgeschirmt und Exportanreize und Märkte fehlten. Die steigende Nachfrage nach Energie, die hohen Preise und interessanten Profitmargen, verbesserte Technologien und politisch gewollte Förderung haben mittlerweile jedoch in vielen Ländern ein starkes Wachstum im Bioenergiesektor ausgelöst und es entwickeln sich global aufgestellte Produktionsketten.

Moderne Bioenergie (vor allem Ethanol, Biodiesel, Biogas, Pellets) wird derzeit mit einem Umfang von ca. 5 EJ pro Jahr genutzt, das ist ca. 1 % des gesamten globalen Primärenergiebedarfs oder 10 % Anteil an der gesamten globalen traditionellen Bioenergienutzung von

rund 50 EJ pro Jahr (s. Infobox). Der jährliche Welthandel mit Bioenergie beträgt weniger als 1 EJ, was sich aber rasch ändern wird. Hochrechnungen der aktuellen Entwicklungen und Prognosen gehen davon aus, dass der Welthandel in den kommenden beiden Jahrzehnten auf über 100 EJ/Jahr ansteigen wird (UNECE & FAO 2006, UNECE et al. 2007, WBGU 2008, FAO & OECD 2010, JUNGINGER et al. 2011, BBSR 2012, THRÄN & SZARAKA 2011, OFFERMANN et al. 2011, IEA 2009 und 2011a, SLADE et al. 2011, IPCC 2011).

Mit steigender Weltbevölkerung und dem sich westlichen Standards immer stärker annähernden Konsumverhalten in vielen asiatischer Ländern ist Holz nun nicht in erster Linie als Energieträger, sondern als Rohstoff für stoffliche Nutzungen begehrt; gleichzeitig schrumpfen vor allem in Südostasien die Waldflächen extrem. Ein Indikator für den boomenden Markt ist der drastisch zunehmende illegale Holzeinschlag, der mit der Nachfrageexplosion und hohen Gewinnen global agierende kriminelle Netzwerke entstehen lässt, wie es eine aktuelle Studie der Worldbank erschreckend dokumentiert (PEREIRA GONCALVES et al. 2012). Nur vereinzelt gibt es bislang Warnungen, wie von SCHULZE et al. (2012), dass die verstärkte globale Holznutzung auch mit negativen Klimawirkungen korrelieren kann. Denn global gesehen gibt es schon längst keine Holzzuwächse mehr, sondern die Volumina und Flächen schwinden rapide. Anders als in Deutschland sind zum Beispiel in den Tropen und in borealen Gebieten die Waldböden verarmt und die Bestände regenerieren nur sehr langsam, gleichzeitig aber ist dort die Holznutzung intensiv.

Gehandelt werden derzeit vor allem flüssige (Biodiesel, Ethanol) und feste Bioenergieträger (Pellets). Allerdings ist die künftige Entwicklung des Welthandels mit Bioenergieträgern aktuell schwer abzuschätzen, da Länder wie die EU Staaten, USA, Brasilien und auch China eigene nationale Ziele zum Ausbau der Bioenergie beschlossen haben und damit potenzielle Exportmengen in diesen Ländern gebunden werden. Es ist daher überschaubar, welche Länder bzw. geografische Regionen theoretische Produktions- und Lieferkapazitäten für Bioenergieträger haben. Abbildung 3 zeigt aus einer Zusammenstellung der Internationalen Energie Agentur (IEA 2011a) ein grobes Bild des angenommenen Bioenergiehandels und der Volumina für das Jahr 2020. Es wird geschätzt, dass dann energetische Biomasse von rund 250 Mio. ha Flächen (bestehend aus Rodung hervorgegangene Agrarflächen, Forstplantagen) international gehandelt wird; dazu addieren sich die Flächen für die jeweiligen nationalen Märkte.

Gut beschrieben ist die zunehmend globale Dimension der energetischen Biomassennachfrage mit dem neuen Unwort „Landgrabbing“. Darunter werden Aktivitäten zusammengefasst, bei denen mittels Käufen oder Pachtverträgen von Staaten, von global tätigen Unternehmen und auch von privaten Investoren aus Industrieländern (1) bislang extensiv genutzte Agrar- und Forstflächen dem jeweiligen nationalen Markt entzogen werden und Biomasse für den Export angebaut wird und (2) primäre und bislang ungenutzte Ökosysteme genutzt werden, was in aller Regel die Rodung von Urwäldern bedeutet.

Die nachfolgenden Nutzungen sind die Anlage von Holzplantagen (vor allem Eukalyptus) oder von Plantagen mit Ölpflanzen wie Ölpalmen und Jatropha. Dies geschieht derzeit vor allem in Ostafrika und Madagaskar aber auch in Armutsländern Asiens und Südamerikas. Es geht um riesige Flächen und sehr viel Geld. Rund 300 Mio. Hektar Land sind nach Expertenschätzungen allein im Zeitraum 2001 bis 2011 in Entwicklungs- und Schwellenländern an ausländische Investoren verpachtet und verkauft worden; das entspricht der Größe West-

europas (EC 2010, OXFAM 2011). Davon wiederum sind ca. 84 Mio. ha Agrarflächen und ca. 56 Mio. ha sind in Afrika (ANSEEUW et al. 2012).

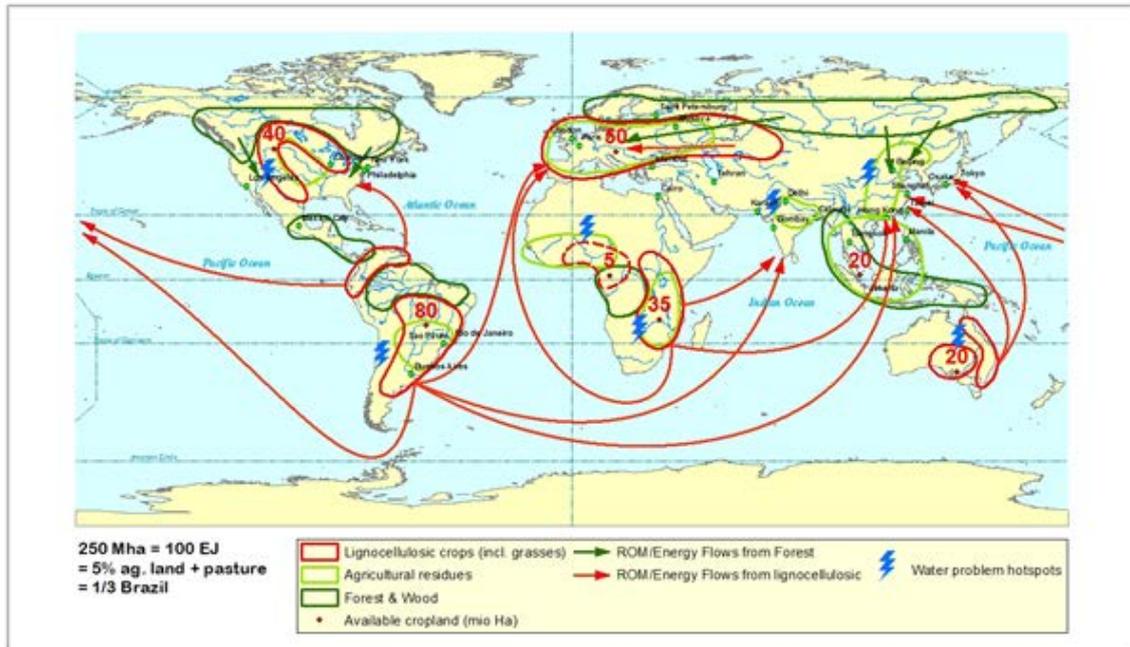


Abb. 3: Mögliche Bioenergie-Handelsströme bis 2020 und verfügbare Anbauflächen (verändert nach IEA 2011a).

Im holzenergetischen Sektor sind dies vor allem Kanada, USA, Russland, Zentralafrika, Brasilien und Südostasien (Thailand, Myanmar, Indonesien). Potenzielle Länder für die Lieferung von Agroenergie-Rohstoffen sind Brasilien, Paraguay, Argentinien, Russland und Ukraine. Allerdings ist zu vermuten, dass Nachfrage und hohe Gewinnmargen auch in vielen weiteren Ländern die Produktion und Ausbeutung verfügbarer Biomasseressourcen stark beschleunigen wird.

Große Wachstumsraten verzeichnet derzeit der weltweite Holzpelletmarkt; allerdings stehen der rasante Zubau an Produktionskapazitäten und der reale Absatz aktuell nur bedingt im Einklang. Die Situation und mögliche Entwicklungen ergeben nach verschiedenen Quellen folgendes Bild (KOPP 2011, DEPV 2012, SIKKEMA et al. 2011, UNECE & FAO 2006 und 2008): Im vergangenen Jahr wurden weltweit ca. 15 Mio. t Pellets erzeugt; davon wird wiederum rund die Hälfte in Europa energetisch genutzt. Die theoretischen Produktionskapazitäten liegen geschätzt global derzeit bei rund 20 Mio. t. In Deutschland lag 2011 die Produktionskapazität in 75 Werken bei rund 2,7 Mio. t, produziert wurden ca. 1,9 Mio. t., in Deutschland verkauft wurden ca. 1,4 Mio. t, das heißt, ca. 0,5 Mio. t wurden ins Ausland exportiert.

Interessant ist, wo und wie genau die Holzpellets energetisch eingesetzt werden. Während in Deutschland nahezu die komplette Produktion in kleinen und mittelgroßen Heizanlagen zur Wärmegewinnung genutzt wird, werden Pellets im Ausland überwiegend verstromt. Aktuell wird etwa die Hälfte der globalen Pelletproduktion (rund 7 bis 8 Mio. t) in Großkraftwerken verbrannt. Nahezu alle großen europäischen Energieversorger setzen mittlerweile Holzpel-

lets als so genanntes Co-Firing in ihren Kraftwerken ein. Als „CO<sub>2</sub>-neutraler“ Brennstoff unterliegen Holzpellets nicht dem Emissionshandel, d. h. es brauchen dafür keine CO<sub>2</sub>-Rechte gekauft und es können eventuell sogar Rechte verkauft werden.

Bekannt wurde das RWE Kraftwerk Tillbury, ein ehemaliges Kohlekraftwerk in der Nähe von London mit einer Leistung von 700 MW, das ausschließlich mit Holzpelletes befeuert wird. Die dafür notwendige gewaltige Menge von ca. 1 Mio. t pro Jahr stammt überwiegend aus dem konzerneigenen Pelletwerk in Waycross / Georgia in den USA mit einer Jahresproduktionskapazität von rund 750.000 t. Kanadische Pelletproduzenten exportieren ebenfalls schon rund eine Mio. t Holzpellets jährlich nach Europa, was etwa 75 % der gesamten Pelletproduktion Kanadas entspricht.

Im vergangenen Jahr wurde in der Nähe von St. Petersburg ein Pelletwerk mit 1 Mio. t Jahreskapazität in Betrieb genommen, das ebenfalls ausschließlich Pellets für westeuropäische Kraftwerke produziert; bei wachsender Nachfrage sind weitere Werke in Russland geplant. Und auch Brasilien hat den lukrativen europäischen und asiatischen Kraftwerkspark im Fokus: Der brasilianische Papier- und Zellstoffproduzent Suzano Papel e Celulose aus São Paulo hat Planungen für fünf Pelletfabriken mit Kapazitäten von je einer Million Tonnen vorgelegt. Die ersten drei Werke sollen 2013 und 2014 in Betrieb gehen, die weiteren Werke sind für 2018 und 2019 geplant. Das Holz dafür soll – so die Theorie – aus Eukalyptusplantagen bereitgestellt werden. Generell ist festzustellen, dass bei allen beschriebenen Werken in den USA und Brasilien nicht Sägewerksnebenprodukte, sondern Stammholz als Rohstoff eingesetzt wird.

Getragen von der Kraftwerksnachfrage werden von Experten jährliche globale Wachstumsraten von bis zu 25 % pro Jahr genannt. Der europäische Biomasseverband AEBIOM prognostiziert für das Jahr 2020 eine weltweite Pelletproduktion von 150 Mio. t. Als Handelsdrehscheibe dafür soll sich der Rotterdamer Hafen entwickeln, wo jetzt schon mehrere Mio. t jährlich umgeschlagen werden. Dort wird von einem Umschlag von 130 Mio. t im Jahr 2020 ausgegangen; der notwendige Aufbau entsprechender Logistikeinrichtungen ist derzeit schon in Vorbereitung. Ob derartige Markteinschätzungen Realität werden und die entsprechenden Rohstoffmengen überhaupt verfügbar sind, muss kritisch hinterfragt werden. Entscheidend jedoch ist die Erkenntnis, welche enorme wirtschaftliche Interessen im Bioenergiemarkt entstanden sind verbunden mit der Frage, ob diese Entwicklungen ökologisch und gesellschaftlich überhaupt vertretbar sind?

Ergänzt sei an dieser Stelle, dass sich im Sektor der biogenen Treibstoffe ein ähnlich schnelles Wachstum real manifestiert hat (FAO & OECD 2010, GRFA 2011, SLADE et al. 2011, UFOP 2011). Im Jahr 2000 betrug die globale Bioethanolproduktion ca. 20 Mio. t, im Jahr 2011 waren es bereits ca. 90 Mio. t und das im Wesentlichen in nur zwei Ländern, den USA und Brasilien. In den USA werden derzeit schon ein Drittel der Mais- und ein Sechstel der Weizenernte zur Ethanol synthese eingesetzt. Die Tendenz ist weiter rapide steigend. Für das Jahr 2020 wird eine globale Produktion von rund 160 Mio. t erwartet. Die im Wesentlichen auf Europa beschränkte Produktion von Biodiesel betrug im Jahr 2000 ca. 0,7 Mio. t, 2010 waren es ca. 15 Mio. t und im Jahr 2019 wird mit einer Produktion von rund 40 Mio. t gerechnet.

Weltweit laufen derzeit mit großem Aufwand Forschungen und Technologieentwicklungen zur Synthese von Biokraftstoffen der so genannten „Zweiten Generation“ wie BtL (Biomass

to liquid) und Ligno-Ethanol (EtOH aus Lignozellulose, insbesondere aus Holz und Stroh). Denn anders als im Wärme- und Stromsektor wird es im Mobilitätsbereich (Flug- Schiffs- und Schwerlastverkehr, Bahntransporte, Landwirtschafts-, Forst- und Baumaschinen) nach derzeitiger Erkenntnislage noch für Jahrzehnte keine Alternativen zu Flüssigtreibstoffen geben. Diese sollen, so die energiepolitischen Szenarien, zukünftig verstärkt über Biomasse bereitgestellt werden, was billiger sein soll als die Kohleverflüssigung und auch zu einem positiven Klimaschutz beitragen sollen.

Zahlreiche Studien ermitteln gewaltige technische Potenziale, die für die Produktion von moderner Bioenergie (vor allem für Treibstoffe) im Zeithorizont bis 2050 prinzipiell aktivierbar wären. Basisannahme fast aller Modellierungen ist, dass devastierte Flächen in großem Umfang für Energiepflanzenanbau erschlossen werden. Die im Folgenden als für maximal darstellbar erachteten technischen Bioenergiepotentiale werden zum Vergleich mit dem globalen Primärenergieverbrauch (PEV) von ca. 500 EJ im Jahr 2011 in Bezug gebracht:

- 170 EJ, entspricht 35 % des PEV (WBGU 2008)
- 300 EJ, entspricht 60 % des PEV (PIEPRZYK 2009)
- 500 EJ, entspricht 100 % des PEV (FAAJI 2008, IPCC 2011)
- 1.000 EJ, entspricht 200 % des PEV (LADANAI & VINTERBÄCK (2009)
- 1.100 EJ, entspricht 220 % des PEV (IEA 2007)
- 1.300 EJ, entspricht 260 % des PEV (SMEETS et al. 2007)

Zwar analysieren die genannten Studien durchaus, dass diese technisch gesehenen Potenziale nicht automatisch den wirtschaftlichen Potenzialen entsprechen, dennoch sind bedenkliche Schlussfolgerungen zu ziehen:

- Alle Szenarien gehen von einem weiterhin ungebremst zunehmenden Energiebedarf aus, der auf jeden Fall befriedigt werden soll und suggerieren, dass dies theoretisch problemlos über die Bereitstellung von Biomasse möglich ist und, dass die dafür notwendigen enormen Landressourcen zum Anbau von Energiepflanzen theoretisch zur Verfügung stehen.
- Es werden mit Überzeugung und Selbstverständlichkeit geografische Regionen bzw. Länder mit entsprechenden Potenzialen benannt, als ob es dort keine Bevölkerung und selbst bestimmende Staaten geben würde, bzw. es wird abgeleitet, dass der Anbau von Energiepflanzen mit signifikantem Wohlstands- und Wohlfahrtsgewinn für diese Länder verbunden ist.

Deutlich korrigierende Potenzialanalysen werden allerdings in aktuellsten Untersuchungen zu Langfristszenarien für den Ausbau der erneuerbaren Energien ermittelt (BBSR 2012, DLR 2012). Als globale Obergrenze für eine unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten vertretbare energetische Biomasseproduktion werden für das Jahr 2030 max. 100 EJ für möglich gehalten; weiterhin ist den für Deutschland berechneten Energieszenarien zu Grunde gelegt, dass keine Importbiomasse mehr zur Verfügung stehen. Die Begründungen sind, dass die globalen Prognosen für gehandelte Biomasse nicht realistisch sind und die Biomasse aufgrund ihrer negativen THG-Eigenschaften nicht eingeführt werden darf (DLR 2012). Welche

Entwicklungen werden wohl tatsächlich eintreten und wer und wie wird die Nachhaltigkeit mutmaßlicher Entwicklungen steuern und regeln?

### **3 Wer garantiert die Nachhaltigkeit von energetischer Biomasse?**

Aufgrund der steigenden Energiepreise und der Substitutionsziele für fossile Energieträger von einer zunehmenden Zahl von Ländern, ist zunächst ein weiterhin ansteigendes Interesse und explosionsartig zunehmende Handelsvolumina von Bioenergie – und in diesem Segment insbesondere von Biokraftstoffen – zu erwarten. Es ist daher dringend erforderlich, verpflichtende Nachhaltigkeitskriterien für Produktion und Handel von Biomasseressourcen zu formulieren; dies gilt perspektivisch gesehen auch für stofflich genutzte Biomasse (CARUS et al. 2010, FRITSCHKE et al. 2010, PUFB & BPGMBH 2011).

Die Zuordnung von Biomassen zu bestimmten Stoffströmen (Lebens- und Futtermittel, stofflich-technische oder energetische Verwertungen) kann bis zum Erntetag, bzw. sogar bis zum Tag des tatsächlichen Verbrauchs unbestimmt bleiben. So macht es bei Ölpflanzen qualitativ kaum einen Unterschied, ob daraus Produkte für den Ernährungssektor oder ob Treib- und Schmierstoffe hergestellt werden. Gleiches gilt für Weizen, Mais oder Zuckerrüben. Derartige Entscheidungen, in welche Verwertungsströme tatsächlich eingespeist wird, werden sogar oft erst über die Tagespreise an den Warenterminbörsen entschieden. Entsprechend sind Daten zum Handel mit Bioenergie auf internationaler Ebene nur mit schlechter Abgrenzung gegenüber Agrar- und Forstprodukten verfügbar.

Tabelle 3 zeigt in einer Übersicht (BMU 2012a) naturschutzrelevante Rechtsnormen und Standardsetzungsprozesse im Bioenergiesektor. Leitlinie und Umsetzungsinstrument von Nachhaltigkeitsanforderungen für flüssige Biomasse (Biofuels und Bioliquids) für die EU-Mitgliedsstaaten ist bislang im Wesentlichen die Renewable Energy Directive (RED). Die RED beinhaltet, dass bestimmte Nachhaltigkeitskriterien erfüllt werden müssen, wenn in Europa produzierte oder nach Europa importierte Biofuels im Rahmen der Beimischungsquote oder von Steuervergünstigungen berücksichtigt werden sollen. In Deutschland wird die RED durch zwei Biomassenachhaltigkeitsverordnungen – der Biokraftstoff-Nachhaltigkeits-Verordnung (BioKraft-NachV) und der Biomassestrom-Nachhaltigkeits-Verordnung (BioSt-NachV) – umgesetzt.

In der RED finden sich die wichtigsten Inhalte zu naturschutzrelevanten Nachhaltigkeitskriterien in Artikel 17:

- Die Treibhausgas-(THG)-Einsparung muss gegenüber fossilen Kraftstoffen mindestens 35 % betragen; ab 2017 müssen es 50 % sein.
- Die Biomasse darf nicht von Flächen mit hoher biologischer Vielfalt stammen (Referenzzeitpunkt Januar 2008). Beispiele sind u. a. Primärwälder, Grünland mit großer biologischer Vielfalt.
- Die Biomasse darf nicht auf Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand erzeugt werden. (Referenzzeitpunkt Januar 2008). Beispiele sind u. a. Feuchtgebiete wie Torfmoore und kontinuierlich bewaldete Flächen).

- Die Produktion flüssiger Biobrennstoffe aus der EU muss gemäß den gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen erfolgen (Cross Compliance).

Tab. 3: Übersicht naturschutzrelevanter Rechtsnormen und Standardsetzungsprozesse im Bioenergiesektor (Quelle: BMU 2012a, <http://www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de/index.php/ergebnisse/bioenergie/stand-der-standardisierung>).

Rechtsnormen	Geltungsebene	(Vorauss.) Inkrafttreten	Biofuels & Bioliquids	Andere Biomasse
BioNachV für Biokraftstoffe	D+Import	2009	X	
BioSt-NachV für flüssige Biomasse zur Stromerzeugung	D+Import	2009	X	
Erneuerbare Energien Richtlinie (RED)	EU+Import	2009	X	
EU-Nachhaltigkeits-Richtlinie für andere Biomasse (fest und gasförmig)	EU+Import	(2012)		X
<b>Voluntäre Standards (Auswahl)</b>				
CEN	EU+Import	(2012)	X	X
RSB (Roundtable on sustainable Biofuels)	Internat.	2009	X	
RSPO (Roundtable on sustainable palmoil)	Internat.	2008	X	
RTRS (Roundtable on responsible Soy)	Internat.	2010	X	
BSI (Better Sugarcane Initiative)	Internat.	k. A.	X	
ISCC (International Sustainability and Carbon Certification)	Internat.	2008	X	X

Die RED-Kriterien zur Zertifizierung ökologischer Nachhaltigkeit energetisch genutzter Biomasse scheinen vordergründig vernünftig und transparent formuliert zu sein. Doch die genaue Analyse und die handwerklichen Umsetzung offenbart Ansatzpunkte für Kritik und signifikante Mängel:

- Die aufgeführten Anforderungen gelten bislang nur für flüssige Biomasseressourcen, während die heute schon dominante Nutzung fester Biomasse zur Strom- und Wärme-gewinnung von der RED noch nicht geregelt ist und nur insoweit betroffen ist, wie aus ihnen Biokraftstoffe hergestellt werden. Für die festen und gasförmigen Biomasseträger hätte bis zum Jahr 2010 ebenfalls eine entsprechende Richtlinie erarbeitet werden sollen, diese liegt jedoch aktuell im Jahr 2012 noch nicht einmal als Entwurf vor. Die EU-Kommission empfiehlt den Mitgliedsstaaten bislang, die Anforderungen der RED national auch für diese Bereiche anzuwenden.

