



AUSGABE 55
Dezember 2008

ANALYSEN & ARGUMENTE

Erneuerbare Energien: Was können sie leisten und was dürfen sie kosten?

von Hartmut Grewe

Welchen Beitrag zur Energieversorgung können die erneuerbaren Energien in Deutschland und Europa (und sogar weltweit betrachtet) leisten? Die Nutzung von heimischen, erneuerbaren Energiequellen mit Hilfe von Technik und Innovationen ist aus verschiedenen Gründen neu belebt worden. Das erklärte politische Ziel fast aller Regierungen und Organisationen ist ein beschleunigter Ausbau dieser Energieträger. Doch das kostet nicht nur Zeit für Forschung und Entwicklung, sondern auch viel Geld für die notwendigen Investitionen. Die Kosten tragen die Verbraucher mit höheren Strompreisen wegen der gesetzlich geregelten Einspeisetarife für Strom aus dezentralen Erzeugungsanlagen ins Verbundnetz. Werden sich die „neuen“ Energielieferanten langfristig am Markt gegenüber den „alten“ Energieproduzenten durchsetzen? Welchen Preis sind wir bereit für mehr Klimaschutz und Versorgungssicherheit zu zahlen? Hat die aktuelle Finanzkrise negative Auswirkungen auf bestimmte Investitionsvorhaben im Bereich der erneuerbaren Energien? Bleibt ihr Ausbau ein prioritäres politisches Ziel?

Ansprechpartner

Dr. Hartmut Grewe
Koordinator Energie- und Umweltpolitik, Jugend und Gesellschaft
Hauptabteilung Politik und Beratung
Telefon: +49(0)30 2 69 96-33 87
E-Mail: hartmut.grewe@kas.de

Postanschrift

Klingelhöferstr. 23, 10785 Berlin

www.kas.de
publikationen@kas.de



Konrad
Adenauer
Stiftung

ISBN 978-3-940955-41-8



INHALT

- 3** | 1. AUSBAU DER ERNEUERBAREN ENERGIEN ALS POLITISCHES ZIEL
- 4** | 2. CHANCEN UND RISIKEN DER EINZELNEN TECHNOLOGIEN
- 8** | 3. ERNEUERBARE ENERGIEN ALS NEUES GESCHÄFTSFELD
- 11** | 4. ERNEUERBARE ENERGIEN UND ENERGIEEFFIZIENZ
- 12** | 5. FAZIT: KOSTEN UND NUTZEN



1. AUSBAU DER ERNEUERBAREN ENERGIEN ALS POLITISCHES ZIEL

Erneuerbare Energien gelten als heimische und saubere Energieträger, die zwar (noch) nicht preiswert zu haben sind, aber angesichts der Erfordernisse von Versorgungssicherheit und Klimaschutz von der Politik favorisiert und gefördert werden. Zusammen mit einem sparsameren und effizienteren Energieeinsatz sollen sie die Energiewende zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft einleiten, nicht nur auf nationaler und europäischer, sondern möglichst auch auf globaler Ebene. Dabei darf aber nicht übersehen werden, dass die weltweit steigende Nachfrage nach Energie wahrscheinlich auch in absehbarer Zukunft noch vorwiegend durch fossile Energieträger gedeckt werden wird, weil die erneuerbaren Energien nicht schnell genug kostengünstig eingesetzt werden können. Deshalb sind Deutschland und die Europäische Gemeinschaft entschlossen, den Ausbau der erneuerbaren Energien in ihren Ländern zu forcieren und sie weltweit einsetzbar zu machen. Dass die eigene Wirtschaft davon profitieren kann, haben nicht nur die Unternehmer aus der neuen Branche gemerkt, sondern inzwischen auch die großen Versorgungsunternehmen der Energiewirtschaft und die Finanzwelt. Diese engagieren sich nun verstärkt in diesem für sie neuen Geschäftszweig.