- Während im Agrarbereich durch europäische Vorgaben (z. B. Cross Compliance Verpflichtungen) und Fachrecht Mindestanforderungen an die Bewirtschaftung der Flächen bestehen, ist dies im Forstbereich weder auf nationaler noch auf europäischer Ebene vorhanden. Auf globaler Ebene gibt es weder im Agrar- noch im Forstbereich Konventionen und Regelungen, die Nachhaltigkeit zum Gegenstand haben.
- Es ist vergleichsweise einfach, Nachhaltigkeitsansprüche zu formulieren, jedoch unheimlich schwieriger, diese indikatorisch, messbar und vor allem kontrollierbar abzubilden. Was ist zum Beispiel genau mit Flächen hoher Biodiversität gemeint, wenn keine Standards wie zum Beispiel Schutzgebiete existieren? Ist es rechtlich überhaupt möglich, dass für Biomasseproduktionsflächen in Südamerika oder Südostasien die EU ein ökologisches Benchmarking vorgibt? Und gibt es für diese Flächen entsprechende ökologische Inventuren einschließlich des notwendigen Karten- und Katastermaterials als Voraussetzung für Statusbestimmung, Zertifizierung und Kontrolle? Fragen gibt es auch, wie im Detail das Rechtsverhältnis der RED-Zertifizierungsstandards und eventuell daraus resultierender Konsequenzen gegenüber den WTO-Abkommen zu bewerten ist?
- Noch völlig ungelöst ist der Umgang mit den Verdrängungseffekten, den so genannten Indirect Land Use Changes (ILUCs), die es bei uns und vor allem aber in den Exportländern von Biomasse gibt. Unter ILUCs wird die Verdrängung vorheriger traditioneller wie intensiver Nutzungen auf Flächen verstanden, die nach den Nachhaltigkeitskriterien nicht für die Erzeugung von Biomasse genutzt werden dürften, da sie z. B. eine hohe Biodiversität aufweisen; oft handelt es sich dabei bislang nur extensiv genutzte agrarische und forstliche oder um primäre Ökosysteme. Damit ist auch ausgedrückt, dass wir in Deutschland im Grunde keine überflüssigen agrarischen und forstlichen Produktionsflächen haben - zumindest nicht bei unseren derzeitigen Ernährungs- und Verbrauchsverhalten. So werden verstärkt Futtermittel aus Südamerika (Soja) eingeführt, wofür dort Primärwälder gerodet und Savannen umgebrochen werden. Gleiches ist beim zunehmenden Import von Palmöl aus Südostasien festzustellen. Zukünftig werden auch, wie dargestellt, verstärkt Holzenergieträger und Treibstoffsubstitute aus Biomasse importiert werden und ILUC-weitere ILUC-Effekte auslösen.
- Nach realistischer Einschätzung ist zu erwarten, dass dann auf zertifizierbaren Flächen Energiepflanzenanbau erfolgen wird und sich agrarische und stoffliche Biomassekulturen auf ökologisch problematische Standorte verlagern und ausdehnen. Denn deren Anbau erfordert keine Zertifizierung und impliziert auch keine Sanktionen. Auch bei vordergründig als unproblematisch geltenden devastierten oder semi-ariden Standorten zeigen differenzierte Analysen oft, dass derartige Regionen für nomadisierende Ethnien von großer Bedeutung sind, die Landnutzer aber über keinerlei Rechts- und Landnutzungstitel verfügen. Aktuelle Diskussionen zwischen der Europäischen Kommission und den Branchenverbänden um die Einbeziehung der ILUC-Thematik in die Zertifizierung verdeutlichen die Brisanz. Noch ist völlig unklar, wie und ob ILUC-Effekte erhoben und rechnerisch erfasst werden. Vorstellbar ist sowohl ein pauschaler Faktor als auch Länder- und Regionen-spezifische oder Produktart abhängige und THG-Emissions-orientierte Bilanzierungen. Während die völlige Ablehnung einer ILUC Komponente in Zertifizierungssystemen von den Branchenverbänden und den anerkannten RED-Zertifizierungsunternehmen nachvollziehbar ist, ist die kontroverse und unterschiedliche Haltung einzelner Kommissionen wenig hilfreich. Tatsache ist, dass bei objektiver Anrechnung von negativen THG

Effekten durch ILUCs, Biomassen nicht mehr fast pauschal RED-fähig und handelbar wären. Das würde bestimmte energiepolitische Ziele Deutschlands und auch der EU, die nur mit dem massiven Import von Biomasse erreichbar sind, in Frage stellen!

Unlogisch ist allerdings auch, dass der Energiekonsum über Importbiomasse strengen Regeln unterliegen soll, während der Konsum über Lebensmittel (Futtermittelimport) völlig beliebig ist und bleiben würde.

- Völlig unklar ist auch, wie mit der Nutzung / Zertifizierung von fester Biomasse für den Betrieb von Kleinfeuerungsanlagen (< 1 MWth) umgegangen werden soll. Zumindest in Deutschland wird der überwiegende Teil von Holz in privaten Anlagen thermisch genutzt. Hier braucht es vermutlich entsprechende Ausnahmeregelungen, denn erstens wäre eine Regelung nur mit extremem Aufwand darstellbar und zweitens unterliegen die Betreiber dieser Kleinanlagen auch keinerlei Genehmigungspflichten. Ein dritter Aspekt ist, ab welcher Menge eventuell Holz – oder nur bestimmte Formen wie Pellets oder Hackschnitzel – für den Eigenverbrauch oder Verkauf einer Zertifizierungspflicht unterliegen würde?

In Deutschland wurden bereits erste Zertifizierungssysteme von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) anerkannt. Zwei Systeme, ISCC (International Sustainability and Carbon Certification) und REDcert (Gesellschaft zur Zertifizierung nachhaltig erzeugter Biomasse mbH), sind bereits dauerhaft anerkannt; weitere sieben Zertifizierungssysteme wurden durch die EU-Kommission zunächst mit einer Befristung bis zum Jahr 2016 bestätigt. Betrachtet man die Organigramme, Prozess- und Zuständigkeitsabläufe dieser Systeme, entsteht ein hochkomplexes Bild das Vertrauen und profunde Prüfung suggeriert. Bei Durchsicht der Prüfkriterien ist generell auffällig, dass äußerst aufwendig die Dokumentation von Logistik- und Handelsketten und die rechnerische Ableitung einer THG Bilanz erfolgt, während die Erhebung und Prüfung ökologischer Vor-Ort Nachhaltigkeitstatbestände (z. B. Biodiversität) auf den Produktionsflächen gar nicht oder nur rudimentär vorgesehen ist. Verwirrend ist auch die Vielzahl an Systemen und der jeweils vom System zugelassenen Zertifizierungsstellen. Allein bei REDcert, das durch Verbände und Organisationen der deutschen Agrar- und Biokraftstoffwirtschaft getragen wird, sind dies 22 deutsche Partner, die REDcert konforme Zertifikate ausstellen können. Beim international aufgestellten ISCC, das nicht nur national, sondern auch weltweit und für alle Biomassearten angewandt werden kann, gibt es in Deutschland aktuell 16 Zertifizierungsstellen; mehrere sind sowohl für REDcert als auch für ISCC zugelassen und tätig. Zur Erinnerung: Biomassezertifikate sind derzeit nur für Importe in die EU notwendig. Für den restlichen globalen Handel gibt es keine Anforderungen und Auflagen.

Vor allem aus Sicht der NGOs gibt es Kritik daran, wie die Zertifizierung von Importbiomasse aus nicht EU-Ländern für Energiezwecke operationalisiert wird (FRIESINGER 2011). So ist der Anbau von GVO-Pflanzen nicht ausgeschlossen, Protokolle und Erfahrungen zu Pilottestvorhaben sind nicht transparent verfügbar, Auswirkungen auf die lokalen und regionalen Märkte in den Anbauländern werden nicht, bzw. nicht ausreichend geprüft und die sozialen Standards und Arbeitsbedingungen bei der Produktion sind nicht obligater Bestandteil. Wichtigster Kritikpunkt ist allerdings, dass ILUC-Effekte kein Prüf- und Zertifizierungselement sind und dies, weil in der RED bislang nicht vorgegeben.

Es stellt sich weiterhin die Frage, warum bei holzartiger Biomasse nicht bereits bestehende Zertifizierungssysteme – insbesondere PEFC und FSC – einbezogen und weiterentwickelt

werden können? Ein Grundproblem bei diesen Systemen ist allerdings, dass sie weniger ein holistisches Verständnis von ökologischer Nachhaltigkeit abbilden, sondern sehr stark die nationalen forstwirtschaftlichen Gegebenheiten berücksichtigen und im Detail durchaus im Widerspruch zu eindeutigen Nachhaltigkeitskriterien stehen können. Das betrifft zum Beispiel Aspekte wie großflächige Kahlhiebe, Ganzbaum- und Wurzelstocknutzungen, Verbleib von Restholz im Wald, Totholzanteile, Anteile fremdländischer Baumarten, Bewirtschaftung von Primärwäldern oder die grundsätzliche Definition von Wald im Allgemeinen.

Ergänzend zu den nationalen gesetzgeberischen Vorhaben gibt es zahlreiche zivilgesellschaftliche Aktivitäten im Bioenergiesektor, sowohl zur Standardisierung als auch zur Zertifizierung. Ein Beispiel ist die „Wood Pellet Buyers Initiative“, mit dem Ziel, Nachhaltigkeitsstandards für Pellets zu entwickeln, das vom laufenden EU-Vorhaben „PellCert“, einem Projekt des europäischen Bioenergie-Wirtschaftsverbands AEBIOM, unterstützt wird.

Erwähnenswert ist weiterhin der vom europäischen Normungsinstitut CEN (COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION) gestartete Standardisierungsprozess (CEN/TC 383 „sustainably produced biomass for energy application“), der in eine allgemeingültige Norm münden soll. In diesem Standard sollen Nachhaltigkeitskriterien für alle energetischen Biomasseanwendungen formuliert werden. Zahlreiche sektorale Bioenergieerzeugergruppierungen (Soja, Palmöl, Zuckerrohr) haben ebenfalls auf privatwirtschaftlicher Ebene Initiativen gestartet, die meist auf freiwillige Zertifizierungen von Marktteilnehmern setzen und Nachhaltigkeitsstandards mehr oder weniger objektiv und konsistent berücksichtigen.

#### **4 Was sind die Herausforderungen und Messlatten für Nachhaltigkeit bei der Energiewende mit Bioenergie?**

Bioenergie ist bei Nutzung von lokal verfügbaren Ressourcen in einem regionalen Wertschöpfungsumfeld und basierend auf nachhaltiger Erzeugung und Bereitstellung sinnvoll. Aus theoretischer Sicht gibt es zunächst keine Begründung, dass an die Produktion von energetischer Biomasse andere Nachhaltigkeits-Anforderungen und Auflagen gestellt werden als an die Produktion von Biomasse für die Ernährung oder für stoffliche Verwendungen. Die Auswirkungen auf Ressourcen und Biodiversität und die THG-Bilanz eines agrarischen oder forstlichen Produktionssystems sind nicht spezifisch und sind von der Art der Verwertung der Produkte völlig unabhängig.

Um der Agroenergie langfristig eine breite gesellschaftliche Akzeptanz zu sichern, sollte es nach den beachtlichen Etablierungserfolgen künftig vorrangig darum gehen, naturverträgliche Verfahren zur Biomassebereitstellung zu fördern (u. a. Fruchtfolgen, Mischungen und alternative Pflanzen) und Technologien für die Nutzung minderwertiger Biomassen (Reststoffe) zu optimieren. Durch eine Harmonisierung von Förderpolitik, Genehmigungsrecht, Ordnungs-/Fachrecht und Raumplanung sollten künftig Umwelt- und Naturschutzbelange eine stärkere Gewichtung erfahren.

Um neue Konkurrenzsituationen zu vermeiden, ist es unverzichtbar, künftige Anlagenplanungen (u. a. Biogasanlagen, Heizkraftwerke) an fundierten Potenzialanalysen auszurichten und im regionalen Kontext einen Interessenabgleich herzustellen. Bisher fehlen geeignete raumplanerische Steuerungsansätze, um räumliche Konzentration von Biomasseanlagen mit lokal dann nicht mehr verfügbaren Energieressourcen und resultierenden Konflikte bereits im

Vorfeld zu verhindern. Auf regionaler und kommunaler Eben ist zu empfehlen, dass schneller wirksame und flexible informelle Instrumente und Diskursprozesse zur Lenkung von Anlagenplanungen und Flächennutzungen eingesetzt werden. Eine im Januar 2012 in Kraft getretene Novelle des EEG reagiert auf berechtigte Kritikpunkte und enthält erste korrigierende Elemente.

Aufgrund der ethisch und moralisch hohen Integrität, die den erneuerbaren Energien fast automatisch zugeordnet wird, sind vor allem bei der Nutzung von Biomasse seriöse Standards und Prüfsysteme notwendig. Diese müssen auch in der Lage sein, falsche Entwicklungen zu verhindern und das für den nationalen Bezugsraum und vor allem auch im internationalen Handel. So haben Vorschläge keinen Sinn, welche die vom EEG ausgelösten negativen Folgen bei der Biomasseproduktion durch Mittel des Naturschutzes oder durch spezielle landwirtschaftliche Förderprogramme (z. B. Agrar-Umwelt-Maßnahmen) kompensieren wollen. Hier ist angesagt, die Fehlentwicklungen durch grundlegende Korrekturen im EEG anzugehen.

Bioenergie hat in den aktuellen energiepolitischen Szenarien (mit fortschreitender technischer Innovation möglicherweise auch nur vorübergehend) eine wichtige Bedeutung: Sie ist grundlastfähig, gut speicherbar und zur Spitzenlaststromerzeugung besonders geeignet. Bioenergie ist somit in der Lage, den Nachteil fast aller anderen erneuerbaren Energien – ihre oftmals nur fluktuative Verfügbarkeit – zumindest zum Teil auszugleichen. Allerdings muss diese Energieform aufgrund der begrenzten Potenziale auch besonders effizient genutzt werden.

Im agrarischen Bereich sind Biogasanlagen, die landwirtschaftlichen und viehhaltenden Betrieben zugeordnet sind und Gülle, Exkrememente und vor allem agrarische Reststoffe nutzen und über eine durchdachte Abwärmenutzung verfügen, energiepolitisch wünschenswert. Im holzenergetischen Sektor sollte vor allem ökologisch vertretbare Waldrestholzanteile und andere stofflich minderwertige Qualitäten der Fokus von sinnvoller Nutzung sein. Keinen Sinn macht es, ein schlecht gedämmtes Haus mit Uraltfenstern mit einer modernen und mit öffentlichen Mitteln geförderten Holzpellettheizung auszustatten oder an ein Nahwärmenetz anzuschließen. Der richtige Ansatz ist, zunächst die Wärmedämmung zu fördern und den Energieverbrauch zu senken und sich dann erst mit sinnvollen Substitutionsmöglichkeiten für eine alte Ölheizung beschäftigen. Denn die günstigste und umweltfreundlichste Energie ist diejenige, die erst gar nicht benötigt wird.

In der Forst- und Holzwirtschaft rücken Lenkungsaspekt der Ressource Holz und die Forderung nach einer ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Kaskadennutzung immer stärker in den Vordergrund. Das bedeutet, dass zunächst möglichst hohe Anteile des eingeschlagenen Holzes über dauerhafte und hochwertige stoffliche Nutzungspfade verwertet und nur minderwertige Fraktionen direkt verbrannt werden sollten. Auch dürfen nicht alle theoretisch verfügbaren Holzmengen aus unseren Wäldern entfernt werden. Totholz gehört zum Beispiel zu den wichtigsten ökologischen Strukturen im Wald und ist Voraussetzung für die Entwicklung zahlreicher und einzigartiger Lebensgemeinschaften. Verbliebenes Waldrestholz und Totholz ist auch die Voraussetzung für Humusbildung und die Entwicklung der nächsten Waldgeneration.

Es ist Fakt, dass selbst bei optimierter und nachhaltiger Erschließung Biomasse auch in Zukunft nur einen sehr kleinen Teil unseres Bedarfs an Primärenergie liefern kann. Nach Ex-

pertenschätzungen sind das zwischen 5 und 8 % unseres Gesamtbedarfs an Primärenergie. Es lohnt sich daher nicht, den letzten Quadratmeter Wald oder Landwirtschaftsfläche noch zu erschließen und andere wichtige Funktionen unserer Landschaften dafür auf dem Altar einer nur sektoral geführten Nachhaltigkeitsdebatte zu opfern. Und es ist auch verantwortungslos, dass wir, um unseren Energiehunger zu befriedigen, die global letzten noch intakten Ökosysteme plündern und dies auch noch mit fragwürdigen Prüfsystemen rechtfertigen.

## 5 Literatur

- ANSEEUW; W., BOCHE; M., BREU, T., GIGER, M., LAY, J., MESSERLI, P. & NOLTE, K. (2012): Transnational land deals for agriculture in the global South - analytical report based on the Land Matrix Database. CDE/CIRAD/GIGA, Bern/Montpellier/Hamburg, 50 S.
- BBSR (BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG) (2012): Globale und regionale Verteilung von Biomassepotenzialen - Status-quo und Möglichkeiten der Präzisierung.- BMVBS-Online-Publikation, Nr. 27/2010. 128 S.  
[http://www.bbsr.bund.de/cln\\_032/nn\\_497574/BBSR/DE/Raumentwicklung/EnergieUmwelt/ErneuerbareEnergien/Projekte/DBFZ/03\\_\\_Ergebnisse.html#doc330344bodyText2](http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_497574/BBSR/DE/Raumentwicklung/EnergieUmwelt/ErneuerbareEnergien/Projekte/DBFZ/03__Ergebnisse.html#doc330344bodyText2)
- BEURSKENS, L. W. M., HEKKENBERG, M. & VETHMAN, P. (2011): Renewable energy projections as published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States covering all 27 EU Member States with updates for 20 Member States. Studie European Environmental Agency (EEA / ECN-E-10-069), Kopenhagen, 270 S.
- BIOLAND BUNDESVERBAND (2009) (Hrsg.): Im Blickpunkt: Klimaschutz und Biolandbau in Deutschland. Bioland-Hintergrundpapier. Mainz, 34 S., Stand 23.11.2009. Download: [http://www.bioland.de/fileadmin/bioland/file/wissen/Bioland\\_Klimapapier\\_Langfassung.pdf](http://www.bioland.de/fileadmin/bioland/file/wissen/Bioland_Klimapapier_Langfassung.pdf)
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2005): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI2. Der Inventurbericht zu den Bundeswaldinventur-Erhebungen 2001 bis 2002, Berlin, 231 S.
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2009): Waldbericht der Bundesregierung 2009. Berlin, 119 S.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) & BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2010): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland – Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung, Berlin, 32 S.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2012a): Übersicht naturschutzrelevante Rechtsnormen und Standardsetzungsprozesse im Bioenergiesektor.  
<http://www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de/index.php/ergebnisse/bioenergie/stand-der-standardisierung>.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2012b): Erneuerbare Energien 2011.- Bericht auf Grundlage der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), 20 S.  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee\\_in\\_zahlen\\_2011\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_in_zahlen_2011_bf.pdf)
- CARUS, M., RASCHKA, A. & PITROWSKI, S. (2010): Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland (Kurzfassung): Volumen, Struktur, Substitutionspotenziale, Konkurrenzsituation und Besonderheiten der stoff-

- lichen Nutzung sowie Entwicklung von Förderinstrumenten. Hrsg.: Nova-Institut für politische und ökologische Innovation GmbH, Hürth, 77 S.
- DEPV (DEUTSCHER ENERGIEHOLZ UND PELLET VERBAND) (2012): Pressemitteilung vom 31.01.2012.  
<http://www.depv.de/nc/oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/article/deutschland-bei-pelletproduktion-weiterhin-international-fuehrend-1/>
- DLR (DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT), SITT (STUTT GART INSTITUT FÜR TECHNISCHE THERMODYNAMIK), IWED (FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK) & IFNE (KASSEL INGENIEURBÜRO FÜR NEUE ENERGIEN) (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global (Schlussbericht). Studie im Auftrag des BMU, 345 S., Berlin.
- DROSSART, I. & MÜHLENHOFF, J. (2010): Holzenergie – Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen. (Hrsg.: AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN E.V.), Renewes Spezial 43, Berlin, 24 S.
- EC (EUROPEAN COMMISSION) (2010): Report from the Commission on indirect land-use change related to biofuels and bioliquids. COM (2010) 811 final, Brüssel, 13 S.
- FAAJ, A. (2008): Bioenergy and global food security.- Externe Expertise für das WBGU Hauptgutachten "Welt im Wandel: Bioenergie und nachhaltige Landnutzung", Berlin, 38 S.  
[http://www.wbgu.de/wbgu\\_jg2008\\_ex03.pdf](http://www.wbgu.de/wbgu_jg2008_ex03.pdf). Berlin
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS) & OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT) (2010): Agricultural Outlook 2011- 2019.- 88 S.
- FNR (FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V.) (2012): Entwicklung des Anbaus von Rohstoffpflanzen.- <http://www.nachwachsenderohstoffe.de/service/daten-und-fakten/>. (Zugriff am 21.06.2012).
- FRIESINGER, E. (2011): NGOs und Agrotreibstoffe – ein spannungsreiches Verhältnis.- In: BRUNNENGRÄBER, A. (Hrsg.): Zivilisierung des Klimaregimes – NGOs und soziale Bewegungen in der nationalen, europäischen und internationalen Klimapolitik, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 266 S.
- FRITSCH, U., HENNENBERG, K., HERMANN, A., HÜNECKE, K., HERRERA, R., FEHRENBACH, H., ROTH, E., HENNECKE, A. & GIEGRICH, J. (2010): Entwicklung von Strategien und Nachhaltigkeitsstandards zur Zertifizierung von Biomasse für den internationalen Handel. UBA Texte Nr. 48/2010, Dessau, 66 S.
- GERMAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (LEOPOLDINA) (2012): Bioenergy – Chances and Limits, 124 S., Halle (Saale).
- GRFA (GLOBAL RENEWABLE FUEL ALLIANCES) (2011): Global Ethanol Production to Reach 88.7 Billion Litres in 2011. Press release, [http://www.globalrfa.org/pr\\_021111.php](http://www.globalrfa.org/pr_021111.php)
- HÄRTEL, C. (2011): DIE Holzlücke kommt. Wald und Holz 3/10, 8-9.
- HIRSCHFELD, J., WEISS, J., PREIDL, M., & KORRBUN, T. (2008): Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Schriftenreihe des IÖW 186/08. Berlin, 187 S.
- HOLZZENTRALBLATT (2012): AGR bezweifelt amtliche Holzeinschlagsstatistik. Nr. 21 vom 25.05.2012.

- HOOGWIJK, M., FAAIJ, A., EICKHOUT, B., DE VRIES, B. & TURKENBURG, W. (2005): Potential of biomass energy out to 2100 for four IPCC SRES land-use scenarios. *Biomass & Bioenergy*, (29), 225–257.
- IBISCH, P., KREFT, S., NOWICKI, C., MAJUNKE, C., SPATHELF, P., GUERICKE, M. & SCHMIDT, L. (2012): Stellungnahme zum Holzkraftwerk Eberswalde. Studie der Hochschule für Nachhaltigkeit Eberswalde / Zentrum für Ökonik und Ökosystemmanagement, Eberswalde, 35 S.
- IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY) (2007): Potential contribution of bioenergy to the world's future energy demand. IEA Bioenergy EXCO: 2007 (02), Rotorua, New Zealand, 12 S.
- IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY) (2009): Bioenergy – a Sustainable and Reliable Energy Source - A review of status and prospects. Rotorua, New Zealand, 108 S. <http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6479>
- IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY) (2011a): Developing Sustainable Trade in Bioenergy Summary and Conclusions from the IEA Bioenergy ExCo65 Workshop in Nara City, Japan on 12 May 2010, 20 S. <http://www.ieabioenergy.com/MediaItem.aspx?id=6880>
- IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY) (2011b): World Energy Outlook 2011, OECD Publishing 660 S. doi: 10.1787/weo-2011-en
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2011): IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [O. EDENHOFER, R. PICHES-MADRUGA, Y. SOKONA, K. SEYBOTH, P. MATSCHOSS, S. KADNER, T. ZWICKEL, P. EICKEMEIER, G. HANSEN, S. SCHLÖMER, C. VON STECHOW (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1075 pp.
- JUNGINGER, M, VAN DAM, J, ZARRILLI, S., FATIN, A. M., MACHAL, D. & FAAIJ, A. (2011): Opportunities and barriers for international bioenergy trade.- In: *Energy Policy* (Hrsg: OECD) Vol. 39, 2028–2042.
- KAPPLER, G., KOCH, B., & LEIBLE, L.(2010): Wald-Energieholzaufkommen in Baden-Württemberg – Bereitstellungskosten und Standortanalyse. In: *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 181/5-6 (2010), 117–122.
- KOPP, D. (2011): Klotzen statt kleckern. Größer, schneller, weiter: Die internationale Pelletproduktion wächst in gigantische Dimensionen. *Z. Erneuerbare Energien* 2011/03, 94-100.
- LADANAI, S. & VINTERBÄCK, J. (2009): Global potential of sustainable biomass for energy. SLU (Swedish Agricultural University) Report 013, Uppsala, 29 S.
- LUICK, R., BERNARDY, P., DZIEWIATY, K. & SCHÜMANN, K. (2011): Superstar Energiemais – Auswirkungen auf die Biodiversität am Beispiel der Feldvogelarten. In: *Der Kritische Agrarbericht 2011* (Hrsg.: AgrarBündnis), AbL Verlag, Hamm, 131-135.
- MANTAU, U. (2009): Holzrohstoffbilanz Deutschland: Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012.- In: SEINTSCH, B., DIETER, M. (Hrsg.) *Waldstrategie 2020. Tagungsband zum Symposium des BMELV 10.-11. Dez. 2008, Berlin, 27-36.*
- NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND) & BOSCH & PARTNER GMBH (2012): *Naturschutzfachliche Anforderungen für Kurzumtriebsplantagen. Studie, Berlin, 32 S.*
- NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND) & DVL (Deutscher Verband für Landschaftspflege) (2007): *Bioenergie? Aber natürlich! – Nachwachsende Rohstoffe aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes. DVL Schriftenreihe 12, 50 S.*

- GERMAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (LEOPOLDINA) (2012): Bioenergy – Chances and Limits, 124 S., Halle (Saale).
- NITSCH, J & WENZEL, J. (2009): Leitstudie 2009 - Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland. Untersuchung i. A. des BMU [Hrsg.]. Berlin, 104 S.
- OFFERMANN, R, SEIDENBERGER, T., THRÄN, D., KALTSCHMITT, M., ZINOVIEV, S. & MIERTUS, S. (2011): Assessment of global bioenergy potentials, in: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2011 / 16, 103-115, doi: 10.1007/s11027-010-9247-9.
- OXFAM (2011): Land and Power — The growing scandal surrounding the new wave of investments in land. Oxfam Briefing Paper 151, Oxford, 51 S.
- PEREIRA GONVALVES, M., PANJER, M., GREENBERG T. S. & B. MAGRATH, W. B. (2012: Justice for Forests – Improving Criminal Justice Efforts to Combat Illegal Logging.- (Hrsg: THE WORLD BANK), World Bank Series, R67, Washington, 56 S.
- PIEPZYK, B. (2009): Globale Bioenergienutzung – Potenziale und Nutzungspfade: Analyse des WBGU-Gutachtens "Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung".- Studie im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien, Berlin, 30 S.
- POLLEY, H., & KROIHER, F. (2006): Struktur und regionale Verteilung des Holzvorrates und des potenziellen Rohholzaufkommens in Deutschland im Rahmen der Clusterstudie Forst- und Holzwirtschaft. Arbeitsbericht Institut für Waldökologie und Waldinventuren 2006/3. BBF, Eberswalde: BFH
- POLLEY, H., HENNING, P. & SCHWITZGEBEL, F. (2009): Holzvorrat, Holzzuwachs, Holznutzung in Deutschland.- AFZ/DerWald 64, 1076-1077
- PUFB (PETERS UMWELTPLANUNG, FORSCHUNG UND BERATUNG) & BPGMBH( BOSCH UND PARTNER GMBH) (2011): Naturschutzstandards Erneuerbarer Energien.- Studie im Auftrag des BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), Berlin, 346 S.
- REDMANN, M., DISPAN, J., HELD, C, LÜCKGE, F.-J. (2010): Clusterstudie Forst und Holz Baden-Württemberg - Analyse der spezifischen Wettbewerbssituation des Clusters Forst und Holz und Ableitung von Handlungsempfehlungen.- Hrsg.: (MLR), MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG, Stuttgart, 177 S.
- SCHINDLER, J. & ZITTEL, W. (2008): Zukunft der weltweiten Erdölversorgung.- Energy Watch Group / Ludwig-Bölkow-Stiftung, Berlin, 104 S.  
[http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/2008-05-21\\_EWG\\_Erdoelstudie\\_D.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/2008-05-21_EWG_Erdoelstudie_D.pdf) (Download 06.03.2012)
- SCHULZE, E.-D., KÖRNER, C., LAW, B., HABERL, H. & LUYSSAERT, S. (2012): Large-scale bioenergy from additional harvest of forest biomass is neither sustainable nor greenhouse gas neutral.- Blackwell Publishing Ltd, GCB Bioenergy (2012), doi: 10.1111/j.1757-1707.2012.01169.x
- SCHÜMANN, K., LUICK, R., WAGNER, F., ENGEL, J., FRANK, K. & HUTH, A. (2011): Naturschutzstandards für den Biomasseanbau. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 106. 197 S.
- SEINTSCH, B. (2011): Holzbilanzen 2009 bis 2010 für die Bundesrepublik Deutschland. vTI, Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Arbeitsbericht 04/2011, Hamburg, 27 S.
- SIKKEMA, R., STEINER, M., JUNGINGER, M, HIEGL, W., HANSEN, M. T. & FAAJ, A. (2011): The European wood pellet markets: current status and prospects for 2020.- In: Biofuels, Bioprod. Bio-ref. Vol. 5, 250–278, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.277/pdf>

- SLADE, R., SAUNDERS, R., GROSS, R. & BAUEN, A. (2011): Energy from biomass: The size of the global resource- An assessment of the evidence that biomass can make a major contribution to future global energy supply.- Imperial College Centre for Energy Policy and Technology for the Technology and Policy Assessment Function of the UK Energy Research Centre, London, 98 S.
- SMEETS, E. M. W., FAAIJ, A., LEWANDOWSKI, I. M. & TURKENBURG, W. C. (2007): A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050. In: Progress in Energy and Combustion Science 33 (1), 56-106.
- THRÄN, D. & SZARKA, N. (2011): Die Rolle der Bioenergie in einer zukünftigen Energieversorgung.- LIFIS-online (04.10.2011), ISSN 1864-6972), 14 S.
- THRÄN, D., EDEL, M., PFEIFER, J., PONITKA, J. RODE, M. & KNISPEL, S. (2011): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenz beim weiteren Ausbau der energetischen Biomassenutzung.- DBFZ Report 4 (Hrsg.: DBFZ, DEUTSCHES BIOMASSEFORSCHUNGSZENTRUM), Leipzig, 193 S.
- UFOP (UNION ZUR FÖRDERUNG VON ÖL- UND PROTEINPFLANZEN E. V.) (2011): Internationale Biodiesel-Märkte – Produktions- und Handelsentwicklungen. UFOP Schriften, 29 S., Berlin.
- UNECE (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION EUROPE) & FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS) (2006): European Forest Sector Outlook Study 1960-2000-2020 (Main Report). Geneva Timber and Forest Study Papers, No.20, Genf, 264 S.
- UNECE (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION EUROPE), FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS) & UNIVERSITY HAMBURG (2007): Wood resources availability and demands – implications of renewable energy policies. A first glance at 2005, 2010 and 2020 in European countries. 74 S.
- UNSELD, R., MÖNDEL, A., TEXTOR, B., SEIDL, F., STEINFATT, K., KAROPKA, M. & NAHM, M. (2010): Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg. Hrsg. MLR (Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg), 2. überarbeitete Auflage, Stuttgart, 56 S.
- WBGU (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN) (2008): Welt im Wandel - Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung.- Hauptgutachten, Berlin, 388 S.
- WI (WUPPERTAL INSTITUT FÜR KLIMA, UMWELT, ENERGIE GMBH) & RWI (Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung Essen) (2008): Nutzungskonkurrenzen bei Biomasse - Auswirkungen der verstärkten Nutzung von Biomasse im Energiebereich auf die stoffliche Nutzung in der Biomasse verarbeitenden Industrie und deren Wettbewerbsfähigkeit durch staatlich induzierte Förderprogramme.- Studie für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWT), Endbericht, Wuppertal, 253 S.

# Die Energiewende – Auswirkungen auf Natur und Landschaft aus Sicht des Bundesamtes für Naturschutz

Kathrin Ammermann

## 1 Ziele des Naturschutzes

Die Bundesregierung hat sich sowohl international wie auch national zu ehrgeizigen Zielen im Bereich des Naturschutzes und des Erhalts der biologischen Vielfalt verpflichtet. Zu nennen sind beispielsweise Deutschlands Verpflichtung zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD) sowie die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Insbesondere europäisches Naturschutzrecht sowie das Bundesnaturschutzgesetz bilden den Rechtsrahmen. Damit wird deutlich, dass – auch wenn die Klimaschutzziele derzeit im Vordergrund der Diskussion stehen – sie nur im Einklang mit den Naturschutzzielen und -vorgaben zu realisieren sind. Insofern sollten Klimaschutz und Naturschutz nicht als Gegensätze sondern als sich gegenseitig beeinflussende und befördernde Zielsetzungen aufgefasst und wo möglich umgesetzt werden.

## 2 Ziele der Energiewende

Die Bundesregierung hat im Sommer 2011 die energiepolitische Grundsatzentscheidung für Deutschland getroffen, die Energieversorgung in Zukunft aus erneuerbaren Quellen zu decken (BUNDESREGIERUNG 2011). Damit soll der Aufbruch ins Zeitalter erneuerbarer Energien eingeleitet werden, in dem die Energieversorgung bis 2050 überwiegend durch Erneuerbare erfolgen soll. Diese Zielerreichung erfordert ebenso eine Realisierung der Energieeffizienzziele wie auch einen grundlegenden Umbau der Energieversorgungssysteme, die Deutschland vor ökonomische und technologische Herausforderungen stellt. Als zentrale Handlungsfelder werden benannt:

- Erneuerbare Energien als eine tragende Säule zukünftiger Energieversorgung,
- Schlüsselfrage Energieeffizienz,
- Atomausstieg und Systemintegration Erneuerbare/fossile Kraftwerke,
- Leistungsfähige Netzinfrastruktur für Strom und Integration erneuerbarer Energien,
- Energetische Gebäudesanierung und energieeffizientes Bauen,
- Herausforderung Mobilität,
- Energieforschung für Innovationen und neue Technologien,
- Energieversorgung im europäischen und internationalen Kontext,
- Akzeptanz und Transparenz.

Im Jahr 2011 betrug der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch 12,2 % (BMU 2012). Bis 2020 sollen es 18 % sein, im Jahr 2050 60 %. Dabei geht die sog. Leitstudie (DLR 2012) in verschiedenen Szenarien davon aus, dass der Anteil der Biomasse unter den Erneuerbaren bis ca. 2030 weiterhin zunimmt und ca. 2/3 unter den Erneuerbaren aus-

macht. Demnach würde die Biomasse gegenüber heute nur geringfügig an Bedeutung verlieren. Windenergie erfährt, insbesondere mit Blick auf die Offshore-Windkraft-Entwicklung, aber auch auf die Nutzung zusätzlicher Standorte an Land sowie auf das Repowering bestehender Anlagen, deutliche Zuwachsraten bis ca. 2040. Zeitlich versetzt gewinnen jeweils Solarenergie und Geothermie an Bedeutung (DLR 2012).

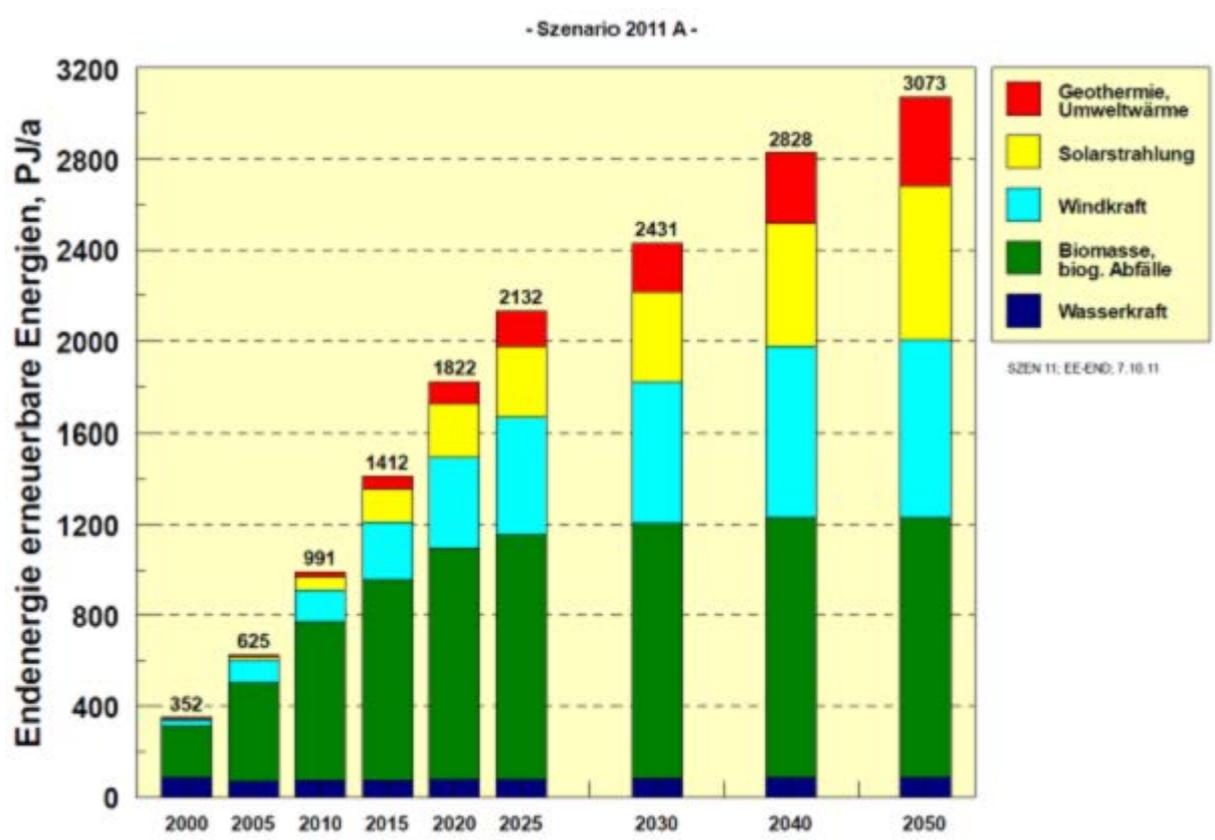


Abb. 1: Endenergiebeitrag (Strom, Wärme, Kraftstoffe) der erneuerbaren Energien nach Energiequellen im Szenario 2011A (Quelle DLR et al. 2012, S. 107)

### 3 Auswirkungen

Im Folgenden soll überblickartig auf die wesentlichen Auswirkungen der Erzeugung und Nutzung von erneuerbaren Energien auf Natur und Landschaft eingegangen werden sowie auf den Netzausbau und Speicherbau.

Etwas vertieft soll auf die Auswirkungen der Windkraftnutzung, der Erzeugung von Bioenergie sowie des Netzausbaus eingegangen werden, da diese Nutzungen derzeit aus Naturschutzsicht besondere Relevanz besitzen. Zur Bewertung der Auswirkungen ist neben der Art der Nutzung entscheidend, ob die Beeinträchtigungen temporär oder dauerhaft sind. Nur zeitweise sind z. B. Beeinträchtigungen wie eine Flächeninanspruchnahme während der Bauphase eines Erdkabels. Demgegenüber sind Versiegelungen durch die Anlage selbst (Fundament einer Windkraftanlage) in der Regel dauerhaft. Auch die Auswirkungen während des Betriebs einer Anlage (z. B. das Kollisionsrisiko einer Windkraftanlage) sind regelmäßig

als dauerhaft einzustufen. Grundsätzlich sind auch die Beeinträchtigungen des Rückbaus mit in die Bewertung einzubeziehen.

### **Auswirkungen Windenergie**

Die Nutzung der Windenergie kann beispielhaft folgende Auswirkungen mit sich bringen:

- Kollisionsgefährdung für Vögel und Fledermäuse durch die Anlage selbst und insbesondere durch die sich drehenden Rotoren;
- Beeinträchtigung und Verlust von Lebensräumen durch Flächeninanspruchnahme und Landschaftszerschneidung – dies kann sowohl in der Bauphase erfolgen, in dem durch Baulärm und Maschineneinsatz Lebensräume ge- bzw. zerstört werden, aber insbesondere auch in der Betriebsphase, in dem z. B. die drehenden Rotoren bisherige Lebensräume für Brut- oder Rastvögel wertlos machen;
- Beeinträchtigung von Zug- und Flugrouten zwischen verschiedenen Lebensräumen (Vögel, Fledermäuse);
- Veränderung des Landschaftsbildes (umgangssprachlich wird von „Verspargelung“ der Landschaft gesprochen).

### **Auswirkungen Bioenergie**

Aus Naturschutzsicht liegt der Schwerpunkt der zu bewertenden Auswirkungen im Anbau bzw. der Gewinnung von Biomasse. Dabei sind vor allem zu nennen:

- Flächenkonkurrenzen: Da der Anbau von Energiepflanzen, vor allem von Mais, sehr rentabel ist, werden andere Nutzungen – wie auch die Bewirtschaftung von Flächen im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen zurückgedrängt, oder die Anbaufläche wird vergrößert durch den Umbruch von Dauergrünland. Die Flächenkonkurrenz ist, vor allem in einigen Regionen, an deutlich gestiegenen Pachtpreisen abzulesen. Damit verbunden ist der Verlust an Lebensräumen und Rückzugsräumen für Artengruppen, die an Grünland=Lebensräume gebunden sind.
- Die Intensivierung landwirtschaftlicher Nutzung ist eine andere Möglichkeit der Produktionssteigerung (z. B. Intensivierung der Grünlandnutzung). Da einige Kulturen für die Energiegewinnung besonders vorteilhaft sind, wie z. B. Mais für die Erzeugung von Biogas, ist eine deutliche Zunahme an Mais in der Fläche festzustellen. Dies führt auch dazu, dass die Fruchtfolgen verkürzt oder sogar ganz aufgegeben werden. In der Folge führt dies auf weiten Flächen zu Lebensraumverlusten für bestimmte Tierarten. So ist insbesondere bei sogenannten Arten des Agrarlandes ein deutlicher Artenrückgang festzustellen (DOG 2011).
- Eine Produktionssteigerung sowie eine Ausweitung intensiv bewirtschafteter Flächen bringt auch einen vermehrten Eintrag von Nährstoffen (Düngemittel, Gärreste) sowie Schadstoffen z. B. Pflanzenschutzmittel, in Böden und Gewässer mit sich.
- Auch für den Menschen, der sich z. B. als Erholungssuchender in der Landschaft aufhält, führt die Abnahme an Vielfalt an Ackerkulturen zu einem Verlust an Erholungswert und einer deutlichen Veränderung des Landschaftsbildes. Gehen bei blühenden Rapsfeldern

die Meinungen noch auseinander, ob diese die Attraktivität der Landschaft erhöhen, so herrscht bei riesigen Maisfeldern eine negative Bewertung dieser Entwicklung vor.

- Zugenommen hat auch die Intensität der Holzgewinnung. Schließlich wird aus holziger Biomasse der weitaus größte Teil der Bioenergie gewonnen. Eine vermehrte Entnahme von Holz und „Resten“ aus dem Wald, führt auch dort zu Lebensraumverlusten (z. B. Entnahme von Totholz).

Insbesondere in einigen Landkreisen Deutschlands ist inzwischen, mit über 40 % Mais an der landwirtschaftlichen Fläche, eine sehr hohe Anbaukonzentration festzustellen. Dies wird aus Abbildung 2 deutlich.