Bislang tragen die erneuerbaren Energiequellen, vornehmlich Wasser- und Windkraft, in Deutschland in einem kleinen, aber wachsenden Maße zum „Energimix“, also der Verwendung verschiedener Energieträger zur Energieversorgung, bei. Es wird zwischen der Primärenergienutzung, also dem Einsatz von Energieressourcen für alle Energiedienstleistungen (Strom, Wärme, Verkehr) und dem zur Stromerzeugung erforderlichen Brennstoffmix unterschieden. Nur ein Drittel des Primärenergieverbrauchs entfällt auf Strom. Während Mineralölprodukte für den Verkehrssektor fast unentbehrlich sind und nur langsam und teilweise durch Bio-Treibstoffe ersetzt werden, spielen die Verbrennung von Stein- und Braunkohle in Kraftwerken sowie die Nutzung der Kernenergie bei der Stromerzeugung bis jetzt eine herausragende Rolle. Die Kohle trägt zur Hälfte und die Kernenergie zu mehr als einem Viertel zur nationalen Stromversorgung bei; letztere soll aber nach dem im Jahr 2000 politisch ausgehandelten Ausstiegsbeschluss der rot-grünen Bundesregierung mit der Energiewirtschaft bis 2020 allmählich ersetzt werden. Gas als vergleichsweise sauberer Energieträger leistet heute schon einen zwölfprozentigen Anteil an der Stromversorgung, ebenso wie die Erneuerbaren, hat aber den Nachteil, dass es vorwiegend aus Russland und Norwegen importiert und teuer bezahlt werden muss. So bieten sich die im eigenen Land vorhandenen regenerativen Energiequellen als Lösung auf der Suche nach einer nachhaltigen Energieversorgung an.

Das vergleichsweise schnelle Wachstum der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Deutschland ist ohne das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) nicht denkbar. Das Gesetz ist im Jahr 2000 in Kraft getreten, wurde zuerst 2004 novelliert und erneut 2008 den inzwischen veränderten Gegebenheiten angepasst.¹ Es ist eine konsequente Weiterentwicklung des Stromeinspeisungsgesetzes von 1991, das bereits in den 1990er Jahren wichtige Impulse für den Ausbau der erneuerbaren Energien und ganz besonders der Windkraft gab. Ziel des EEG ist die beschleunigte Markteinführung von Technologien zur Stromproduktion aus Windkraft, Solarenergie, Biomasse, Geothermie und Wasserkraft. Kernelement des Gesetzes ist die Verpflichtung der Netzbetreiber, den Strom aus erneuerbaren Energien vorrangig abzunehmen und nach festen Tarifen zu vergüten. Der politisch gewollte Ausbau dieses Energiesektors hat zu massiven Investitionen und deutlich mehr Arbeitsplätzen geführt. In der neuen Branche sind heute bereits 250.000 Menschen tätig, mit zunehmender Tendenz. Die nationale Förderpolitik, offiziell als „ökologische Industriepolitik“ bezeichnet,² hat wirtschaftliche Früchte getragen.³ In vielen Sparten wird eine internationale Technologieführerschaft behauptet und im Bereich der erneuerbaren Energien werden hohe Exporterfolge verzeichnet. Außerdem scheint das deutsche EEG eine vorbildhafte Funktion einzunehmen: Mehr als vierzig weitere Staaten, vornehmlich in Europa und Asien, sind dem deutschen Beispiel gefolgt. Einen großen positiven Einfluss hatte dabei die 2004 von der damaligen Bundesregierung organisierte erste internationale Konferenz für erneuerbare Energien (Renewables 2004) in Bonn. Diese Initiative setzte durchaus Maßstäbe für die internationale Staatengemeinschaft.