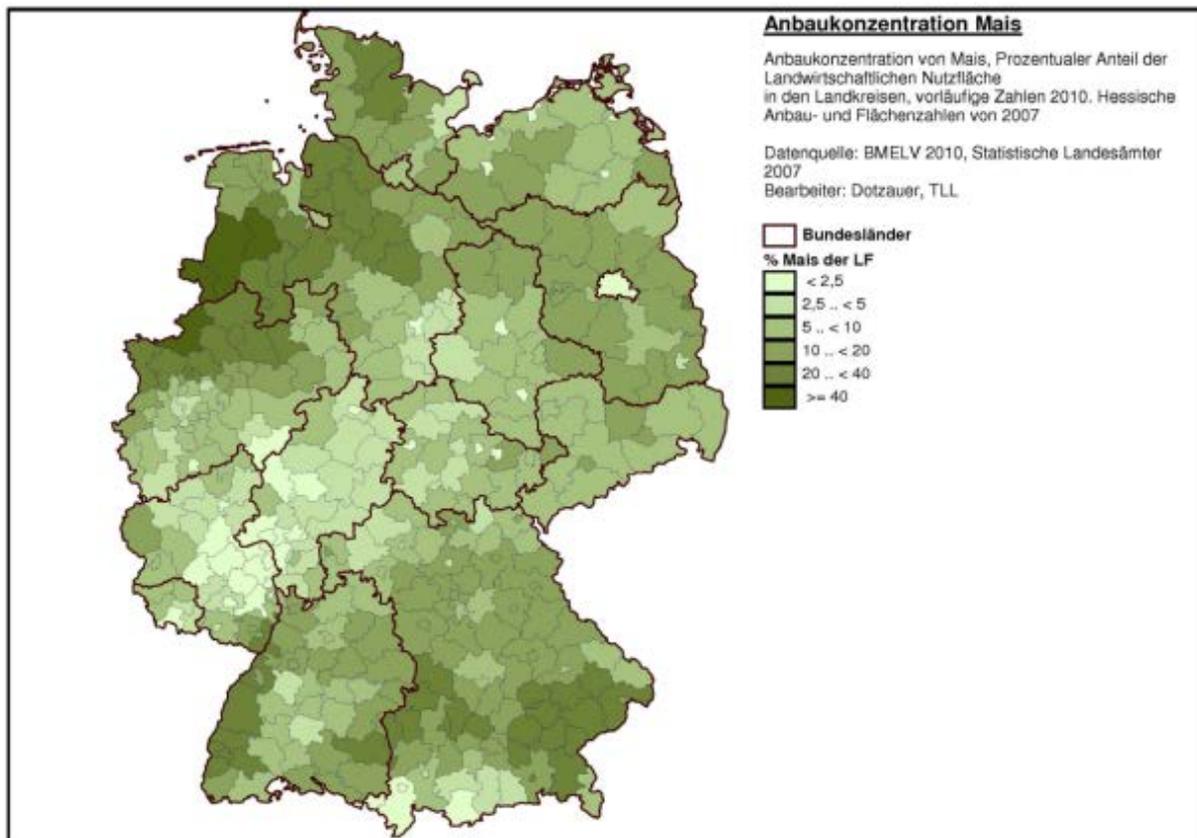


Abb. 2: Regionale Anbaukonzentration von Mais als Anteil an der landwirtschaftlichen Fläche (Quelle: TLL 2011, S. 10)

Die Zunahme an Mais ist nur zum Teil der Biogasentwicklung zuzurechnen und auch nicht alleiniger „Treiber“ für den Grünlandumbruch. Dennoch dürfte der Energiepflanzenanbau insbesondere für die Biogaserzeugung eine ganz wesentliche Motivation für Grünlandumbruch und Maisanbau sein. Das belegen schon die Zubauzahlen an Biogasanlagen. Zwar nahm der Grünlandanteil im Jahr 2010 langsamer ab als in den Jahren zuvor, dennoch wurde im Februar 2011 eine kumulierte Abnahme des Anteils von 3,8 % seit 2003 festgestellt.

Diese Entwicklungen führen über Lebensraumverlust auch zu Verlust an Arten. Insbesondere z. B. Vogelarten des Agrarlandes weisen seit Jahren einen rückläufigen Trend auf. Unter anderem wird eine Auswahl an sogenannten Agrarvögeln als Teilindikator für die Über-

prüfung des gesteckten Nachhaltigkeitszieles genutzt. Der rückläufige Trend dieser Arten ist in Abbildung 3 zu erkennen. Als Ursachen für diese Entwicklung werden die Intensität landwirtschaftlicher Nutzung, die Abschaffung der Stilllegungen, der verstärkte Umbruch von Grünland und der zunehmende Anbau von Energiepflanzen – insbesondere Mais – genannt (WAHL et al. 2012).

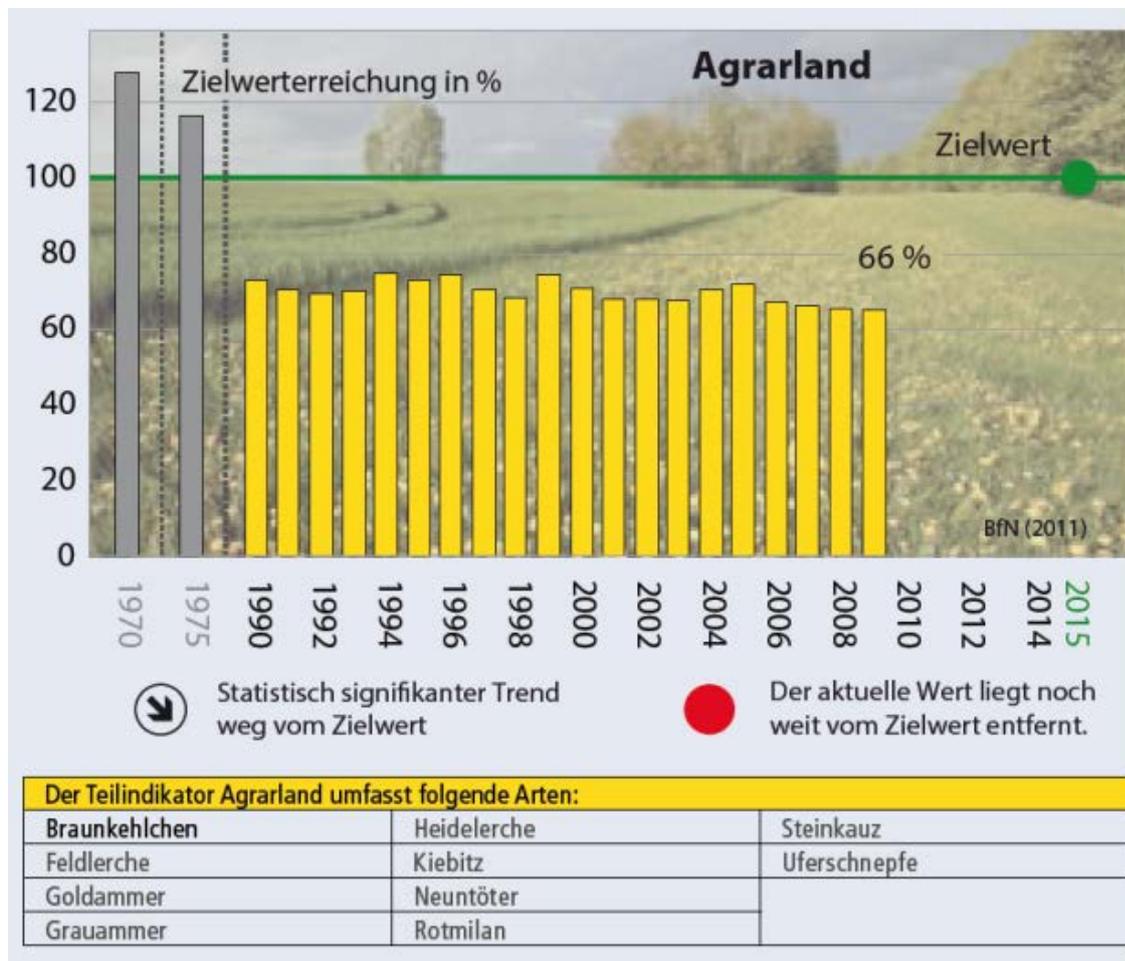


Abb. 3: Übersicht zum Teilindikator Agrarland (WAHL et al. 2011)

### Auswirkungen Netzausbau

Nicht zuletzt mit zunehmenden Mengen an Strom der in und durch Deutschland transportiert werden muss, ist ein Aus- und Neubau von Stromnetzen erforderlich. Vor allem Freileitungen, die derzeit vorrangig geplant werden, sind mit folgenden Auswirkungen verbunden:

- Kollisionsgefährdung für Vögel,
- Zerschneidung von Landschaft,
- Landschaftsbildbeeinträchtigung (Freileitung) Trassenfreihaltung (Kabel),
- Elektromagnetische Felder,
- Akzeptanzproblem.

Akzeptanzprobleme gegenüber Freileitungen sind nur teilweise auf Naturschutzbelange zurückzuführen. Allerdings werden vielerorts Naturschutzargumente herangezogen, um die ablehnende Haltung zu untermauern.

### **Gewichtung der Auswirkungen**

Die Schwere der Auswirkungen hängt grundsätzlich neben der Form der Nutzung (Intensität etc.) sowie deren Dauer auch davon ab, in welchem Raum die Nutzung stattfindet. So sind beispielsweise Empfindlichkeit, Lebensraumqualität, Artenausstattung, Vorbelastung etc. in die Bewertung einzubeziehen (weiterführend im Kontext der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung z. B. in RASSMUS et. al 2002).

Mit Blick auf die anstehenden Vorhaben zur Umsetzung der Energiewende gilt es, neben einer guten Kenntnis der Auswirkungen, vor allem diese Auswirkungen so gut wie möglich zu vermeiden bzw. zu minimieren. Hieraus ergeben sich für den Naturschutz folgende Handlungsfelder:

## **4 Handlungsansätze:**

### **4.1 Standortwahl**

Die Wahl eines geeigneten Standortes für den Bau von z. B. Windkraftanlagen oder auch den Anbau von Biomasse ist für die späteren möglichen Auswirkungen ganz maßgeblich. Daher sollten aus Naturschutzsicht Kriterien für die Standortwahl entwickelt und in die jeweiligen Planungs- und Genehmigungsverfahren eingebracht werden. Hier spielt insbesondere die räumliche Planung (Raumordnungs- bzw. Regionalplanung) eine wichtige Rolle zur Festlegung geeigneter Gebiete z. B. für eine Windkraftnutzung. Die Landschaftsplanung kann dabei aus Naturschutzsicht wesentliche Beiträge liefern. Darüber hinaus kann z. B. auch durch Schutzgebiete und deren Verordnungen gesteuert werden, in dem bestimmte Nutzungen ausgeschlossen werden. Ein weiteres wesentliches Instrument ist die Steuerung durch finanzielle Anreize wie das EEG.

### **4.2 Optimierung der Anlagentechnik sowie des Anlagenmanagements sowie des Biomasseanbaus**

Bei der Ausgestaltung der Anlagen (z. B. Beleuchtung von Windkraftanlagen, Markierung von Freileitungen), beim Management der Anlagen (z. B. Festlegung von Abschaltzeiten von Windkraftanlagen zum Fledermausschutz) sowie bei der Weiterentwicklung von Biomasseanbaukulturen und -formen für eine energetische Nutzung, bestehen ebenfalls erhebliche Potenziale, Konflikte mit dem Naturschutz zu vermeiden bzw. zu minimieren.

### **4.3 Regionale Potenziale ermitteln**

Angesichts des rasanten Ausbaus der erneuerbaren Energien ist es wesentlich regional Potenziale zu ermitteln, die nachhaltig und naturverträglich realisierbar sind. Dabei sind auch kumulative Wirkungen z. B. verschiedener erneuerbarer Energien in die Überlegungen einzubeziehen.

#### **4.4 Handlungsbedarf für ausgewählte erneuerbare Energien**

Für die verschiedenen Energieträger werden folgende Handlungsansätze gesehen:

##### **Windenergie**

- Für die Windenergie an Land gibt es etablierte und effektive Instrumente zur Standortsteuerung auf Ebene der Regionalplanung, diese sollten zur Ausweisung neuer Standorte genutzt werden.
- Für Windkraftanlagen im Wald sollten ebenfalls Kriterien entwickelt werden, welche Waldstandorte geeignet sind, ggf. sollten Einzelfallprüfungen erfolgen.
- Nach wie vor besteht Optimierungsbedarf hinsichtlich der technischen Weiterentwicklung von Anlagen. Beispiele sind die Abschaltung von Windkraftanlagen bei hohen Fledermausaktivitäten, die Befuerung von Windkraftanlagen etc. Zu dieser Frage besteht auch noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf.
- Um die Wirksamkeit z. B. von Abschaltzeiten zu kontrollieren, sollten Monitoringmaßnahmen vereinbart und ausgewertet werden. Insbesondere zu Windkraft in Wald bestehen darüber hinaus erhebliche Kenntnislücken zum Kollisionsrisiko und der Scheuchwirkungen für Vögel und Fledermäuse.

##### **Biomasse**

- Für eine räumliche Steuerung des Biomasseanbaus fehlen weitgehend effektive Instrumente. Hier besteht Weiterentwicklungsbedarf des vorhandenen Instrumentariums, insbesondere mit dem Ziel, den weiteren Zubau an realistischen Biomassepotenzialen zu orientieren und geeignete Standorte festzulegen, auch für die Substraterzeugung.
- Die derzeit nur für Biokraftstoffe und flüssige Brennstoffe geltenden Nachhaltigkeitskriterien (nach EU-RL 28/2009) sollten weiterentwickelt werden (beispielsweise fehlt eine Regelung zu indirekten Landnutzungsänderungen) und auf alle Bioenergieträger ausgedehnt werden.
- Die Wirksamkeit des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes sollte – insbesondere hinsichtlich seiner naturschutzrelevanten Regelungen, wie dem sog. „Maisdeckel“ – überprüft werden.
- Während der intensive Anbau einjähriger Energiepflanzen tendenziell eingeschränkt werden sollte, ist eine verstärkte Verwendung organischer Abfall- und Reststoffe anzustreben. Neben den bislang vorzüglichen Kulturen sollten alternative Anbaukulturen und -formen weiter entwickelt werden, wie zum Beispiel mehrjährige (Wild)pflanzen oder Gemenge. Ein weiterer Gründlandumbruch ist ebenso zu vermeiden wie die Intensivierung der Nutzung artenreichen Grünlands.
- Angesichts einer absehbar steigenden Holznachfrage, sollte zukünftig ein Schwerpunkt bei der nachhaltigen Ausgestaltung der weiteren Holzerzeugung und -nutzung liegen.

## Netze

- Für den Um- und Ausbau der Netze sind einerseits gründliche Bedarfsanalysen sowie andererseits eine möglichst naturverträgliche Planung des Ausbaus anzustreben. Dabei sollte die Netzverstärkung im Vordergrund stehen.
- Insbesondere bei der Planung der Trassenführung sind die Naturschutzinstrumente zu nutzen, um möglichst konfliktarme und naturverträgliche Trassen zu finden.
- Wichtig ist darüber hinaus eine gründliche Prüfung möglicher Alternativen, insbesondere auch, wann Erdkabel die verträglichere Lösung darstellen. Die Verlegung von Erdkabeln ist in besonders sensiblen Gebieten, z. B. in unmittelbarer Nähe zu Wohnsiedlungen und in Vogelschutzgebieten zu prüfen.
- Bei der technischen Ausgestaltung der Freileitungen sind Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Minimierung von negativen Auswirkungen umzusetzen, wie z. B. entsprechende Markierungen der Leitungen zur Minimierung des Vogelschlags.

## 5 Fazit

Der Umbau des Energieversorgungssystems wird mit gravierenden Auswirkungen auf Natur und Landschaft verbunden sein. Der Naturschutz muss an der Ausgestaltung der Energie- wende sowie dem Aus- und Neubau von Netz- und Speicherinfrastruktur mitwirken, um auf allen Ebenen möglichst naturverträgliche Lösungen zu entwickeln und dadurch negative Auswirkungen zu mindern.

Eine besondere Bedeutung zur Minderung von Konflikten kommt der Standortauswahl zu. Vorhandene Instrumente der räumlichen Planung sowie die Landschaftsplanung sollten konstruktiv genutzt werden und falls notwendig angepasst werden. Wesentlich ist jedoch auch, kontinuierlich das Wissen zu Auswirkungen der EE zu verbessern und entsprechend in die Planungsinstrumente einzuspeisen (z. B. zu Artenschutzbelangen bei der Auswahl von geeigneten Gebieten für Windkraftnutzung).

Darüber hinaus ist die Weiterentwicklung der Anlagentechnik, des Anlagenmanagements sowie, bezogen auf die Bioenergie, Anbaukulturen und -verfahren und die Verwendung der Biomassen von besonderer Bedeutung. Die konstruktive Mitwirkung des Naturschutzes setzt neben hinreichender Beteiligung auch einen ständig aktuellen Kenntnisstand zu Artenausstattung, Lebensräumen, insbesondere aber auch zu Technikbewertung und zu Auswirkungen (z. B. über Monitoring) voraus. Angesichts der Geschwindigkeit der derzeitigen Entwicklungen stellt dies eine enorme Herausforderung dar und in einigen Bereichen bestehen derzeit noch deutliche Kenntnislücken (z. B. zum Nutzungsverhalten sowie Risiko der Beeinträchtigungen von Vögeln und Fledermäusen im Wald). Insgesamt ist die eingeforderte Mitwirkung des Naturschutzes eine umfassende und sehr herausfordernde Aufgabe.

## 6 Literatur

- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2012): „Erneuerbare Energien in Zahlen, nationale und internationale Entwicklung“, März 2012  
[https://www.erneuerbare-energien.de/erneuerbare\\_energien/datenservice/schaubilder/doc/42038.php](https://www.erneuerbare-energien.de/erneuerbare_energien/datenservice/schaubilder/doc/42038.php)
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE UND BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2010): Energiekonzept vom 28. September 2010  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept\\_bundesregierung.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf)
- BUNDESREGIERUNG (2011): „Der Weg zu einer Energie der Zukunft – sicher bezahlbar und umweltfreundlich“ August 2011  
<http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2011/06/2011-06-06-energiewende-kabinettsbeschluss-doorpage-energiekonzept.html>
- (DOG) DEUTSCHE ORNITHOLOGISCHE GESELLSCHAFT UND (DDA) DACHVERBAND DEUTSCHER AVIFAUNISTEN (2011): Positionspapier zur aktuellen Bestandssituation der Vögel der Agrarlandschaft, Oktober 2011  
[www.do-g.de/.../Positionspapier\\_Agrarvögel\\_DO-G\\_DDA\\_2011-10-03.pdf](http://www.do-g.de/.../Positionspapier_Agrarvögel_DO-G_DDA_2011-10-03.pdf)
- DLR (DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT), SITT (STUTTGART INSTITUT FÜR TECHNISCHE THERMODYNAMIK), IWED (FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK) & IFNE (KASSEL INGENIEURBÜRO FÜR NEUE ENERGIEN) (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global (Schlussbericht). Studie im Auftrag des BMU, 345 S., Berlin
- RASSMUS, J.; HERDEN, C.; JENSEN, I.; RECK, H.; SCHÖPS, K. (2002): Methodische Anforderungen an Wirkungsprognosen in der Eingriffsregelung, Angewandte Landschaftsökologie, Heft 51, Münster
- THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (TLL) (2011): Sachstandsanalyse Energiemais „Energiemaisanbau – Auswertung agrarstatistischer Daten und Studien, Einordnung und Bewertung der Wirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Agrarflächennutzung“ im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
- WAHL, J.; DRÖSCHERMEISTER, R.; LANGGEMACHT, T. & SUDFELDT, C. (2011): Vögel in Deutschland – 2011 im Auftrag des Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA), Bundesamt für Naturschutz (BfN) und der Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (LAG VSW), Münster.

# Erneuerbare Energien – Strategien für eine naturverträgliche Nutzung

Wolfgang Peters

## 1 Einführung

Unzweifelhaft kann der Ausbau der Nutzung Erneuerbarer Energien zu Konflikten mit den Zielen des Naturschutzes führen. Das gilt für diese vergleichsweise neue Flächennutzung genauso wie für die meisten anderen etablierten Nutzungsformen. So stellt auch die Erfassung und Bewältigung von Nutzungskonflikten die zentrale Aufgabe der räumlichen Planung dar und gilt nicht spezifisch für den Ausbau der Erneuerbaren Energien.

Im Zusammenhang mit der Nutzung Erneuerbarer Energien bestehen aus Perspektive der Raumplanung jedoch besondere Herausforderungen.

### Wirkungswissen

Trotz eines umfassenden Programms zur ökologischen Begleitforschung ist das Wirkungswissen zu den einzelnen EE-Sparten und deren möglichen Konflikten noch immer unzureichend. Insbesondere die Auswirkungen auf einzelne geschützte Arten sowie kumulative Effekte im Zusammenhang z. B. mit der biologischen Vielfalt sind noch nicht umfassend untersucht. Das gilt vor allem für die Wind- und Bioenergienutzung.

### Planerische Steuerung

Ein zentraler Ansatz zur Vermeidung und Minderung der mit der Nutzung Erneuerbarer Energien verbundenen Konflikte mit den Zielen des Natur- und Umweltschutzes besteht in der Auswahl der geeigneten Standorte. Aufgrund des unzureichenden Wirkungswissens besteht jedoch die Schwierigkeit eindeutig festzulegen welche Standorte weniger konfliktrichtig sind. Auch die unzureichende Möglichkeit der planerischen Steuerung, insbesondere beim Energiepflanzenanbau, erschwert die Lenkung der Nutzung auf verträgliche Standorte.

### Gestaltung der Technologien

Neben der Standortwahl bieten die konkrete Ausgestaltung der Anlagentechnik sowie des Anlagenbetriebs grundsätzlich gute Ansatzpunkte zur Vermeidung und Minderung von Konflikten. Diese Möglichkeiten werden in der Anlagenentwicklung und in der Praxis des Anlagenbetriebs jedoch noch nicht ausgeschöpft.

## 2 Konfliktanalyse

Um, bezogen auf die einzelnen Energiesparten, wirkungsvolle Ansatzpunkte für die Konfliktvermeidung und -minderung identifizieren zu können, ist es sinnvoll, zunächst das Wirkungsgefüge genauer zu analysieren. Aus der Analyse des Wirkungsgefüges zwischen Bau, Anlage und Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien bzw. der Biomassebereitstellung auf der einen Seite und der betroffenen Umwelt auf der anderen, wird deutlich, dass die konkreten Konflikte mit den Zielen des Naturschutzes einerseits von der Ausführung

des Vorhabens und andererseits von der Empfindlichkeit und Bedeutung der betroffenen Teile von Natur und Landschaft abhängig sind (vgl. Abb. 1). Die Gesamtbetrachtung beider Aspekte kann zu einer Abschätzung der Konfliktintensität führen und somit eine Aussage über die Zulässigkeit des Vorhabens erlauben. Je stärker die Wirkungen und je empfindlicher und wertvoller der Wirkraum, desto größer ist die Konfliktintensität.

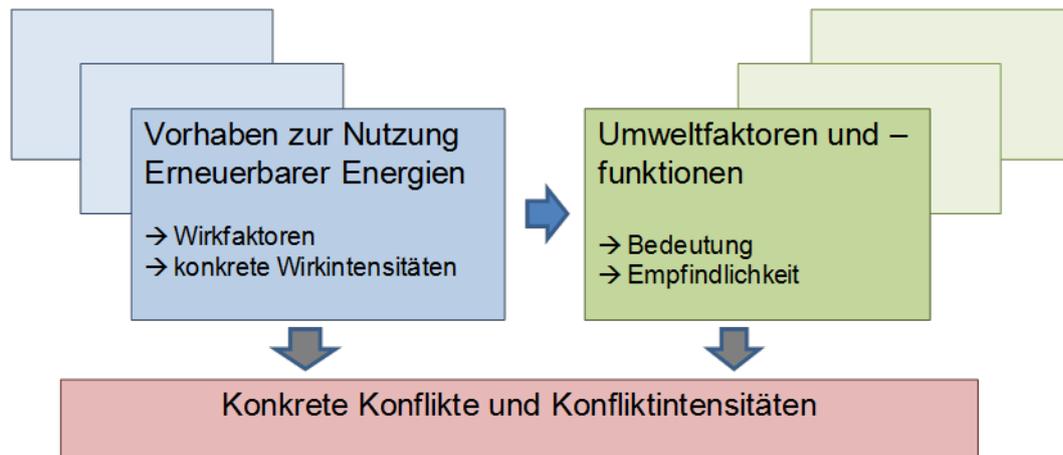


Abb. 1: Ursache-Wirkungsschema (eigene Darstellung)

Im Hinblick auf die spezifischen Wirkungen sind innerhalb der einzelnen EE-Sparten und der damit verbundenen Anlagen (Windenergieanlage, PV-Freiflächenanlage, Bioenergieanlage etc.) die jeweiligen typischen bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkfaktoren zu unterscheiden. Eine besondere Stellung nimmt die Biomassebereitstellung ein, die aufgrund ihrer vielfältigen Formen (unterschiedliche Kulturen und Verfahren zum Energiepflanzenanbau sowie verschiedenste Formen der Reststoffnutzung) insgesamt mit sehr heterogenen Wirkfaktoren und Wirkungen verbunden sein kann.

Die vom Vorhaben ausgehenden Wirkungen können bei den betroffenen Umweltfaktoren und -funktionen, in Abhängigkeit von deren spezifischer Empfindlichkeit, prinzipiell sowohl neutrale als auch nachteilige Veränderungen, sprich Beeinträchtigungen, hervorrufen. Bei der Windenergienutzung kommen vor allem die Avifauna und die Artengruppe der Fledermäuse, das Landschaftsbild, Lebensräume für Pflanzen und Tiere sowie der Mensch als betroffene Schutzgüter infrage. PV-Freiflächenanlagen wirken insbesondere auf die Lebensraum- sowie die Bodenfunktionen und ebenso auf das Landschaftsbild. Gleiches gilt für Bioenergieanlagen.

Je nach Ausprägung der Umweltfaktoren und -funktionen sowie der damit verbundenen Empfindlichkeit und Bedeutung (Schutzwürdigkeit und -bedürftigkeit) ergeben sich aus den Wirkungszusammenhängen konkrete Konflikte mit den Zielen des Natur- und Umweltschutzes, die, je nach Intensität im Planungs- und Entscheidungsprozess, Handlungserfordernisse und/oder Verbotstatbestände auslösen. Bezogen auf die Windenergienutzung betrifft das beispielsweise insbesondere den Vogel- und Fledermausschlag, die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, die Beeinträchtigung der Wohn- und Erholungsfunktion sowie in geringem Maße den Lebensraumverlust für Pflanzen und Tiere.

Hieraus resultieren grundsätzlich zwei Ansatzpunkte zur Konfliktvermeidung und -minderung:

1. die Optimierung der technischen Eigenschaften des konkreten Vorhabens, so dass die relevanten Auswirkungen in ihrer Intensität reduziert werden und
2. die Auswahl der im Hinblick auf die typischen Wirkungen der einzelnen EE-Sparten möglichst unempfindlichen und weniger bedeutsamen Räume und Standorte.

Eine übergreifende Voraussetzung ist darüber hinaus eine gezielte Verbesserung des Wirkungswissens im Hinblick auf die einzelnen Konflikte. Daraus gilt es zum einen im Sinne von Leitplanken oder Naturschutzstandards konkrete materielle Anforderungen an die Ausgestaltung der Nutzung Erneuerbarer Energien abzuleiten. Zum anderen sind aus dem Wissen um die möglichen Wirkungszusammenhänge aber auch methodische und verfahrensbezogene Anforderungen an die im konkreten Fall erforderliche Analyse der Konfliktintensität abzuleiten. Hierdurch können für die Planung und Genehmigung verbesserte und vergleichbare Entscheidungsgrundlagen geschaffen werden.

### **3 Wirkungsforschung – Verbesserung des Wirkungswissens**

Je nach Energiesparte ergeben sich dafür spezifische potenzielle Konflikte mit den Zielen des Naturschutzes. Entsprechend spezifisch sind die Strategien und Aufgaben der Wirkungsforschung. Nachfolgend werden einige Handlungsfelder in diesem Zusammenhang exemplarisch herausgegriffen.

#### **Beispiel: Windenergienutzung**

Ein zentraler Ansatz der Wirkungsforschung ist ein umfassendes Monitoring der betriebsbedingten Auswirkungen der Windenergienutzung. Im Zuge der Zulassung von Windparks werden aktuell regelmäßig Auflagen zum Wirkungsmonitoring erteilt. Diese betreffen zum Beispiel die akustische Erfassung von Fledermausaktivitäten im Umfeld der Anlagen oder die Erfassung von Schlagopfern. Um aus diesen umfassenden Einzeluntersuchungen übertragbare und generalisierte Erkenntnisse zu den möglichen Auswirkungen und Konflikten der Windenergienutzung ableiten zu können, ist es dringend erforderlich, die Methoden des Monitorings abzustimmen und zu standardisieren. Nur so kann eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse als Voraussetzung zu deren Übertragbarkeit auf zukünftige Planungen erreicht werden.

Darüber hinaus ist es erforderlich, dass die Ergebnisse der durchgeführten Monitoringuntersuchungen systematisch gesammelt und öffentlich zugänglich gemacht werden. Hier gilt es, dringend die rechtlichen Voraussetzungen dafür zu klären.

Neben den ökologischen Auswirkungen der Windenergienutzung, die insbesondere einige Vogelarten und Fledermäuse betreffen, dürfen die sozialen und emotionalen Effekte nicht außer Acht gelassen werden. Diese müssen in der Wirkungsforschung mit der gleichen Intensität analysiert werden. In den Auseinandersetzungen um konkrete Windenergieprojekte sind es häufig die Veränderungen des Wohnumfeldes und des Landschaftserlebens, die besondere Widerstände hervorrufen und die Akzeptanz der Vorhaben verhindern, auch wenn Artenschutzargumente die Diskussion dominieren.

## **Beispiel: Kurzumtriebsplantagen (KUP)**

Angesichts der in naher Zukunft erwarteten Versorgungsengpässe mit energetisch nutzbarem Holz (Holzlücke) wird im Bereich Bioenergienutzung mit einem vermehrten Anbau schnellwachsender Hölzer gerechnet. Aus naturschutzfachlicher Sicht besitzen KUP gegenüber annuellen Kulturen grundsätzlich einige Vorteile, so z. B. die längere Bodenruhe oder der geringere Einsatz von Düngemitteln. Die Energieholzgewinnung durch KUP kann allerdings auch mit Risiken verbunden sein. So ist, z. B. auf regionaler Ebene, angesichts der in Rede stehenden zukünftigen Flächenumfänge eine Monotonisierung der Landschaft denkbar. KUP ist nicht gleich KUP. Entscheidend für die möglichen Konflikte oder Synergien sind die Standortwahl, die Art der Anlage sowie die Form der Bewirtschaftung. Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, sich frühzeitig mit den möglichen Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Natur und Landschaft auseinander zu setzen.

Ein wichtiges Mittel dazu sind Begleituntersuchungen bestehender Plantagen. Hier gilt es die Auswirkungen auf die Belange des Naturschutzes zu analysieren und mit denen klassischer einjähriger Kulturen zu vergleichen. Derzeit ist bereits deutlich erkennbar, dass die möglichen Konflikte durch KUP, bezogen auf eine Vielzahl von sowohl biotischen als auch abiotischen ökologischen Funktionen, im Vergleich zu denen anderer Kulturen deutlich geringer sind. Eine an naturschutzfachliche Kriterien angepasste Standortwahl ist ebenso wie die Anlage und der Betrieb einer KUP entscheidend, um die Chancen, die die Biomasseerzeugung zur Energiegewinnung aus KUP bietet, optimal nutzen zu können.

Zugleich bieten KUP bei entsprechender Gestaltung und Bewirtschaftung ein großes Potenzial für Synergien mit den Zielen des Naturschutzes. Diese möglichen positiven Effekte rechtfertigen es, sie unter bestimmten Bedingungen möglicherweise auch als naturschutzrechtliche Kompensationsmaßnahmen anzuerkennen oder sie im Zuge der GAP-Reform als ökologische Vorrangflächen einzustufen. Diese besonderen naturschutzfachlichen Leistungen und Funktionen von KUP kommen jedoch nur unter bestimmten Bedingungen zum Tragen. Vor diesem Hintergrund ist es erforderlich Maßnahmen zur naturschutzfachlichen Aufwertung von KUP zu entwickeln und zu erproben.

## **Systematische Aufbereitung und Dokumentation des Wirkungswissens**

Durch die Praxis der Anlagenplanung und -zulassung im Kontext der Nutzung Erneuerbarer Energien wird deutlich, dass der in der Forschung erreichte Stand des Wirkungswissens angesichts der dynamischen Entwicklung beim Ausbau der einzelnen Energiesparten und der breit angelegten und auf viele Akteure verteilten Wirkungsforschung zu den einzelnen Nutzungen häufig nicht verfügbar ist. Entscheidungen werden daher oft auf der Grundlage größerer Unsicherheiten getroffen als diese aufgrund der Erkenntnisse von Wissenschaft und Forschung tatsächlich bestehen.

Es ist daher erforderlich, den Stand des Wissens entscheidungsdienlich aufzubereiten und zeitnah so zu dokumentieren, dass ein leichter und schneller Zugriff auf die Ergebnisse der Wirkungsforschung ermöglicht wird. Ein erster Schritt hin zu einer solchen systematischen Dokumentation ist mit der Datenbank „Naturschutzstandards Erneuerbarer Energien“ gemacht, die unter [www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de](http://www.naturschutzstandards-erneuerbarer-energien.de) öffentlich bereitgestellt und derzeit an einigen Stellen aktualisiert wird.

## 4 Naturverträglichere Technologien

Ein grundlegender Ansatz zur Konfliktvermeidung und -minderung besteht darin, die Anlagentechnik und den Betrieb so zu gestalten, dass die relevanten Wirkfaktoren vermieden bzw. in ihrer Intensität gemindert werden.

### Beispiel: Windenergienutzung

#### Bedarfsorientierte Befeuerung

Aus Gründen der Luftfahrtsicherheit müssen Windenergieanlagen an Land ab in der Regel 100 Meter mit Hinderniskennzeichnungen sowohl für den Tages- als auch für den Nachtbetrieb versehen werden. Dabei erfolgt die Tageskennzeichnung durch farbige Markierungen, z. T. in Kombination mit weiß blitzendem Feuer und die Nachtkennzeichnung der Windenergieanlagen an Land als Hindernisfeuer in Form von blinkendem Rundstrahlfeuer (sog. Gefahrenfeuer), als Befeuerung der Blattspitzen oder rot blinkende gedoppelte Feuer (sog. Feuer W, rot). Diese Hinderniskennzeichnungen werden von Anwohnern häufig als besondere Belastung wahrgenommen.

Zur anlagenseitigen Minderung der Störwirkung auf den Menschen können eine Reihe von Maßnahmen ergriffen werden:

- möglichst geringe Lichtstärke der Befeuerung
- Einsatz von Lichtern, die einen weniger störenden Einfluss haben (z. B. entsprechend der bereits vorliegenden Erfahrungen Feuer W, rot)
- geringer Abstrahlungswinkel nach unten
- geringe Beleuchtungsfrequenz
- Synchronbefeuerung
- möglichst wenig befeuerte Anlagen in einem Windpark

Als wesentliches Mittel zur Konfliktvermeidung wird jedoch eine bedarfsgerechte Befeuerung gesehen. Durch eine Einschaltung der Gefahrenfeuer durch Transponder, kann die Befeuerung auf die wenigen Fälle beschränkt werden, in denen sich tatsächlich ein Flugzeug nähert. Da ein Transponder derzeit noch nicht für alle Sportflugzeuge verpflichtend ist, lehnt die Flugsicherung eine bedarfsorientierte Befeuerung bisher noch ab.

#### Geräuschkämpfung an Rotorblättern und Getrieben

Neben der Befeuerung stellen die Lärmemissionen eine weitere wesentliche Beeinträchtigungsquelle der Windenergienutzung dar. Betroffen sind neben Anwohnern und Erholungssuchenden auch lärmempfindliche Vogelarten. Die Wirkungen werden in der Praxis in vielen Fällen bereits durch den Einsatz geräuscharmer Rotorblätter und Getriebe deutlich reduziert. Dennoch verbleiben Restbelastungen, so dass die verursachten Konflikte nur durch eine entsprechende Standortwahl (größere Entfernungen zu Siedlungen) weiter reduziert werden können.

## Automatisierte Abschaltung bei Fledermausflug

Aufgrund der Ergebnisse der ökologischen Begleitforschung wird dem Fledermausschlag in der Praxis der Anlagenplanung und -zulassung zunehmend mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Insbesondere aufgrund der Ergebnisse von Monitoringprojekten konnte jedoch nachgewiesen werden, dass das Ausmaß des Konfliktes durch eine Abschaltung der Anlagen in der Zeit der Dämmerung bei bestimmten Witterungsverhältnissen (warm, niedrige Windgeschwindigkeit, kein Niederschlag) deutlich reduziert werden kann. Inzwischen werden regelmäßig entsprechende Auflagen als Nebenbestimmung der Genehmigung formuliert. Die damit verbundenen Ertragseinbußen liegen häufig unter 1 % und sind damit in der Regel verkraftbar.

### **Beispiel: Biogas**

Im Zusammenhang mit der Biogasnutzung ergeben sich Konflikte mit den Zielen des Naturschutzes. Insbesondere aus der Biomassebereitstellung und den damit verbundenen Energiepflanzenanbau, der immer noch zu überwiegenden Teilen aus Maisanbau besteht. Da die technischen Komponenten der Biogasanlagen häufig sehr eng auf dieses Substrat zugeschnitten sind, ist der Einsatz von extensiver produzierten Anbaukulturen oder gar Biomassereststoffen aus der Landschaftspflege nur sehr eingeschränkt möglich.

Durch eine gezielte Ausrichtung der Technologie neuer Anlagen oder die Umrüstung bestehender Anlagen ist es möglich, das Spektrum der einsetzbaren Substrate zu erweitern und deren Gasausbeute zu steigern, so dass der Nutzungsdruck auf die Anbaufläche gemindert wird. In diesem Sinne kann insbesondere durch eine Verbesserung der Substrataufbereitung erreicht werden, dass die Maissilage anteilig oder sogar vollständig durch Einsatzstoffe wie Gras aus der extensiven Grünlandbewirtschaftung oder Biomassereststoffe aus der Landschafts- und Grünflächenpflege ersetzt werden kann, womit die nachteiligen Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus indirekt deutlich reduziert werden.

Die neuen Technologien zur Substrataufbereitung umfassen insbesondere die Hydrolyse und die mechanische Aufbereitung durch Extruder, Ultraschall oder bspw. einen Prallreaktor. Durch die Substratauf- bzw. -vorbereitung wird eine Homogenisierung des Substrats erreicht und der Aufschluss der Nährstoffe für die Methanbakterien im Fermenter erleichtert. In der Folge können größere Schwankungen in der Qualität der eingesetzten Substrate verkraftet werden, was wiederum den saisonalen Schwankungen in Qualität und Menge der anfallenden Reststoffe entgegenkommt. Darüber hinaus steigt die Gasausbeute, was die Wirtschaftlichkeit der Anlage erhöht.

## **5 Planerische Steuerung der Standortwahl**

Neben der Anlagentechnik und der damit verbundenen Gestaltung des Betriebes eröffnet die Auswahl des Standortes besondere Möglichkeiten zur Konfliktvermeidung und Minderung. Grundsätzlich gilt es möglichst solche Standorte zu nutzen, die gegenüber den spezifischen Wirkfaktoren der einzelnen EE-Sparten besonders wenig empfindlich sind.

Daraus ergeben sich zwei zentrale Aufgaben im Zusammenhang mit der räumlichen Planung der Nutzung Erneuerbarer Energien. Zum einen gilt es die potenziellen Standorte hinsichtlich ihrer spezifischen Empfindlichkeit fachlich zu bewerten und daraus ein ideales räumliches

Nutzungsmuster abzuleiten. Zum anderen gilt es die passenden Steuerungsinstrumente auszuwählen und zu aktivieren, mit deren Hilfe die Nutzungen möglichst gezielt auf die als besonders unempfindlich identifizierten Standorte gelenkt werden kann. Dabei sind die Möglichkeiten der planerischen Steuerung je nach EE-Sparte und Nutzungsform sehr unterschiedlich.

### **Beispiel: Spartenübergreifende Energiestrategien und -konzepte**

Im Idealfall ist es sinnvoll, bezogen auf einen Planungsraum, zunächst spartenübergreifend dessen Eignung und Empfindlichkeit gegenüber den einzelnen EE-Sparten und den damit verbundenen spezifischen Wirkungen zu analysieren und daraus abgeleitet, raum- und naturverträgliche Flächenpotenziale für den Ausbau der EE-Nutzung zu ermitteln. Dabei gilt es der zentralen Frage nachzugehen, welche Ausbauziele raumverträglich umgesetzt werden können und welcher Energiemix dafür infrage kommt. Damit verbunden ist die Bewertung der räumlichen Tragfähigkeit und Naturverträglichkeit der EE-Ausbauziele. Indem verschiedene Alternativlösungen vergleichend gegenüber gestellt werden, kann – bezogen auf den Planungsraum – ein möglichst raum- und umweltbezogenes Ausbauszenario ausgewählt und als Grundlage für Zielformulierungen genutzt werden.

Grundlage der Ermittlung der Ausbaupotenziale bilden Annahmen zur Projektion der Umsetzung von Energiezielen in die Fläche, indem spartenspezifisch die durchschnittlichen Flächenbedarfe je Energieeinheit festgelegt werden. Die Abbildung der Raumempfindlichkeit geschieht in der Regel anhand von verfügbaren Geodaten. Erst auf der Ebene der Kommunalplanung und -zulassung kommen eigens durchgeführte Erhebungen hinzu.

Aufbauend auf einer solchen Analyse der raum- und umweltverträglichen Flächenpotenziale erfolgt dann die Erarbeitung regional angepasster Energiekonzepte, indem der Energiemix auf die Eignung und Empfindlichkeit des betrachteten Raumes abgestimmt wird. Wenn dieser Prozess transparent und in Kooperation mit den Akteuren und der Öffentlichkeit erfolgt, bildet ein solches Energiekonzept eine breite Basis für den weiteren Ausbau der Nutzung innerhalb der einzelnen Sparten und liefert einen wichtigen Beitrag für die erforderliche öffentliche Akzeptanz der regionalen und kommunalen Energiewende. Ein Beispiel ist das Regionales Energie- und Klimaschutzkonzept Oberlausitz-Niederschlesien (vgl. Abb.2).



Abb. 2: Regionales Energie- und Klimaschutzkonzept Oberlausitz-Niederschlesien  
(Quelle: [www.rpv-oberlausitz-niederschlesien.de](http://www.rpv-oberlausitz-niederschlesien.de))

### **Beispiel: Planerische Steuerung der Windenergienutzung**

Der Bedarf an planerischer Steuerung im Hinblick auf möglichst verträgliche Standorte ist bei keiner Energiesparte so groß, wie bei der Windenergienutzung. Gleichzeitig bestehen durch die baurechtliche Privilegierung der Windenergienutzung sehr spezifische rechtliche Steuerungsmöglichkeiten, sowohl auf der Ebene der Regionalplanung als auch im Rahmen der Bauleitplanung.

Es besteht ein weitest gehender Konsens darüber, dass es sinnvoll ist, die durch die baurechtliche Privilegierung eröffnete Möglichkeit, Windenergieanlagen im Außenbereich zu errichten, durch eine räumlich angepasste und einzelfallgerechte regionalplanerische Steuerung einzuschränken. Aufgrund der unterschiedlichen rechtlichen Vorgaben für die Raumordnung in den Ländern ist der Umgang damit jedoch bundesweit sehr heterogen.

Grob lassen sich drei Grundmodelle der regionalplanerischen Steuerung der Windenergienutzung unterscheiden:

- Eignungsgebiete oder Vorranggebiete mit Ausschlusswirkung nach außen
- Vorranggebiete ohne Ausschlusswirkung nach außen
- Vorranggebiete, Tabugebiete und Weißflächen mit Einzelfallprüfung

Aus Verfahrenssicht ist grundsätzlich zu beachten, dass eine starke und verbindliche räumliche Steuerung nach übergeordneten regionalen Gesichtspunkten, wie im Falle von Eignungs- oder Vorranggebieten mit Ausschlusswirkung nach außen, die Entscheidungsspielräume für Gemeinden gezwungenermaßen sehr stark einschränkt. Gemeinden, die an der Windenergieentwicklung teilhaben wollen, aber nicht in entsprechenden Eignungs- oder Vorranggebieten liegen, werden blockiert. Andererseits werden solche Gemeinden, die innerhalb der Gebiete liegen und keine Windenergienutzung wünschen, quasi dazu gezwungen, Windparks auf ihrem Gemeindegebiet zu gestatten.

Aus fachlicher Sicht besteht aufgrund der Größe des Untersuchungsgebietes der Regionalplanung grundsätzlich der Zwang im Zuge der Bestandserfassung und Standortbewertung mit pauschalisierten Annahmen arbeiten zu müssen, um den betriebenen Aufwand in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Dieses führt, bezogen auf den Einzelfall, zwangsläufig zu Ungenauigkeiten. In der Vergangenheit hatte dieses Vorgehen nicht selten die Folge, dass die entsprechenden Teilregionalpläne erfolgreich als insgesamt nicht ausgewogen beklagt wurden.

Vor dem Hintergrund dieser verfahrensbezogenen und fachlichen Schwierigkeiten erscheint es grundsätzlich sinnvoll, eine Strategie zu verfolgen, bei der Vorranggebiete ohne Ausschlusswirkung nach außen ausgewiesen werden und gleichzeitig hohe Anforderungen an die Zulässigkeit von Windenergieanlagen außerhalb der Vorranggebiete gelten. Auf diese Weise würde einzelnen Gemeinden mit einem besonders großen Interesse an einer Entwicklung der Windenergienutzung, diese Möglichkeit nicht von vorn herein verwehrt. Gleichzeitig wird die Möglichkeit eröffnet, eine detailliertere Analyse von Standorteigenschaften durchzuführen, als dies auf der pauschaleren regionalen Ebene möglich ist. So können verträgliche Standorte identifiziert werden, die auf der vorgelagerten Ebene aufgrund der größeren Betrachtung und der zu wählenden Vorsorge weggefallen sind.

### **Beispiel: PV-Freiflächenanlagen**

Anders als die Windenergienutzung ist die Nutzung solarer Strahlungsenergie durch Photovoltaikfreiflächenanlagen nicht baurechtlich privilegiert. Für solche Vorhaben ist daher im Außenbereich in der Regel die Aufstellung eines Bebauungsplans vorgeschrieben. Das Vorliegen eines gültigen B-Plans ist darüber hinaus auch Voraussetzung für den Bezug der Einspeisevergütung nach dem EEG. Durch die damit obligatorisch verbundene Umweltprüfung

ist eine in der Regel sehr umfassende Umweltfolgenprüfung verbunden, so dass eine Errichtung von Freiflächenanlagen auf empfindlichen Standorten deutlich erschwert wird.