So haben die Staats- und Regierungschefs der Europäischen Union am 9. März 2007 unter Vorsitz der gegenwärtigen deutschen Bundesregierung einen wegweisenden Beschluss zur zukünftigen Energie- und Klimapolitik gefasst. Bis 2020 sollen die 27 Mitgliedstaaten der EU ihre Treibhausgasemissionen um mindestens 20 Prozent gegenüber 1990 senken, ihren Energieverbrauch um 20 Prozent verringern und den Anteil der erneuerbaren Energien an ihrem Energieverbrauch von durchschnittlich ca. sieben auf 20 Prozent erhöhen. Die Bundesregierung hat diese Ziele am 5. Dezember letzten Jahres mit einem konkreten Maßnahmenpaket bekräftigt, was als positives Signal für die Weltklimakonferenz in Bali gedacht war. Schließlich hat die Europäische Kommission am 23. Januar 2008 den einzelnen Mitgliedsstaaten konkrete Zielvorgaben gemacht, wie hoch ihr jeweiliger Beitrag zur CO₂-Minderung und zum Ausbau der erneuerbaren Energien sein soll, für Deutschland zum Beispiel 14 Prozent weniger Emissionen und ein Anteil von 18 Prozent am Primärenergieverbrauch. Damit diese Pläne in Kraft treten können, müssen jedoch die Mitgliedsstaaten und das EU-Parlament noch zustimmen.



2. CHANCEN UND RISIKEN DER EINZELNEN TECHNOLOGIEN

Wasserkraft

Wasserkraftwerke verwandeln die Strömungsenergie des Wassers in elektrische Energie. Die Kraft des fließenden Wassers wird ausgenutzt, um eine Turbine anzutreiben, die wiederum einen Stromgenerator betreibt. Dabei können bis zu neunzig Prozent der Energie, die im fließenden Wasser steckt, in elektrischen Strom umgewandelt werden. Speicherkraftwerke nutzen das in einem natürlichen oder künstlich angelegten Stausee gespeicherte Wasser zur Stromerzeugung. Aufgrund des großen Gefälles trifft das Wasser mit hohem Druck auf die Turbinen. Speicherkraftwerke können je nach Bedarf innerhalb von Minuten in Betrieb genommen und wieder abgestellt werden. Sie können technisch zur Abdeckung von Verbrauchsspitzen (die so genannte Spitzenlast) beim Stromverbrauch verwendet werden, insbesondere wenn sie als Pumpspeicher-Kraftwerke ausgelegt sind. Dann dient das höher gelegene Wasserbecken gewissermaßen als Stromspeicher, wenn das Wasser bei niedrigem Stromverbrauch dort wieder zurückgepumpt wird und zur späteren Stromerzeugung wieder zur Verfügung steht. Diese Technik ist seit Jahrzehnten ausgereift.

Mehr als 120 Jahre lang, seit Beginn der Elektrifizierung, ist die Wasserkraft in Deutschland zur Stromerzeugung genutzt worden. Heute werden in den Laufwasser- und Speicherkraftwerken rund 23 Milliarden Kilowattstunden Strom erzeugt, was einen Anteil von etwa vier bis fünf Prozent am deutschen Strommix ausmacht. Viele der Anlagen sind älter als fünfzig Jahre. Lediglich der Neubau eines Pumpspeicherkraftwerks in Thüringen konnte im Zuge des wirtschaftlichen Aufbaus in Ostdeutschland realisiert werden. Daneben steht ein weiteres Einzelprojekt, die Modernisierung des Laufwasserkraftwerks Rheinfelden am Hochrhein, kurz vor seiner Fertigstellung. In Deutschland sind nur noch kleine Steigerungsraten bei der Wasserkraft möglich. In Europa gibt es noch ein Potential an zusätzlichen Kleinwasserkraftwerken (Anlagen mit maximal zehn Megawatt Leistung), vorwiegend in Frankreich mit rund 1000 MW. Doch Standorte für große Kraftwerksbauten mit Staudämmen sind in vielen Teilen Europas kaum noch vorhanden und aus ökologischen Gründen auch politisch umstritten. In anderen Teilen der Welt ist das Bild allerdings anders. In China wird gerade der Dreischluchten-Staudamm am Jangtse zu Ende gebaut und ist dann mit 18.200 MW installierter Leistung das größte Kraftwerk der Welt. Es löst damit das Itaipu-Wasserkraftwerk an der Grenze von Paraguay und Brasilien ab, das derzeit mit 14.000 MW Leistung an der Spitze steht. Das entspricht der Stromerzeugung von rund einem Dutzend Kernkraftwerken.