Darüber hinaus enthält das EEG noch weitere Ansätze zur räumlichen Steuerung. So wurden beispielsweise mit der Novellierung des EEG im Jahr 2010 Ackerflächen von der EEG-Vergütung ausgeschlossen. Gleichzeitig wurde die neue Flächenkategorie „Flächen entlang von Bundesautobahnen und Schienenwegen“ eingeführt, die aufgrund ihrer Vorbelastung grundsätzlich als weniger wertvoll eingestuft werden können. Mit der Novellierung in diesem Jahr wurde die Steuerungsfunktion des EEG weiter ausgebaut, indem nun keine Vergütung auf Konversionsflächen mit NSG- oder Natura 2000-Status mehr gezahlt wird. Insgesamt wird aber durch eine entsprechende Gestaltung der Vergütung noch stärker darauf hinzuwirken sein, dass die Vorzüglichkeit von PV-Dachanlagen gegenüber den Freiflächenanlagen weiter gestärkt wird.

Aufgrund der rasant fallenden Modulpreise im PV-Bereich, wird es mittelfristig voraussichtlich möglich sein, PV-Freiflächenanlagen auch ohne eine Vergütung nach EEG wirtschaftlich zu betreiben. Damit fallen auch die Steuerungswirkungen des EEG weg. Vor dieser Perspektive ist es der Regionalplanung dringend anzuraten sich bereits heute proaktiv einen Prozess zur Auswahl und Festlegung von raum- und naturverträglichen Flächen für PV-Freiflächenanlagen außerhalb der EEG-Flächenkulisse anzustoßen.

### **Beispiel: Energiepflanzenanbau**

Im Hinblick auf die planerische Steuerung der Nutzung Erneuerbarer Energien nimmt der Energiepflanzenanbau eine exponierte Sonderrolle ein. Trotz der sehr flächenintensiven und konflikträchtigen Auswirkungen, bestehen insgesamt nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten der Steuerung.

Der Energiepflanzenanbau entspricht i. d. R. der „Guten fachlichen Praxis“ der landwirtschaftlichen Bodennutzung und entzieht sich damit dem größten Teil der raumplanerischen und ordnungsrechtlichen Steuerungsinstrumente. Als unteilbarer Bestandteil der gesamten landwirtschaftlichen Bodennutzung unterliegt sie nur dem landwirtschaftlichen Fachrecht. Eine stärkere direkte Steuerung des Energiepflanzenanbaus lässt sich daher nur über eine verstärkte Steuerung der landwirtschaftlichen Bodennutzung insgesamt erreichen. Aus Sicht des Naturschutzes sollte ein wichtiges Ziel darin bestehen, Agrarförderung insgesamt wesentlich stärker an Kriterien der raumbezogenen Eignung und Empfindlichkeit zu koppeln. Eine wichtige Rolle kommt dabei der Landschaftsplanung zu, deren Aufgabe die Bereitstellung der fachlichen Grundlagen dafür ist.

Speziell der Anbau von Energiepflanzen kann allenfalls indirekt über die Anlagenplanung und -zulassung gesteuert werden. Beispielsweise könnten in städtebaulichen Verträgen, die im Zusammenhang mit Bebauungsplänen zu Biogasanlagen stehen, Vorgaben zur Biomassebereitstellung gemacht werden. Darüber hinaus könnte durch eine Anpassung des BImSchG bzw. die Einführung einer speziellen Verordnung für die Zulassung von Biogasanlagen auch die Substratbereitstellung in die Beurteilung einbezogen werden.

## **6 Fazit**

Der Ausbau der Nutzung Erneuerbarer Energien erzeugt wie andere Raumnutzungen auch unweigerlich Konflikte mit den Zielen des Naturschutzes. Eine Vermeidung und Minderung dieser Konflikte ist jedoch grundsätzlich möglich und in vielen konkreten Fällen auch angemessen.

Wichtige Grundlage für eine sachgerechte Erarbeitung von Strategien zur Konfliktvermeidung und -minderung im jeweiligen Entscheidungsfall ist eine Verbesserung und systematische Dokumentation des vorhandenen Wirkungswissens. Nur wenn die Planungs- und Zulassungsentscheidungen über die Nutzung Erneuerbarer Energien auf der Basis bestmöglichen Wirkungswissens getroffen werden, sind zügige und sachgerechte Entscheidungsverfahren zu erwarten, die die Akzeptanz der Öffentlichkeit erhalten.

Hinsichtlich der Vermeidung und Minderung der Konflikte kommen grundsätzlich zwei Ansatzpunkte infrage. Zum einen können die nachteiligen Wirkungen der Vorhaben und Nutzungen reduziert werden, indem eine naturverträglichere Gestaltung der Technologien angestrebt wird. Zum anderen kann durch eine frühzeitige und zielgerichtete planerische Steuerung daraufhin gewirkt werden, dass Standorte mit einer möglichst geringen Empfindlichkeit gegenüber den einzelnen Energiesparten genutzt werden.

# Neue Netze für die Energiewende

Liv Becker

Die Energiewende in Deutschland ist mit dem Beschluss der Bundesregierung über den Ausstieg aus der Atomkraft inzwischen gesellschaftlicher Konsens und der Ausbau der Erneuerbaren Energien schreitet zügig voran. Im Jahr 2011 betrug der Anteil Erneuerbarer Energie an der Stromerzeugung in Deutschland bereits rund 20 % (AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN 2012) und war damit höher als der Anteil der Atomkraft, bevor die ersten Reaktoren abgeschaltet wurden.

## Wind und Sonne als zukünftiger Pfeiler unserer Stromerzeugung

Doch mit der Art der Stromerzeugung und dem steigenden Anteil wetterabhängiger Stromerzeugung ändern sich auch die Anforderungen an das bestehende Stromnetz. Traditionell transportierte dieses den Strom aus vergleichsweise wenigen Großkraftwerken in der Nähe der industriellen Zentren und Ballungsgebiete zu den Verbrauchern. Die klassische Aufgabe der Übertragungs- und Verteilungsnetze war der Stromtransport in eine Richtung, vom Kraftwerk zum Stromkunden. Dies hat sich mit den neuen, zunehmend dezentralen Stromerzeugungsquellen geändert: Strom aus Windkraft und Fotovoltaik wird an unzähligen Orten dezentral oder auch zentral fernab vom Verbrauch z. B. in dünnbesiedelten Gegenden mit großen Windparks an Land oder in Offshore-Windparks auf dem Meer produziert. Solarstromanlagen speisen nun auf den unteren Netzebenen in die Stromnetze ein, so dass die Stromnetze zunehmend auch bidirektionale Stromflüsse bewältigen müssen. Neue und zunehmende Herausforderungen für ein stabiles Stromnetz sind daher der Ferntransport großer Mengen an Windstrom aus dem Norden und Nordosten Deutschlands in die Verbrauchszentren im Süden und Südosten, sowie die Aufnahme und Verteilung von zunehmenden Mengen an Solarstrom, je nach Wetterlage und Tageszeit stark schwankend.

Angesichts der notwendigen großen Transformation des Energiesystems zum annähernd vollständig regenerativen Energiesystem bis 2050 ist es ein großer Erfolg der Geschichte der erneuerbaren Energie der letzten Dekade, dass es gelungen ist, rechnerisch bereits ein Fünftel des Strombedarfs in Deutschland durch regenerative Energiequellen bereitzustellen. Nun gilt es, gleichzeitig den weiteren Aufbau der Erneuerbaren Stromerzeugung und die Anpassung der notwendigen Infrastruktur in den nächsten beiden Dekaden zu bewältigen. Das heißt insbesondere: Um- und Ausbau der Stromnetze, Einführung intelligenter Steuerungsmöglichkeiten und passender Speichertechnologien bei bestmöglicher Wahrung der Interessen der Anwohner neuer Leitungen, neuer Erzeugungs- und Speicherstandorte sowie Erhalt hoher naturschutzfachlicher Standards.

Neben einer Optimierung des bestehenden Stromnetzes ist auch der Bau neuer „Stromautobahnen“ über die Grenzen von Bundesländern hinaus und durch die ganze Republik notwendig. Aber der Bau großer neuer Stromleitungen ist oft langwierig und stößt vielerorts auf Proteste. Die Planung einer Höchstspannungsleitung dauert heute nicht selten zehn Jahre und länger, es sind dabei verschiedene naturschutzfachliche Schutzgüter und Rechte Betroffener bestmöglich miteinander abzuwägen. Zunehmend fordern Bürgerinnen und Bürger, frühzeitig in die Entscheidung über den Trassenverlauf und die Wahl der Technologie mit

einbezogen zu werden, z. B. hinsichtlich der Frage nach der Verlegung als Freileitung oder mittels Erdkabel.

Die Herausforderungen für den Umbau unseres Energiesystems sind also sehr komplex, es gibt viele Betroffene und noch mehr Konfliktlinien. Um gemeinsam mit allen Beteiligten Wege zu entwickeln, wie der Um- und Ausbau des Stromnetzes in Deutschland möglichst zügig, konfliktarm und naturverträglich von statten gehen kann, hat die Deutsche Umwelthilfe 2008 das Forum Netzintegration Erneuerbare Energie ins Leben gerufen, das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert wird. Ende 2010 hat das Forum Netzintegration Erneuerbare Energien den „Plan N – Handlungsempfehlungen zum regional und naturschutzfachlich akzeptablen Umbau der Stromnetze“ vorgestellt (DUH 2010) und begleitet seither im Austausch mit unterschiedlichen Akteuren und Betroffenen den Infrastrukturumbau für ein erneuerbares Energiesystem in Deutschland.

### **Das Stromnetz – verschiedene Netzebenen, viele Akteure**

Grob lässt sich das deutsche Stromnetz in ein Übertragungsnetz (Höchstspannungsebene) und ein Verteilungsnetz (Nieder- Mittel- und Hochspannungsebene) unterteilen. Das deutsche Übertragungsnetz wird von vier Übertragungsnetzbetreibern betrieben, das deutsche Verteilungsnetz hat dagegen fast 900 Verteilungsnetzbetreiber. Strom kann mittels Wechsel- bzw. Drehstrom (AC, alternating current) oder Gleichstrom (direct current, DC) übertragen werden. Das deutsche und europäische Stromnetz wird zu weiten Teilen mit Drehstrom betrieben, was den Vorteil hat, dass sich der Strom einfach von einer Spannungsebene auf eine höhere oder niedrigere Spannungsebene umwandeln lässt. Die Kombination mit Gleichstrom ist grundsätzlich unter bestimmten Bedingungen möglich, wird aber bisher nur für den Stromfernttransport über Seekabel und die Anbindung von Offshore Windparks angewandt. Generell kann die Stromübertragung (unabhängig davon, ob als Gleich- oder als Wechselstrom) entweder mittels auf Masten gespannten Freileitungen oder unterirdisch über Erdkabel (bzw. Seekabel) erfolgen.

Auf der Nieder- und Mittelspannungsebene (bis 60 kV) wird heute der Großteil der Leitungen mit Erdkabeln verlegt, die auf diesen Spannungsebenen ungefähr gleich viel kosten wie Freileitungen. Auf der Hochspannungsebene (110 kV) sind Erdkabel heute etwa doppelt so teuer wie Freileitungen, aber bisher kaum eingesetzt. Nach einer Gesetzesnovelle vom Sommer 2011 sollen alle zukünftig gebauten Hochspannungsleitungen unter bestimmten Bedingungen, insbesondere wenn die Mehrkosten den Faktor 2,75 nicht übersteigen, unterirdisch verlegt werden (§ 43h, EnWG). Wie sich die Umsetzung gestaltet, muss sich allerdings noch herausstellen.

Auch auf der Höchstspannungsebene (220 kV bzw. 380 kV) ist die Stromübertragung auf Teilabschnitten mittels Erdkabel technisch machbar, allerdings erst wenig erprobt. Weltweit gibt es Höchstspannungs-Erdkabel mit Drehstromübertragung nur auf kurzen Teststrecken von bis zu 20 km Länge; das längste Drehstrom-Erdkabel ist mit rund 38 km Länge in Japan in einem Tunnel verlegt. Auch in Deutschland sollen 380-kV-Erdkabel-Teilstücke auf vier Pilotstrecken im Höchstspannungsnetz getestet werden.



Abb. 1: Hoch- und Höchstspannungs-Freileitungen (Foto: DUH/L. Becker)

## **Planung und Genehmigung von Hoch- und Höchstspannungs-Stromleitungen**

Um den Netzausbau zu beschleunigen wurde 2009 das Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) verabschiedet. Das Gesetz benennt insgesamt 24 Höchstspannungsleitungen in Deutschland von vordringlichem Bedarf. Das bedeutet, dass die Frage der Notwendigkeit der Leitungen im Planungs- und Genehmigungsverfahren vorausgesetzt wird. Zur Beschleunigung der Verfahren wurde die gerichtliche Klagemöglichkeiten für betroffene Bürgerinnen und Bürger eingeschränkt (§ 50 Abs. 1 Nr. 6 VwGO). Allerdings ermöglicht das EnLAG für vier Pilotstrecken die unterirdische Teilverkabelung von Höchstspannungsleitungen. Damit wurde eine Forderung vieler Anwohner und Kommunen von geplanten Hoch- und Höchstspannungs-Freileitungen aufgegriffen, die eine unterirdische Verlegung fordern. Die Teilerdkabel-Technologie, die bislang auf der Höchstspannungsebene aus ökonomischen, technischen und systemtechnischen Gründen nur im Ausnahmefall und auf sehr kurzen Abschnitten eingesetzt wurde, soll mit diesen Pilotprojekten weiter getestet werden. Bis Mai 2012 wurden von den insgesamt im EnLAG benannten 1.834 Trassenkilometern 214 km und damit 12 % realisiert (BUNDESNETZAGENTUR 2012).

## **Neues Planungsverfahren für zentrale Stromautobahnen**

Im Sommer 2011 wurde im Rahmen der Energiewende das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) novelliert. Um den Ausbau des Strom-Übertragungsnetzes schneller voranzutreiben und eine höhere Akzeptanz in den vom Ausbau betroffenen Regionen zu erreichen, wurde zudem das Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG) verabschiedet. Für prioritäre Netzausbauprojekte, so genannte „Stromautobahnen“, wird die Planung von der Länder- auf die Bundesebene verlagert. Für diese Strecken führt zukünftig die Bundesnetzagentur (BNetzA) die Bundesfachplanung und mit Zustimmung des Bundesrates auch die Planfeststellung durch.

Bei der neuen bundesweiten Stromnetzplanung nach dem Energiewirtschaftsgesetz, die auch europarechtlich gefordert ist, wird zunächst der ungefähre Verlauf der „Stromautobahnen“ grob festgelegt, um im anschließenden Verfahren Zeit zu sparen. Dafür haben die vier Übertragungsnetzbetreiber in einem ersten Schritt einen Szenariorahmen erarbeitet, der die zukünftigen für Netzplanungen notwendigen Annahmen, beispielsweise über den Energieverbrauch und den Kraftwerkspark, abbildet. Der Szenariorahmen bildet die Grundlage für den nationalen Netzentwicklungsplan (NEP), der von den Übertragungsnetzbetreibern gemeinsam entworfen wurde und erstmals am 30. Mai 2012 zur öffentlichen Konsultation gestellt wurde. Laut diesem Entwurf für den Netzentwicklungsplan Strom 2012 sind neben Aufrüstungen von bestehenden Höchstspannungs-Stromtrassen auch der Neubau von 1.700 Kilometern 380-kV-Drehstromleitungen bis 2022 zu erwarten, sowie darüber hinaus noch 4 Trassen an neuen Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ) mit einer Länge von 2.100 Kilometern (ÜBERTRAGUNGSNETZBETREIBER 2012). Der Entwurf des nationalen Netzentwicklungsplanes wird nach der öffentlichen Konsultation durch die Übertragungsnetzbetreiber überarbeitet, der Bundesnetzagentur als zuständiger Behörde vorgelegt, anschließend noch einmal öffentlich konsultiert und schließlich durch die Bundesnetzagentur genehmigt. Zeitgleich führt die Bundesnetzagentur eine Strategische Umweltprüfung durch (UMWELTBERICHT 2012, BUNDESNETZAGENTUR 2012 II). Der Netzentwicklungsplan Strom soll bis Ende 2012 vom Bundestag als Bundesbedarfsplan beschlossen werden.

## **Naturschutz bei der Planung neuer Stromtrassen**

Naturschutzfachliche Fragen und das Naturschutzrecht spielen bei den Planungen für eine neue Stromleitung eine wichtige Rolle. Hier geht es vor allem um die Vermeidung von sensiblen Ökosystemen und ausgewiesenen Schutzgebieten bei der Trassenführung, aber auch um artenschutzrechtliche Fragen, wie zum Beispiel die Vermeidung der Gefährdung von Vögeln durch Freileitungen oder der Schutz des Lebensraums gefährdeter Arten.

## **Anwohnerinteressen beim Stromnetz- und -ausbau**

Anwohner von geplanten Leitungstrassen protestieren häufig gegen den Neubau von Höchstspannungsleitungen in ihrer Umgebung. Sie fürchten Auswirkungen der neuen Leitungen auf ihre Gesundheit durch elektro-magnetische Felder, sowie die Störung des Landschaftsbildes in der Umgebung. Viele Anwohner sehen ihr Wohnumfeld durch die bestehenden rechtlichen Regelungen nicht ausreichend geschützt. Zwar fordert die 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (26. BImSchV) die Einhaltung von Grenzwerten bezüglich elektromagnetischer Felder, um vor nachgewiesenen negativen Gesundheitsauswirkungen

zu schützen. Allerdings werden diese Grenzwerte, die meist sogar im Falle der direkten Überspannung von Häusern eingehalten werden, von vielen Anwohnern als unzumutbar angesehen. Gleichzeitig gilt der Planungsgrundsatz der Bündelung, der beim Neubau von Stromleitungen oft zu höherer Belastung von Anwohnern vorhandener Stromleitungen führt.

Anwohnerinteressen und Naturschutzinteressen können an bestimmten Trassenabschnitten durchaus gegenläufig sein. Denn in Fällen, in denen aus natur- und artenschutzrechtlichen Gründen bestimmte Gebiete bei der Planung einer neuen Leitungstrasse gemieden werden, ergibt sich mitunter eine stärkere Annäherung der Leitung an Höfe und Siedlungen. Es gilt also, einen möglichst optimalen Ausgleich der abzuwägenden Interessen auch unter Einbeziehung verschiedener Technologieoptionen zu erreichen. Denn der Erfolg der Energiewende und des Ausbaus der Erneuerbaren Energien hängt davon ab, dass wir die notwendige Infrastruktur aufbauen, ein gemeinsames Verständnis für die Notwendigkeit stabiler Netze, Speicher und Regelungsmöglichkeiten erreichen und gleichzeitig neue Regelungen mit hohem naturschutzfachlichen Standard finden, die die Interessen von Anwohnern an den Leitungen besser berücksichtigen.

Künftig werden alle Beteiligten und Betroffenen des Stromnetzausbaus in Deutschland zu Kompromissen bereit sein müssen: Netzbetreiber und Planungsbehörden müssen die Ausbaupläne transparent machen und verständlich erklären, warum die Leitungen für das erneuerbare Energiesystem gebraucht werden. Bürgerinnen und Bürger sollten sich aktiv einbringen und bereit sein, auch über die eigenen Grundstücksgrenzen hinaus zu blicken. Und auch Naturschützer sollten sich der Diskussion um neue Anforderungen an Gebiets- und Artenschutz für die Transformation der Energiesysteme stellen. Vielleicht lassen sich ungeahnte Naturschutzpotentiale auf Stromleitungstrassen entdecken...

## **Literatur:**

Aktuelle Versionen der Gesetze und Verordnungen sind unter [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de) verfügbar.

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN 2012: Entwicklung des Anteils der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland, Stand: 3/2012;  
<http://www.unendlich-viel-energie.de/>

BUNDESNETZAGENTUR 2012: Stand der vordringlichen Stromtrassen gemäß Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG), Stand: 07.05.2012; <http://www.netzausbau.de>

BUNDESNETZAGENTUR 2012 II: Entwurf des Umweltberichts zum Bundesbedarfsplanentwurf 2012, <http://www.netzausbau.de>

BUNDESREGIERUNG 2010: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, 28. September 2010;  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept\\_bundesregierung.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf)

DUH 2010 (Hrsg): Plan N – Handlungsempfehlungen an die Politik, Stand: November 2010;  
<http://www.forum-netzintegration.de/123/>

ENLAG: Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen, 21.08.2009, „das durch Artikel 5 des Gesetzes vom 7. März 2011 (BGBl. I S. 338) geändert worden ist“

ENWG: Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung, 07.07.2005, „das zuletzt durch Artikel 22 des Gesetzes vom 24. November 2011 (BGBl. I S. 2302) geändert worden ist“

NABEG: Gesetz über Maßnahmen zur Beschleunigung des Netzausbaus Elektrizitätsnetze, Artikel 1, vom 28. Juli 2011

ÜBERTRAGUNGSNETZBETREIBER 2012: Netzentwicklungsplan Strom 2012, Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber, Stand: 30.05.2012, 2. Entwurf Stand: 15.08.2012; <http://www.netzentwicklungsplan.de>

SRU (2011): Sachverständigenrat für Umweltfragen, Sondergutachten: Wege zur 100% erneuerbaren Stromversorgung, Erscheinungsdatum 06.07.2011; [http://www.umweltrat.de/DE/Themen/NachhaltigeStromversorgung/nachhaltigestromversorgung\\_node.html](http://www.umweltrat.de/DE/Themen/NachhaltigeStromversorgung/nachhaltigestromversorgung_node.html)

VwVfG: Verwaltungsverfahrensgesetz, 23. Januar 2003, „das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 1 des Gesetzes vom 14. August 2009 (BGBl. I S. 2827) geändert worden ist“

BlmSchV: Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BlmSchV), vom 16.12.1996

# Landschaftsveränderungen im Spiegel der Geschichte – Wie gravierend ist die Transformation von Energielandschaften?

Jürgen Peters

## 1 Einleitung

Die landschaftlichen Umbrüche, die mit dem als „Energiewende“ bezeichneten Ausbau der Erneuerbaren Energien verbunden sind, werden häufig als beispiellos in der Geschichte dargestellt. Bürgerinitiativen wettern gegen die scheinbar unwiederbringliche „Zerstörung der Kulturlandschaft“. Der Spiegel machte den „Windmühlenwahn“ zum Titel einer Ausgabe (DER SPIEGEL 14/2004).

Im folgenden Beitrag soll gezeigt werden, wie sich dieser **Transformationsprozess** in der **Geschichte der Landschaftsentwicklung einordnen** lässt. Ausgangspunkt sind folgende Fragen:

- Sind die Auswirkungen auf die Landschaft tatsächlich so beispiellos wie häufig behauptet wird?
- Welche Transformationsprozesse waren in der Vergangenheit für die Landschaftsentwicklung wesentlich und wie haben sich diese ausgewirkt?
  - Was waren die Motive und mit welchen Mitteln wurden die Maßnahmen durchgesetzt?
  - Wie wurden die Veränderungsprozesse in der Bevölkerung wahrgenommen?