Weltweit deckt Wasserkraft 17 Prozent des Strombedarfs; es ist damit die bei der Stromerzeugung meistgenutzte regenerative Energie. Erst ein Bruchteil der Reserven ist ausgeschöpft. Doch der weitere Ausbau ist umstritten, weil mit großen Staudämmen auch enorme Eingriffe in Natur und Umwelt verbunden sind und häufig Menschen dafür umgesiedelt werden müssen. So wurden beim Bau des Dreischluchten-Staudamms in China mehr als eine Million Menschen umgesiedelt. Landflächen und Ökosysteme gehen unwiederbringlich verloren. Große Talsperren können dazu führen, dass die vom Fluss mitgeführten Sedimente den Stausee allmählich versanden, wie das beim Assuan-Staudamm in Ägypten passiert. Die jährlichen Nilüberschwemmungen, wo nahrhafter Schlamm sich in Ufernähe abgelagert und fruchtbare Ackerböden hinterließ, bleiben jetzt aus. Wegen der Komplexität ökologischer Zusammenhänge sind die Folgen großer Talsperrenbauten oft nur schwer vorauszusagen. Tier- und Pflanzenwelt verändern sich durch große aufgestaute Wasserflächen. Wenn sich Pflanzen im überfluteten Gebiet zersetzen, werden große Mengen an Methan freigesetzt. Dieses ist ein noch aggressiveres Treibhausgas als Kohlendioxid und trägt zur Erderwärmung und damit zum Klimawandel bei. Diese Tatsache hat unter anderem dazu geführt, dass die Weltbank solche Großprojekte nicht mehr finanziert.

Weit größere Potentiale hat die maritime Wasserkraft, gewonnen aus Meereswellen, Meeresströmungen und Gezeiten. Doch bislang sind nur wenige dieser Kraftwerke in Betrieb, wie das erste Gezeitenkraftwerk bei Saint Malo in Frankreich. Es nutzt den Höhenunterschied des Meerwassers bei Ebbe und Flut zur Stromgewinnung. Das auflaufende Wasser wird hinter einer Staumauer gestaut und fließt bei Ebbe durch Turbinen, die Generatoren antreiben, wieder ins Meer zurück. Der Vorgang wiederholt sich im Zwölfstunden-Rhythmus der Gezeiten, ist aber mit großen Leistungsschwankungen verbunden. Das Kraftwerk ist seit 1966 in Betrieb und hat dort mit einem Tidenhub von 14 Metern ideale Bedingungen, die nur an wenigen Standorten auf der Welt anzutreffen sind. Mit 240 Megawatt Leistung erzeugt es aber nur ein Viertel der Strommenge eines Atomkraftwerks. Ein ähnliches Projekt ist derzeit in Großbritannien in Planung, wo die Severn-Mündung in Südengland aufgestaut werden soll. Doch gibt es Widerstände von Seiten der Naturschützer, die negative Folgen für die Umwelt befürchten, so dass die Realisierungschancen skeptisch zu beurteilen sind. Andere Nutzungen der Meeresenergie sind noch im Experimentierstadium, wie ein Strömungskraftwerk, das im Prinzip wie eine Windkraftanlage funktioniert. Hier bewegen sich die Rotorblätter unter der Wasseroberfläche und erzeugen durch die Drehbewegungen der Rotoren Strom. Ein Wellenkraftwerk nutzt die Wellenbewegungen um Luft in einem Behälter zu komprimieren. Mit der Druckluft wird eine Spezialturbine angetrieben und mit Hilfe eines nach geschalteten Generators



tors elektrischer Strom erzeugt. Vorteil dieser Technik ist, dass die Materialien nicht direkt dem aggressiven Salzwasser ausgesetzt sind. Es bleibt aber international noch viel Aufwand für Forschung und Entwicklung zu leisten, bevor hier ein echter technologischer Durchbruch und ein maßgeblicher Beitrag zur Energieerzeugung erzielt werden kann.