Und als Schlussfolgerung aus diesen Fragen: Wie substanziell oder wie reversibel sind die Landschaftsveränderungen durch die Energiewende tatsächlich?

## 2 Landschaftliche Transformationsprozesse in der Geschichte

Wir wissen erstaunlich wenig über die landschaftsverändernden Siedlungsprozesse im frühen Mittelalter. Die Kartographie vermittelt erst seit Beginn des 19. Jahrhunderts mit den flächendeckend im Maßstab 1:25.000 vorliegenden Urmeßtischblättern ein bereichsscharfes Bild der Landschaft. Frühere Kartenwerke sind in der Regel kleinmaßstäblicher und fehlerhaft. Ihre Interpretation ist nur in Kombination mit Akten und anderen schriftlichen historischen Dokumenten möglich. Wichtige Erkenntnisse kommen aus der Bodenkunde (vgl. Bork et al. 1998) in Verbindung mit der Vegetationskunde (vgl. ZIEGENHAGEN, ULRICH & WULF 2000). Aus der Schichtung des Bodens und durch Pollenanalysen lassen sich aufschlussreiche Erkenntnisse über Naturereignisse, Siedlungsprozesse und historische Landnutzungen gewinnen. Interessante Erkenntnisse lassen sich aber auch aus der Landschaftsmalerei ziehen. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass Landschaftsgemälde idealisierte Kompositionen sind. Man kann jedoch davon ausgehen, dass die dargestellten Landschaftselemente der tatsächlichen zeitgeschichtlichen Erfahrungswelt des Malers entsprechen und somit einen realistischen Eindruck der Landschaft vermitteln.

## 2.1 Zurückdrängung des Waldes durch die mittelalterliche Landnahme ab dem 13. Jahrhundert

Nach heutigen Erkenntnissen kann man davon ausgehen, dass Deutschland vor dem 12. Jahrhundert noch zu einem großen Teil von Waldflächen bedeckt war, die ca. 90 % der Landesfläche ausmachten. Die Siedlungen waren als Rodungsiseln im Wald verstreut. Eine massive Zunahme von Rodungstätigkeiten gab es erstmals im **12./13. Jahrhundert** im Zusammenhang mit Siedlungsgründungen, die, im Zuge der Landnahme, vor allem östlich der Elbe strategisch mit Neusiedlern aus westlichen und südlichen Regionen durchgeführt wurden. Durch Bevölkerungswachstum kam es zudem zu einer generellen Siedlungsflächenerweiterung. Hiermit war eine erhebliche Zunahme des Ackerlandes verbunden, zu Lasten ehemaliger Waldflächen. Schenk geht davon aus, dass im 12.-15. Jahrhundert der Höhepunkt der Waldrodungen in Mitteleuropa erreicht war. Nicht nur die Waldfläche nahm in dieser Periode erheblich ab, auch der Zustand der Wälder verschlechterte sich durch die mit dem Siedlungsdruck verbundene Übernutzung des Waldes als Ressource für Brenn- und Bauholz. Die erste große **Holz-** und damit auch **Energiekrise** zeichnete sich ab (SCHENK 2011). Die Landschaft im Mittelalter muss man sich demnach als kleinteiliges Nutzungsgeflecht aus schmalen Ackerflächen, gemeinschaftlich genutzten Wiesen und Bauernwald vorstellen. Intensive Brennholzgewinnung und Laubstreuentnahme für die Viehwirtschaft und als Dünger für den Ackerbau führten zu einer Devastierung der Wälder, die in den historischen Karten häufig auch als „Heide“ bezeichnet werden. Die intensive Nutzung der Wälder als häusliche Energiequelle hielt – mit Ausnahme einer kurzfristigen Erholung für die Wälder durch den Bevölkerungsrückgang im 30-jährigen Krieg – bis zum sogenannten fossilen Zeitalter an, als die Kohle und später das Erdöl Holz als Brennstoff ablösten. Das Gemälde von Jean-François Millet (Abb.1) zeigt anschaulich die Mühsal der Energiegewinnung in dieser Zeit.

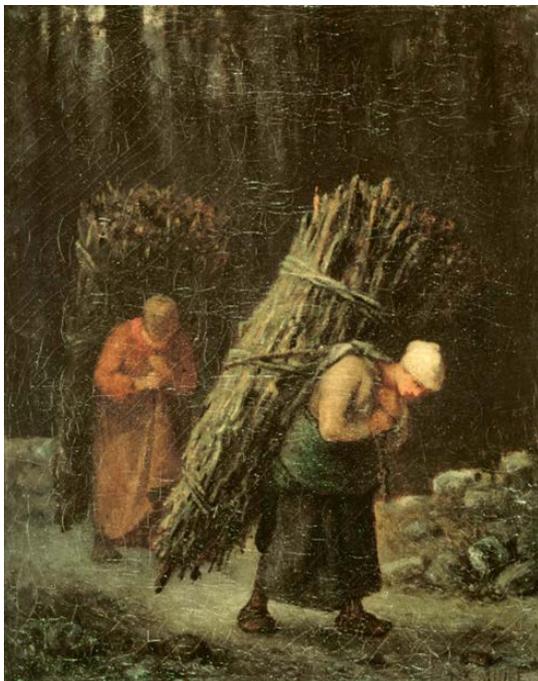


Abb. 1: Jean-François Millet: „Bäuerinnen mit Reisig“ ca. 1858 (dt.: Reisigbündel-Träger)

Auf der Mercatorkarte von 1569 ist der kleinteilige, häufig unscharfe Wechsel zwischen Offenlandflächen und Waldflächen erkennbar (vgl. Abb. 2). Die heutige strikte Trennung zwischen forstwirtschaftlich genutzten Flächen und Grün- oder Ackerland war zu Zeiten der Waldweidewirtschaft nicht üblich. So haben sich die Grenzen der Waldflächen auch im Laufe der Zeit verschoben.



Abb. 2: Bäuerliche Kulturlandschaft im 16. Jahrhundert. Quelle: Mercatorkarte von 1569 – Ausschnitt Havelland

Die Brennholzgewinnung in den Bauernwäldern geschah üblicherweise nicht als großflächiger Kahlschlag, sondern durch das Abschlagen einzelner Stämme und Äste in Kniehöhe über dem Boden. Hierdurch wurden austriebsfähige Bäume, wie Hasel, Hainbuche oder Eiche gefördert. Die Bäume verzweigten sich vielfach oberhalb des Wurzelstocks. Durch den regelmäßigen Schnitt erreichten sie meist nicht ihre Endgröße, man spricht daher von der „**Niederwaldwirtschaft**“. Eine gewisse Renaissance erlebte die Niederwaldwirtschaft nach dem Zweiten Weltkrieg, als die Menschen im Umland der großen Metropolen erneut auf Holz als Energiequelle angewiesen waren.

Die Abb. 3 zeigt einen Niederwald, der durch die intensive Brennstoffgewinnung nach dem Zweiten Weltkrieg in den 1950er Jahren entstanden ist, als viele ehemalige Bewohner Hamburgs ihre ausgebombten Wohnungen verlassen mussten und im Rosengarten südlich von Hamburg ihr Wochenenddomizil als Dauerwohnung ausbauten.



Abb. 3: Reliktischer Niederwald im Rosengarten bei Hamburg 2012\_05 © J. Peters

## 2.2 Beginnende Industrialisierung und Holzkrise im 17./18. Jahrhundert

Zu einer zweiten Holzkrise kam es im 16.-18. Jahrhundert, als durch die Zunahme des energieintensiven Gewerbes im Mittelalter der Druck auf die Energieressource Holz erheblich zunahm. Der Betrieb von

- Köhlereien
- Teeröfen
- Pottascheproduktion
- Töpfereien
- Ziegeleien
- Kalkbrennereien
- Glashütten
- Metallgießereien
- Raseneisenstein und
- Salzsiedereien

hat enorme Holzmengen verschlungen. Die Glasproduktion war vom 17. bis 18. Jahrhundert einer der wichtigsten Wirtschaftsfaktoren in Brandenburg. Allein in diesem Bundesland wurden 75 Glashütten betrieben. Wesentlich hierfür war ein ausreichender Waldbestand. Aus Akten wird deutlich, dass die Wälder im Umkreis der Glashütten erheblich dezimiert waren. Glashütten wurden nach der Ausbeutung der Wälder am bisherigen Standort demontiert und in neuen walddreicheren Gegenden wiederaufgebaut. SCHMIDT (1998, 230) beschreibt das

Beispiel der Verlegung einer Glashütte im Jahre 1787 aus der Uckermark nach Pommern. Ab dem Ende des 18. Jahrhunderts wurde zunehmend auch schlesische Kohle für die Befuerung der Glashütten verwendet. Hier deutet sich bereits ein Wandel hin zum fossilen Zeitalter an (SCHMIDT 1998, 230).

Eine spezielle Form der Holznutzung war die Gewinnung von Pottasche. Hierzu wurde ein „alter Baum in einer Höhe von sechs Fuß ausgehöhlt. In dieser Höhle (wurde) ein Feuer entzündet, welches den ganzen Baum verbrennt und in Asche verwandelt“ (SCHMIDT 1998, 230 – nach: AGRICOLA 1556). 200 ha Wald waren nötig, um eine Tonne Pottasche zu produzieren. Die Pottasche wurde hauptsächlich im Winter oder während einer Trockenphase im Sommer hergestellt, bevorzugt aus Eichen, Buchen oder Fichten. Um 1745 wurden die Pottasche-Siedereien in der Uckermark aufgegeben, weil nicht mehr genügend Buchen vorhanden waren (SCHMIDT 1998, 230/231).

Ein weiteres wichtiges Produkt war Teer oder Pech. Hierzu wurde harziges Kiefernholz verwendet. Insbesondere wurden die Wurzelstöcke von alten Kiefern zu Teer oder Pech verarbeitet (EBD., 230ff).



Abb. 4: Wasserkraft als Standortfaktor für die Entwicklung der Industrie – Gemälde von Carl Blechen (1798 -1840) „Walzwerk Eberswalde“

Ein wesentlicher Standortfaktor für die Entwicklung der Industrie im 18. Jahrhundert war, neben dem Wald als Rohstoff und Energiequelle, die **Wasserkraft**. Fließgewässer wurden aufgestaut, um Mühlen und Hammerwerke zu betreiben. Ein Beispiel hierfür ist der Finowkanal bei Eberswalde. Schon im 16. Jahrhundert ist das Finowtal ein Zentrum der metallverarbeitenden Frühindustrie. Hierbei ist Holz als Brennstoff wesentlich und Wasser als Antriebskraft für den Blasebalg oder die Hämmer. Daher war diese walddreiche Niederung prä-

destiniert für metallverarbeitendes Gewerbe. Raseneisenstein als Rohstoff für die Metallindustrie wurde durch den großflächigen Abtrag der oberen Bodenschichten gewonnen. Für die Gewinnung von Brennholz wurde der Wald im Umfeld der Industrien erheblich dezimiert (SCHMIDT 1998, 226). Der zum Kanal ausgebaute Finow-Fluss hatte eine wichtige Funktion als Transportweg zur Belieferung der Werke mit Rohstoffen und zum Abtransport der gefertigten Produkte. Vor allem aber diente der Kanal mit seinen 12 Staustufen, die einen Höhenunterschied von 36 m überwand, als wesentliche Energiequelle. Der Standort war für die Metallverarbeitung so bedeutsam, dass man im 19. Jahrhundert vom „Märkischen Wuppertal“ sprach. Karl Blechen hat als einer der ersten Maler dieses Genres der Industriemalerei das Walzwerk Eberswalde in einem Bild festgehalten (Abb. 4).

Es fällt auf, dass die Landschaft, abgesehen von einzelnen Pappeln, durch die intensive Ufernutzung fast vegetationsfrei ist. Daneben sieht man in der Abbildung 5 den heutigen Zustand der Landschaft vom selben Standort. Der Finowkanal macht heute einen sehr viel naturnäheren Eindruck. Durch die Aufgabe der industriellen Nutzung hat sich entlang des Gewässers in den letzten Jahrzehnten ein dichter Schilf- und Gehölzsaum entwickelt. Biber und Eisvogel sind hier wieder heimisch. Das Beispiel macht deutlich, dass Landschaftsentwicklungen nicht zwangsläufig nur in Richtung einer zunehmenden kulturellen Überprägung verlaufen müssen.



Abb. 5: „Blechenhaus“ am Finowkanal (LK Barnim) heute © J. Peters

### 2.3 Entwässerung und Geometrisierung der Landschaft seit dem 18. Jahrhundert

Eine weitere wichtige Zäsur in der Landschaftsentwicklung des frühen 19. Jahrhunderts war die Agrarreform. Hierbei wurde im Rahmen einer umfassenden Flurbereinigung die bisherige kleinteilige Dreifelderwirtschaft mit den schmalen Gewinnfluren (vgl. Abb.6) zugunsten größerer zusammenhängender Blockflure völlig neu gestaltet.



Abb. 6: Straßenangerdorf und Plangewannflur in der Rhön – Extraditionsplan Waldberg (aus: Röhrer/Buettner 2008)

Im Vergleich der historischen Karten aus dem Oderbruch 1787 und 1875 (vgl. Abb. 7/8) kann man die zunehmende kulturelle Überprägung der Landschaft deutlich sehen. Der Umfang der Ackerflächen hat zugenommen, die naturnahen Auenwälder sind weitgehend verschwunden. Wege wurden neu angelegt, historische Wege wurden begradigt. In dieser Niederungslandschaft des Oderbruchs sind zudem zahlreiche Siedlungen neu gegründet worden. Die Trockenlegung des Oderbruchs war hierfür die Voraussetzung. Es wurden Einzelhöfe, sogenannte Lose, als Landwirtschaftsbetriebe planmäßig angelegt. Auf Friedrich II geht der Satz zurück: „Hier habe ich im Frieden eine Provinz erobert“ (in: BLACKBOURN 2006, 12). Dieses Land, das vorher einen naturnahen Zustand mit zahlreichen Altarmen der Oder aufwies, die sich nach jedem Hochwasserereignis ein neues Bett gegraben haben, wurde nach den Bedürfnissen der Landwirtschaft neu gestaltet. Fontane spricht von der „holländischen Sauberkeit“, die im Oderbruch Einzug gehalten hat und meint damit die Begradigung der Kanäle, das Roden und Urbarmachen ehemaliger Schilfgebiete und Gewässerränder. In

zeitgenössischen Schilderungen ist von einer „Geometrisierung“ der Landschaft die Rede (vgl. BLACKBOURN 2006).



Abb. 7: Das Oderbruch bei Letschin 1787 – Schmettausches Kartenwerk 1 : 50 000 – Staatsbibliothek zu Berlin / Stiftung Preußischer Kulturbesitz – Kartenabteilung

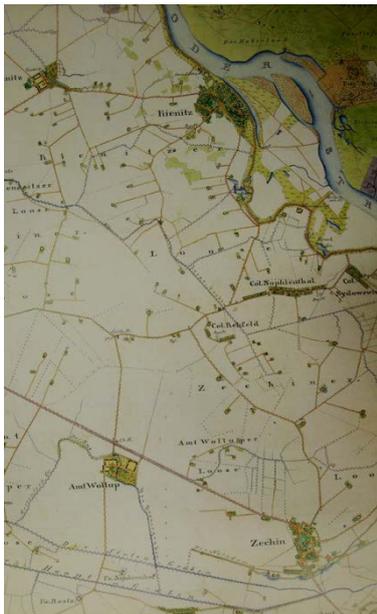


Abb. 8: Das Oderbruch bei Letschin 1857 – Preußische Kartenaufnahme 1 : 25 000 – Staatsbibliothek zu Berlin / Stiftung Preußischer Kulturbesitz – Kartenabteilung

Ähnlich dramatisch waren die Veränderungen in den großen Marschlandschaften Nordwestdeutschlands. Diese Landschaft war noch im 17. Jahrhundert eine ausgedehnte nahezu unbesiedelte Moorlandschaft. Entlang der Flüsse erstreckten sich Auwälder und Niedermoore, dazwischen gab es weite vom Regen gespeiste Hochmoorflächen. Diese vom Menschen bis

dahin fast unberührte Naturlandschaft wurde innerhalb weniger Jahrzehnte domestiziert und in eine geometrisierte Kulturlandschaft verwandelt. Die ersten Versuche, das Moor durch Brandkultivierungen in einen ackerbaufähigen Zustand zu versetzen, sind den heutigen Brandrodungen der Urwälder in Südamerika durchaus vergleichbar. Das großflächige Abbrennen des Torfes im Frühsommer führte dazu, dass monatelang schwarzer Rauch über Norddeutschland hing. Für kurze Zeit war dieses so gewonnene Ackerland als Standort für den anspruchslosen Buchweizen nutzbar, musste dann aber aufgrund fehlender Minerale brachliegen gelassen werden. Mit der Entwicklung der sogenannten „Hochmoorkultur“ wurde Ende des 19. Jahrhunderts die Oberflächenvegetation mechanisch abgetragen und das Moorgebiet tiefgründig gepflügt. Jetzt waren die Grundlagen für eine intensive landwirtschaftliche Nutzung der Marschgebiete gelegt. Hackfrüchte, wie die Kartoffel, konnten angebaut werden (BLACKBOURN 2006, 194). Fehnsiedlungen wurden nach holländischem Vorbild als lineare Siedlungen entlang der ausgehobenen Kanäle angelegt. Es entstand auch hier eine geometrisierte Landschaft mit schnurgeraden Entwässerungskanälen, einem dichten Netz von Abzugsgräben und schmalen Ackerbauflächen (Abb. 9).



Abb. 9: Marschlandschaft bei Wilhelmshaven — Foto: Martina Nolte 2012 / Lizenz: Creative Commons CC-by-sa-3.0 de <http://www.google.de>

Eine weitere maschinengerechte Geometrisierung und Nutzungsintensivierung der agrarisch geprägten Kulturlandschaft gab es in den 1960er und 1970er Jahren, sowohl auf dem Gebiet der ehemaligen DDR, als auch in der Bundesrepublik. Unter dem Begriff der Komplexmelioration (DDR) oder Flurbereinigung (BRD) wurde eine Zusammenlegung und eine Vergrößerung der Agrarschläge bezeichnet, bei der in einem bis dahin nicht gekanntem Ausmaß landschaftliche Kleinstrukturen wie Weiher, Gehölzinseln und Hecken, aber auch historisch-an-

thropogene Strukturen, wie alte Dorfverbindungswege, Wölbäcker oder Streuobstflächen radikal beseitigt worden sind (Abb. 10/11).



Abb. 10: Historische Kulturlandschaft bei Buckow (Naturpark Märkische Schweiz) 2011, © J. Peters



Abb. 11: Ausgeräumte Agrarlandschaft bei Vierraden (Uckermark) 2011 © J. Peters

## 2.4 Flussbegradigung und Nutzung der Wasserkraft im 20. Jahrhundert

Die **Begradigung der großen Flüsse** Rhein, Donau, Elbe und Oder, und deren Festlegung in einem kanalisiertem Bett wurde im aufklärerischen Geist des 19. Jahrhunderts als kulturelle Leistung gewürdigt (s. Abb. 12/13): „So ist der Mensch die Krone der Geschöpfe, und dass er Herr der ganzen Erde ist, davon zeugt die Erde selbst. (...) Seine Kanäle, seine Eisenbahnen durchfurchen die Erde, mit seinem Pulver springt die ganze Erde weg und stürzt sie um; über die höchsten Berge baut er Straßen (...). Einöden verwandelt er in städtereiche Staaten oder in fruchtbares Ackerland (...).“ (Zitat von: Louis Thomas 1860; in: Blackbourn 2006: 217). Allerdings gab es schon damals kritische Stimmen, die diese „Gängelung der Natur“ kritisierten. Hierzu gehörte auch Friedrich Nietzsche: „Hybris ist heute unsere ganze

Stellung in der Natur, unsere Naturvergewaltigung mit Hilfe der Maschinen und der so unbedenklichen Techniker und Ingenieur- Erfindsamkeit“ (zitiert in: BLACKBOURN 2006, 219).



Abb. 12: Naturnaher Fluss in Masuren 1985 © J. Peters



Abb. 13: Ausgebauter Main bei Miltenberg (Franken) 2012 © J. Peters

Die Möglichkeiten zur **Nutzung der Wasserkraft** war zwar schon im Mittelalter bekannt, als kleine Wassermühlen die Energie für Sägereien, Kornmühlen und Hammerwerke bereit-

stellten, die Situation änderte sich allerdings grundlegend, als es durch ingenieurwissenschaftliche Fortschritte möglich wurde, große Talsperren (Abb.14) zu bauen.



Abb. 14: Innerste-Talsperre im Harz – 2012 © J. Peters

BLACKBOURN spricht in diesem Zusammenhang von einer **hydrologischen Revolution**. Um die Jahrhundertwende vom 19. zum 20. Jahrhundert gab es zahlreiche Projekte für Staudämme und Talsperren, die mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllen sollten:

- Bannung der Hochwassergefahr der Mittelgebirgsflüsse
- Regulierung der Wasserführung im Unterlauf der Flüsse als Voraussetzung für die Schifffahrt
- Bereitstellung von Trinkwasser für die Städte
- Energiequelle zur Stromversorgung

In Abgrenzung zur schmutzigen, durch rauchende Schloten gekennzeichneten Braun- und Steinkohle, wurde die Wasserkraft in den Anfängen des Staudammbaus glorifizierend als „weiße Kohle“ bezeichnet. Die Bedeutung der Wasserkraft als Energiequelle stieg erheblich, als es möglich war, durch Starkstromleitungen die Orte der Energieerzeugung mit den Abnehmern, den Industriegebieten in Deutschland, zu verbinden. Der Bau von Staudämmen bedeutete aber nicht nur die Bereitstellung sauberer Energie, Voraussetzung war eine planmäßige und großflächige **Überflutung historisch gewachsener Talräume** in den Mittelgebirgsregionen. Ähnlich der heutigen Situation beim Bau des Drei-Schluchten-Dammes am Yangtse-Fluß in China wurden auch in den deutschen Mittelgebirgsregionen ganze Dörfer,

meist gegen den Willen ihrer Bewohner, umgesiedelt. Zahlreiche Bauernfamilien haben ihre Existenz verloren, ebenso die Mühlenbesitzer entlang der Bachläufe.

Der Bau von Staudämmen war einer der erheblichsten Eingriffe in das Gewässersystem, mit der Folge der großflächigen Veränderung von Grundwassersystemen im Ober- und Unterlauf der Flüsse. Es entstand allerdings auch, und das ist das **Paradoxon** dieser Eingriffe, eine Natur aus zweiter Hand. So sind einige Stauseen heute FFH-Lebensraumbiotope und wichtige Lebensräume zahlreicher Wasservögel.

Allerdings reichte die Wasserkraft bei weitem nicht aus, um den enorm wachsenden Energiebedarf der aufstrebenden Industrienationen zu befriedigen. Wichtigste Energiequellen im 20. Jahrhundert waren zunächst Braun- und Steinkohle, die in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts durch Erdöl und Erdgas abgelöst worden sind.