Windkraft

Windkraftanlagen wandeln Windenergie in elektrische Energie um, die sie in das öffentliche Stromnetz einspeisen. Wegen der Unstetigkeit des Windes arbeiten Windkraftanlagen im Leitungsverband mit anderen Energiequellen, um kontinuierlich Energie bereitzustellen. Da die geeigneten Standorte in küstennahen Regionen knapp werden, setzt die nationale Strategie auf Windenergieanlagen auf See. Dort bläst der Wind nicht nur stärker, sondern vor allem auch gleichmäßiger als an Land. Außerdem garantiert die Weite des Meeres ausreichend Platz für große, leistungsstarke Windfarmen. Der öffentliche Widerstand gegen Offshore-Anlagen ist zudem geringer als bei Standorten an Land. Die vor der Küste geplanten großen Windparks sollen bis zu 1000 Windräder umfassen, jedes bis zu fünf Megawatt stark. Die derzeit leistungsstärksten Windenergieanlagen können bereits soviel Strom erzeugen. Ihre Nabenhöhe beträgt 120 Meter und jedes der drei Rotorblätter ist über 60 Meter lang und wiegt rund 20 Tonnen. Die Gondel mit Rotor und Generator bringt es auf über 200 Tonnen Gewicht. Das erfordert hohe Standfestigkeit in Seetiefen bis ca. 40 Meter und Materialien, die auch Windgeschwindigkeiten bis zur Orkanstärke aushalten müssen. Material und Design sind somit extrem hohen Anforderungen unterworfen.

Deutschland sieht sich gern in der Rolle eines Vorreiters bei erneuerbaren Energien, insbesondere bei der Windkraft, mit der inzwischen über sechs Prozent des deutschen Stromverbrauchs abgedeckt werden. Rund 40 Prozent der weltweiten Windkraftkapazitäten sind derzeit in Deutschland installiert. Doch diese Position ist gefährdet, da der notwendige Ausbau der offshore-Windenergie nur sehr schleppend in Gang kommt und auch das „Repowering“, d.h. der Ersatz älterer und kleinerer Windkraftanlagen durch neuere und leistungsstärkere, oft wegen bürokratischer Hürden und Klagen von Bürgerinitiativen nicht wie erwartet vorankommt. Der Bau von Offshore-Anlagen hat sich als technisch anspruchsvoller und viel kostspieliger erwiesen als gedacht. Zwar sind inzwischen über 30 deutsche Windparks genehmigt worden, doch noch ist keiner davon in Betrieb. Erst Anfang 2008 sollte der Bau einer Anlage in der Nordsee vor Borkum beginnen und Ende des Jahres ans Netz gehen, was aber wegen der schlechten Witterungsbedingungen inzwischen unrealistisch ist. Möglich wird dieses Vorhaben durch die Beteiligung von zwei großen Energieversorgern, Vattenfall und E.ON, am 180-Millionen-Projekt und einen staatlichen Zuschuss von

50 Millionen Euro. Als Grund für die Verzögerung werden die technischen Anforderungen und die hohen Investitionskosten genannt. Die Kosten sind auf dem Meer deutlich höher als an Land. Zwar wird die Windkraft auf dem Wasser nach dem neuen EEG nun deutlich höher gefördert mit 14 Cent pro Kilowattstunde eingespeistem Strom (doppelt so hoch wie vorher), doch die Kosten für den Anlagenbau und die Netz-anbindung sind stark gestiegen. Andere Länder wie Großbritannien, die Niederlande und Dänemark fördern den Ausbau viel stärker und Anlagenbauer können dort mit höheren Renditen rechnen als in Deutschland. Sie haben deshalb auch einen beträchtlichen Vorsprung. Erwartet werden in Deutschland angesichts des bislang geringen finanziellen Anreizes deshalb nur 3.000 Megawatt installierter Leistung bis 2015. Das wäre nicht einmal ein Sechstel der Windkraftleistung, die bisher an Land erzeugt wird. Alle bisherigen, sehr optimistischen Prognosen über den zukünftigen Ausbau der Stromerzeugung mit Hilfe von erneuerbaren Energien, die der Erreichung der ehrgeizigen deutschen Klimaziele dienen sollen, sind hinfällig, wenn im Offshore-Bereich nicht bald Fortschritte erzielt werden. Woher sollen sonst die enormen Zuwachsraten kommen, wenn nicht aus der Windenergieerzeugung auf Nord- und Ostsee.

Kritiker eines weiteren Ausbaus der Windenergie bringen zwei Hauptargumente vor. Da der Wind nicht beständig weht, müssten in großem Umfang Reservekraftwerke bereitgehalten werden, um die Lücken bei der Stromerzeugung zu füllen. Das verteuere die Stromerzeugung, weil bestehende Kohle- und Gaskraftwerke nicht optimal ausgenutzt werden können. Außerdem erfülle sich die Hoffnung nicht, durch mehr Windenergie bestehende Kraftwerke in großen Stil ersetzen zu können. Die tatsächlich erbrachte Leistung entspräche nur einem Bruchteil der installierten Leistung, in der Regel wenig mehr als zehn Prozent. Zwar waren zur Jahresmitte 2006 in Deutschland rund 19.000 Megawatt Windkraftleistung installiert, was potentiell der Stromerzeugungskapazität der 17 noch betriebenen Kernkraftwerke entspricht, doch mit der tatsächlichen Stromerzeugung ließen sich bestenfalls zwei bis drei AKW ersetzen. Diese produzieren zuverlässig die erforderliche Grundversorgung (Grundlast), was die fluktuierende Windkraft nicht leisten kann. Zweitens gäbe es durch mehr Windenergieeinspeisung einen hohen Bedarf an zusätzlichen Stromleitungen, da der im Norden und Osten des Landes erzeugte Strom in die Verbrauchszentren im Süden und Westen der Republik transportiert werden müsse. Das Problem des Leitungsausbaus wurde 2005 von der Deutschen Energie-Agentur (dena) in einer sogenannten Netzstudie erstmals systematisch untersucht.⁴ Nach Meinung der Gutachter müssten bei einem prognostizierten Ausbau der Windkraft auf 37.000 Megawatt bis zum Jahr 2015 rund 850 Kilometer zusätzliche Höchstspannungsleitungen neu gebaut und auf 400 Kilometer Länge bestehende Leitungen verstärkt werden. Die Mehrkosten wären verkraftbar, die



jährliche Stromrechnung eines durchschnittlichen Privathaushalts würde sich lediglich um 15 Euro erhöhen. Bei weiter sinkenden Produktionskosten der Windkraft und zugleich steigenden Kosten der konventionellen Energie ist der Zeitpunkt absehbar, zu dem der Windstrom die Marktpreise unterbietet wird. Nach Ansicht von Branchenkennern soll dies zwischen 2010 und 2015 der Fall sein.

Sonnenenergie

Heute lässt sich Sonnenenergie mit drei verschiedenen Verfahren nutzbar machen: Bei der Fotovoltaik verwandeln Solarzellen, die aus mehreren Schichten halbleitender Materialien, zumeist Silizium, bestehen, das Licht ohne Umweg in elektrische Energie. Das Anwendungsspektrum ist beträchtlich; es beginnt im Milliwatt-Bereich mit Taschenrechnern oder Uhren bis hin zu netzfernen Kleinanlagen wie Parkscheinautomaten. Solarzellen nutzen auch den diffusen, von Wolken getrübbten Strahlungsanteil der Sonne. Ihr Einsatz ist daher nicht auf sonnenreiche Regionen beschränkt. Der höchste derzeit erreichte Wirkungsgrad liegt bei 24 Prozent, was eine beachtliche Rate ist. Jetzt geht es vornehmlich um eine Kostensenkung, die weitere Anwendungen wirtschaftlich werden lässt. Ein großer Vorteil dieser Technik ist, dass der Strom dort erzeugt wird, wo er auch gebraucht wird. Diese Dezentralität der Stromerzeugung bietet gerade auch zur in ländlichen Regionen von Entwicklungsländern an, wo keine netzgebundene Versorgung mit Strom möglich ist. Vor dem Hintergrund von zwei Milliarden Menschen, die ohne Strom leben, bietet die Fotovoltaik eine Chance bei der ländlichen Elektrifizierung.