## 2.5 Totalverlust von Landschaften durch den Kohlebergbau im 20. Jahrhundert

Am Beispiel der Entwicklung des Braunkohletagebaus kann die Dimension der Landschaftszerstörung durch den **Abbau fossiler Energiequellen** deutlich gemacht werden. Die Nutzung von Braunkohle als Brennstoff ist zwar schon im Mittelalter üblich gewesen, allerdings beschränkte sich ihr Abbau auf kleine Schachtanlagen, die in Handarbeit betrieben wurden. Erst mit der Entwicklung des Eisenbahnnetzes ab 1867 kam es zu einer strategischen Ausbeutung großflächiger Tagebaugruben.



Abb. 15: Braunkohletagebau in der Lausitz (Brandenburg) 2009 © I. Duncker

Eine weitere Voraussetzung war der Ausbau des Stromnetzes. Mit dem Bau der ersten Hochspannungsleitung in Deutschland 1912 in der Lausitz wurde es möglich, die Kohle in großen Kraftwerken vor Ort zu verbrennen und den produzierten Strom über weite Strecken zu verteilen. Die Braunkohle war in der DDR zu 60 % der wichtigste Primärenergieträger. Allein in den Jahren 1955-1960 wurden in der Lausitz 17 neue Tagebaue erschlossen. Die DDR entwickelte sich damit zum größten Braunkohleproduzenten der Welt (POPPE et. al. 2005, 45). Durch die betriebsbedingten Grundwasserabsenkungen hatte der Braunkohlentagebau erhebliche Wirkungen auf die Landschaft, die weit über die eigentlichen Tagebauflächen hinausgingen. So sind im großen Umfang Feuchtgebiete trockengelegt worden, ehemalige Feuchtbiotope wurden in Ackerland umgewandelt. Mit dem Tagebau sind erstmalig in der Geschichte großflächig **Kulturlandschaften** völlig **ausradiert** worden (Abb. 15). Es gibt in diesen Landschaftsräumen keine Spuren mehr, die auf die historische Besiedlung der slawischen Zeit oder des Mittelalters hindeuten.

## 2.6 Zunehmender Flächenverbrauch durch Siedlungen und Verkehr

Unabhängig von der Landschaftsveränderung durch die verschiedenen Formen der Energiegewinnung sind das **Wachstum der Städte** und die damit verbundenen **Suburbanisierungsprozesse** wesentliche Faktoren, die das Landschaftsbild in den letzten 50 Jahren maßgeblich verändert haben. Die Zunahme der Flächeninanspruchnahme durch Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen hält unvermindert an. Gesichtslöse Gewerbegebiete und Einfamilienhausgebiete am Rand der Städte prägen heute die Kulturlandschaft in den suburbanen und verstäderten Räumen (s. Abb. 16).



Abb. 16: a (li.) / b (re): Gewerbegebiet und Einfamilienhausgebiet in Eberswalde (LK Barnim) 2011 © Jan Peters

Ein wesentlicher treibender Faktor ist hierbei die Veränderung der Lebensstile mit einer Zunahme des Wohnflächenbedarfs pro Individuum. Die Individualisierung der Gesellschaft mit einer Zunahme von Einpersonenhaushalten führt dazu, dass der durchschnittliche Wohnraumbedarf immer noch erheblich steigt (Abb. 17). In einer Zeitspanne von 1960 bis heute hat sich der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil nahezu verdoppelt, unzerschnittene Landschaftsräume sind heute selten geworden.

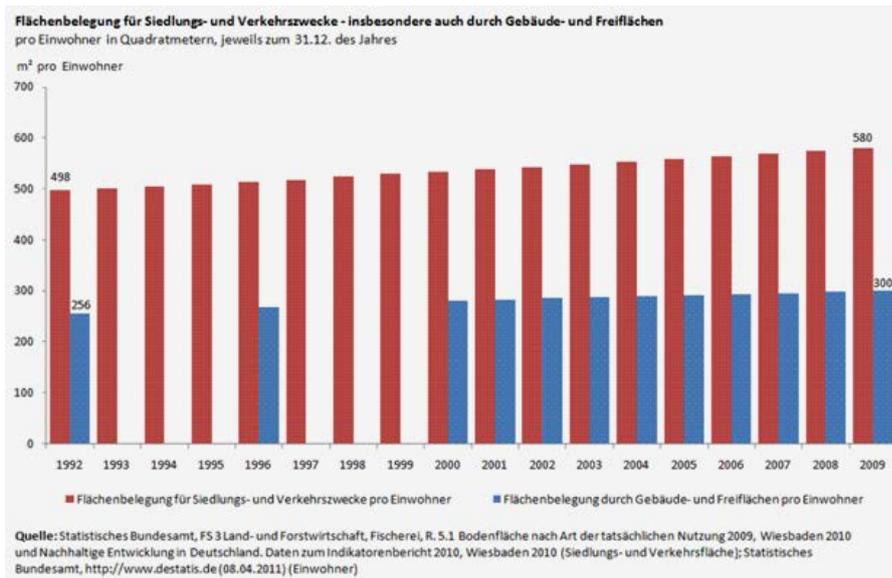


Abb. 17: Zunahme der Flächeninanspruchnahme durch Verkehrs-, Gewerbe und Siedlungsflächen

## 2.7 Ausbau der Erneuerbare Energien im 21. Jahrhundert

Der Ausbau der Erneuerbaren Energien mit einer zukünftigen 100%en Substituierung der endlichen Energieträger des 20. Jahrhunderts Öl, Kohle, Erdgas und Atom knüpft unter veränderten technologischen Bedingungen an die historischen Energiequellen an. Wie schon im Mittelalter wird auch zukünftig die **Energiegewinnung** das Bild unserer **Kulturlandschaft** wieder allgegenwärtig prägen.



Abb. 18: Geregelt Forstwirtschaft – Kiefernforst im Landkreis Barnim 2012 © J. Peters

Die Nutzung der Biomasse stößt hierbei aufgrund der Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und zu Naturschutzziele schon bald an Grenzen. Der Druck auf **Waldflächen als Energiereservoir** wird wieder zunehmen, der Grundsatz einer nachhaltigen Forstwirtschaft ist dabei ebenso zu beachten, wie das Leitbild eines multifunktionalen Waldes, der auch Naturschutz- und Erholungsfunktionen erfüllen muss. Im Unterschied zur flächenmäßig noch dominierenden, einseitig auf Holzproduktion ausgerichteten, Nadelholz-Monokultur (Abb. 18) könnte eine maßvolle Entnahme von Brennholz eine neue Mittelwaldwirtschaft, mit einer gemischten Stufung von Bäumen unterschiedlicher Altersklassen, begründen, die an historische bäuerliche Waldnutzungen anknüpft. Die Entnahme einzelner Bäume lässt Lichtungen im Wald entstehen, die sich positiv auf die Biodiversität auswirken (Abb.19).



Abb. 19: Holzentnahme zur Biomassenutzung im Forst Rosengarten (LK Harburg) 2012\_05  
© J. Peters

Die Flächeninanspruchnahme durch **Windenergieanlagen** ist im Vergleich zur Versiegelung durch Wohnbau- und Gewerbeflächen verhältnismäßig gering. Die Versiegelung durch die Fundamente der Windenergieanlagen liegt heute bei einer Fläche von ca. 13 km<sup>2</sup>; zum Vergleich: die durch Wohn- und Gewerbeflächen beanspruchten Flächen beträgt 47.422 km<sup>2</sup> (UBA 2012)!

Die landschaftlichen Wirkungen sind somit weniger substanzieller, sondern – aufgrund der in der Kulturlandschaft bisher ungewohnten Höhendimension der Windräder – in erster Linie ästhetischer Art (Abb. 20). Nach einer technisch bedingten Laufzeit von 20-25 Jahren würden nach dem Rückbau der Anlagen lediglich die Betonfundamente in der Landschaft verbleiben. Diese wirken sich in ausgeräumten Agrarlandschaften als zukünftige Trittsteinbiotope ökologisch wie ästhetisch vermutlich eher bereichernd aus. Ähnlich sind auch die langfristigen Wirkungen der Fotovoltaik zu beurteilen. Auch hier beschränken sich die substan-

ziellen Eingriffe auf die Punktfundamente der Modulträger. Derzeit werden, begünstigt durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG), v. a. ehemalige militärische oder industrielle Konversionsstandorte in Anspruch genommen, so dass die Eingriffe in das Schutzgut Boden gering sind. In einigen Fällen sind, wie in der Lieberoser Heide, sogar großflächige Boden-sanierungen im Zuge der Einrichtung von Fotovoltaikfreianlagen durchgeführt worden.



Abb. 20: Windkraftanlage im Wald bei Groß-Umstadt (Hessen) 2012 © J. Peters

Konflikte mit dem Naturschutz (Landschaftsbild und „Vogelschlag“) sind unvermeidbar. Sie lassen sich aber minimieren, wenn die Möglichkeiten der **räumlichen Steuerung** mit dem Instrumentarium der Raumordnung und der Bauleitplanung ausgeschöpft werden (vgl. PETERS 2010). Die Beachtung von Vogelzuglinien und die Berücksichtigung von Sichtbeziehungen sind wesentliche Aspekte einer vorsorgenden Planung. Dem hoffnungsvollen Zeitalter der Erneuerbaren Energien angemessen, sollten Windkraftanlagen als signifikante und sinnstiftende Elemente der Kulturlandschaft aufgefasst werden. Ihre gelungene Einbindung in die Landschaft setzt **landschaftsplanerische Konzepte** voraus, die heute allerdings noch nicht überall selbstverständlich (vgl. SCHÖBEL 2012) sind.

### 3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die heutige Energiewende

Im historischen Vergleich wird deutlich, dass die Gewinnung von Energie schon immer erheblichen Einfluss auf die Kulturlandschaft hatte. In Abb. 21 ist der zunehmende Hemerobiegrad der Landschaftsentwicklung dargestellt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die kulturelle Überprägung bis zum Ausbruch des Dreißigjährigen Krieges kontinuierlich zugenommen hat und dass es danach, in Folge des erheblichen Bevölkerungsrückgangs in Mit-

teleuropa, wieder zu einer Zunahme der Waldflächen und einer Aufgabe von grenzertragsfähigen Ackerböden gekommen ist. Etwa ab 1750 kam es dann zu einem rasanten Anstieg der Bevölkerung und wesentlichen technologischen Innovationen (Frühindustrialisierung), die dazu führten, dass der „Druck auf die Naturlandschaft“ wieder erheblich zunahm. Die Folge war ein erneuter Rückgang des Waldanteils und eine zunehmende kulturelle Überformung der Landschaft.

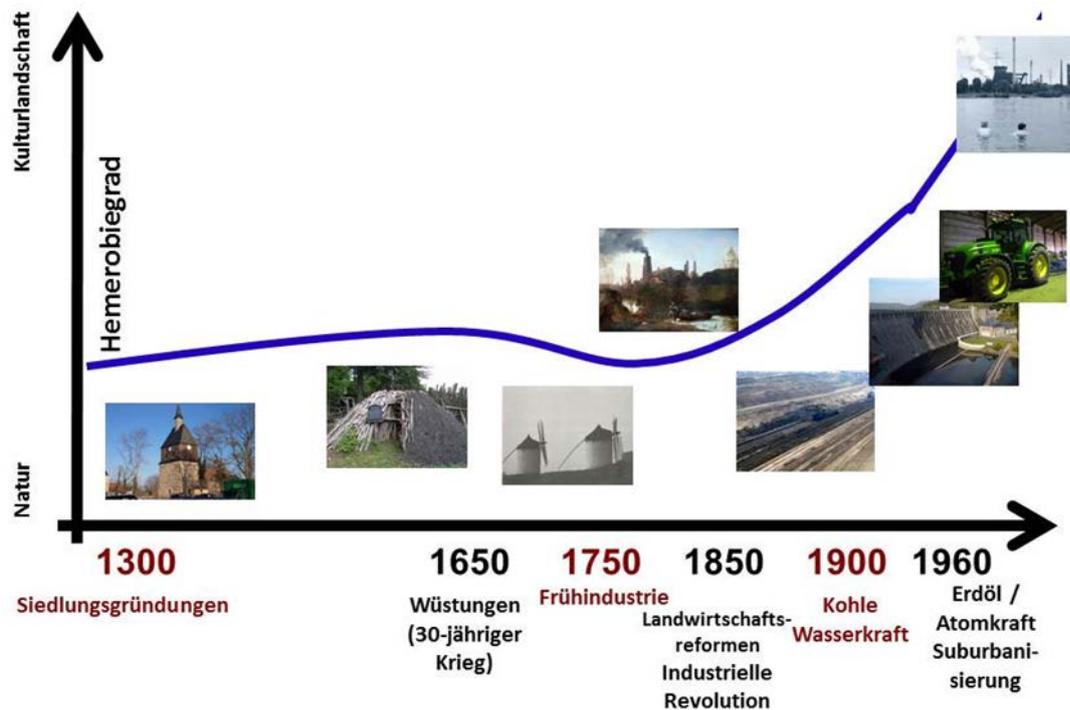


Abb. 21: Kulturelle Überprägung der Landschaft und die treibenden Kräfte

Damals wie heute kommt es darauf an, durch das Setzen von Rahmenbedingungen einer Übernutzung von Landschaft entgegenzuwirken. Im Bewusstsein unserer heutigen Generation sind die Wirkungszusammenhänge zwischen Kulturlandschaftsentwicklung und Energiegewinnung verloren gegangen, weil wir uns daran gewöhnt haben, unseren Wohlstand auf Kosten der über Jahrtausende angesparten fossilen Ressourcen zu begründen. Dies geschah allerdings auf Kosten des unwiederbringlichen Verbrauchs der Ressourcen und der erheblichen Anreicherung von Kohlendioxid in der Atmosphäre mit den bekannten Folgen des Klimawandels oder, im Falle der Nutzung von Atom, mit den Risiken der dauerhaften Unbewohnbarkeit ganzer Regionen (siehe Tschernobyl).

In der folgenden Abb. 22 ist der Versuch unternommen worden, die landschaftsästhetischen Wirkungen und die substantiellen Veränderungen der Landschaft in einer Matrix darzustellen und die wesentlichen Transformationsprozesse abzubilden. Hierbei wird deutlich, dass durch die heutigen technischen Formen der Gewinnung erneuerbarer Energien, Photovoltaik und Windkraftanlagen, der substantielle Eingriff in die Landschaft relativ gering ist. Demgegenüber sind die Intensivierung der Landwirtschaft, der Braunkohlentagebau und die

Suburbanisierungsprozesse mit erheblichen substanziellen und dauerhaften Veränderungen der Kulturlandschaft verbunden.

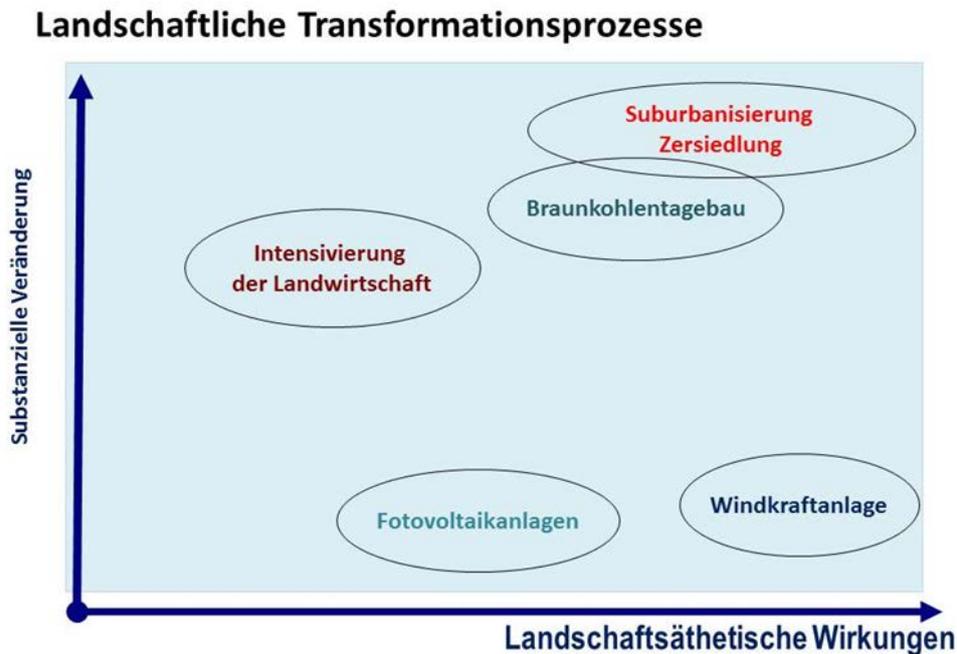


Abb. 22: Landschaftliche Transformationsprozesse

Energiegewinnung und Energietransport werden in Zukunft wieder deutlich sichtbarer das Landschaftsbild bestimmen. Die Vorteile einer ressourcenschonenden und klimaverträglichen Zukunftsgestaltung überwiegen hierbei deutlich gegenüber den landschaftsästhetischen Nachteilen. Die Erneuerbare Energien sollten daher nicht nur als unvermeidbare Eingriffe, sondern vielmehr als gestaltende Kräfte der Kulturlandschaft aufgefasst werden.

## 4 Literatur

- AGRICOLA, G. 1556: Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. – Agricola-Gesellschaft (Hrsg. 1928), Deutsches Museum, XXXII, Berlin
- BLACKBOURN, D. 2006: Die Eroberung der Natur – Eine Geschichte der Deutschen Landschaft. DVA; München.
- BORK, H.-R., PIORR, H.-P., SCHATZ, T. et al. 1998: Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Klett-Perthes, Gotha und Stuttgart
- PETERS, J. 2010: Erneuerbare Energien – Flächenbedarfe und Landschaftswirkungen. In: DEMUTH, B., HEILAND, S., WOJTKIEWICZ, W., WIERSBINSKI, N., FINCK, P. (BEARB.) BFN-Skripten 284. Landschaften in Deutschland 2030 – Der große Wandel. Bonn
- POPPE, F., SCHOLZ, B., JAHNKE, K. 2005: Landschaften verwandeln – Empfehlungen am Beispiel dreier industriell gestörter Landschaften in Europa. Hrsg.: Internationale Bauausstellung (IBA) Fürst-Pückler-Land.

- RÖHRER, A., BÜTTNER, T. 2008: Dokumentation historischer Kulturlandschaftselemente im Biosphärenreservat Rhön: Notwendigkeit und Nutzen – Verfahren und Beispiele. Beiträge RN 5/2008.  
[http://www.rhoenprojekt.de/run\\_5\\_2008/run\\_5\\_2008\\_s058\\_s076.pdf](http://www.rhoenprojekt.de/run_5_2008/run_5_2008_s058_s076.pdf)
- SCHENK, W. 2011: Historische Geographie. WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt.
- SCHMIDT, A. 1998: Beitrag der historischen Landschaftsanalyse für aktuelle Fragen des Naturschutzes- eine Untersuchung durchgeführt am Beispiel des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin, Dissertation an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- SCHÖBEL, S. 2012: Windenergie und Landschaftsästhetik. Zur landschaftsgerechten Anordnung von Windfarmen. Jovis Verlag, Berlin
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) 2012: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche.  
<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2277> – 24.08.2012
- ZIEGENHAGEN, A., ULRICH, A., WUIF, M. 2000: Fragmentierung und Nutzungswechsel in der Kulturlandschaft — Implikationen für die Biodiversität von Wäldern. In: HARTEISEN, SCHMIDT, WULF: Kulturlandschaftsforschung und Umweltplanung. Veröffentlichung der Fachtagung an der Fachhochschule Hildesheim/Holzminen/Göttingen am 9.-10. November 2000 in Göttingen; GCA-Verlag, Herdecke, S. 171-176

**Abdruck der Auszüge aus dem Schmettauschen Kartenwerk und den Urmesstischblättern mit freundlicher Genehmigung der Staatsbibliothek zu Berlin / Stiftung Preussischer Kulturbesitz - Kartenabteilung. Unter den Linden 8, Berlin.**

## Autorenverzeichnis

Dr. Bernd Demuth & Prof. Dr. Stefan Heiland  
Technische Universität Berlin  
Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung  
Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung  
Sekt. EB 5  
Straße des 17. Juni 145  
10623 Berlin  
Tel.: 030-314-21388  
E-Mail: bernd.demuth@tu-berlin.de

Prof. Dr. Karin Zachmann  
Fachgebiet für Geschichte der Technik  
Munich Center for Technology in Society (MCTS)  
Technische Universität München  
c/o Deutsches Museum  
80306 München  
Tel.: 089-2179406  
E-Mail: Karin.Zachmann@mzwtg.mwn.de

Dr. Joachim Nitsch  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Stuttgart  
Pfaffenwaldring 38-40  
70569 Stuttgart  
Tel.: 0711-7801907  
E-Mail: joachim.nitsch@dlr.de  
bis 2005 Leiter der Abteilung Systemanalysen und Technikbewertung im DLR Stuttgart;  
derzeit Berater und Gutachter für innovative Energiesysteme und Klimaschutzstrategien

Dr. Katharina Stroh  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Ökoenergie-Institut  
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160  
Tel.: 0821-9071-5257  
E-Mail: katharina.stroh@lfu.bayern.de

Marion Lautenbacher  
Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit  
Rosenkavalierplatz 2  
81925 München  
Tel.: 089-9214-4366  
E-Mail: marion.lautenbacher@stmug.bayern.de

Matthias Reichmuth, Alexander Schiffler, Gerd Schröder  
Leipziger Institut für Energie GmbH  
Lessingstraße 2  
04109 Leipzig  
Tel.: 0341-22 47 62 25  
E-Mail: matthias.reichmuth@ie-leipzig.com

Dr. Oliver Stengel  
Wuppertal Institut  
Schloßstr. 70  
42285 Wuppertal  
Tel.: 0202-2492251  
E-Mail: oliver.stengel@wupperinst.org

Marcus Bollmann  
BUND Bundes AK Energie  
Altenauer Straße 8  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel.: 05323-2128  
E-Mail: Marcus.Bollmann@bund.net

Prof. Dr. Rainer Luick  
Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR)  
Schadenweilerhof  
72108 Rottenburg  
Tel.: 07472-951-238  
E-Mail: luick@hs-rottenburg.de

Kathrin Ammermann  
Bundesamt für Naturschutz  
FGL II 4.3  
Karl-Liebknecht-Str. 143  
04277 Leipzig  
Tel.: 0341-30977-20  
E-Mail: kathrin.ammermann@bfn.de

Dr. Wolfgang Peters  
Bosch & Partner GmbH  
Streitstraße 13  
13587 Berlin  
Tel.: 030-6098844-61  
E-Mail: w.peters@boschpartner.de

Liv Becker  
Deutsche Umwelthilfe e. V.  
Hackescher Markt 4  
10178 Berlin  
Tel.: 030-2400867-98  
Email: becker@duh.de  
www.duh.de

Prof. Dr. Jürgen Peters  
Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde  
FG Landschaftsplanung und Regionalentwicklung  
Friedrich-Ebert-Str.28  
16225 Eberswalde  
Tel.: 0334-657 334  
E-Mail: jpeters@hnee.de