Eine zweite Möglichkeit zur Nutzung der Sonnenenergie ergibt sich mit Hilfe von Sonnenkollektoren, die auf Hausdächern installiert zur Gewinnung von Wärme dienen. Sie setzen die Sonnenstrahlung mit Hilfe eines darunter liegenden, mit Leitflüssigkeit gefüllten Röhrensystems in Wärme bis maximal 200 Grad um, geeignet für Raumheizungen, Warmwasser oder Schwimmbäder. Jede Anlage ist in der Regel mit einem Warmwasserspeicher verbunden. Diese Technik ist ausgereift und wird in Deutschland, vornehmlich in sonnenreicheren Regionen wie Bayern und Baden-Württemberg, von Privathaushalten genutzt. Die Investitionskosten von knapp 10.000 Euro pro Haushalt werden häufig durch staatliche Zuschüsse und verbilligte Kredite gefördert. So gab es anfänglich ein bundesweites Einhundert-Tausend-Dächer-Förderprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW).

Erhebliche Potentiale bei der kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung versprechen sich Experten von solarthermischen Kraftwerken an Standorten mit hoher Sonneneinstrahlung. Diese sind insbesondere in Südeuropa und Nordafrika, aber auch in anderen Wüstenregionen, zu finden.

Der dort erzeugte Strom soll dann mittels Höchstspannungsleitungen in die Verbrauchszentren in Westeuropa transportiert werden. Das internationale Projekt firmiert unter der Bezeichnung DESERTEC.⁵ Konzentriertes Sonnenlicht wird dazu genutzt, um spezielle Flüssigkeiten zu erwärmen. Die so gespeicherte Energie wird dann über Wärmetauscher zum Antrieb von Dampfturbinen genutzt. Auf diese Weise kann neben Strom auch Prozesswärme für Gewerbe und Industrie gewonnen werden. Die derzeit größte Solarstromanlage steht in der Mojave-Wüste in Kalifornien, wo Parabolrinnenkollektoren ein spezielles Thermoöl auf 400 Grad Celsius erhitzen und Dampfturbinen antreiben. Wenn das Sonnenlicht über nachgeführte Spiegel eingefangen wird und Helium oder Wasserstoff als Betriebsmedien dienen, können noch weit höhere Temperaturen (bis 2500 Grad) und ein höherer Wirkungsgrad erreicht werden. Eine entsprechende Versuchsanlage ist derzeit bei Almeria in Südspanien im Aufbau. Dort bündeln lange Spiegelreihen das Sonnenlicht und richten es auf einen Wärmeträger wie Natrium oder Salzschnmelzen, die bis zu 1000 Grad heiß werden. Man hat einen großen Platzbedarf, um entsprechend leistungsstarke Kraftwerke zu installieren. Bisher gibt es erste kleinere Experimentieranlagen in Kalifornien und Südfrankreich. Der Vorteil von solarthermischen Kraftwerken ist, dass sich ihre Wärme über Stunden und Tage speichern lässt. Sie können dadurch rund um die Uhr Strom liefern. Außerdem lassen sie sich mit fossilen Kraftwerken zu sogenannten Hybridkraftwerken kombinieren und eignen sich auch für die Kraftwärme-Kopplung (KWK). Da sie sowohl für die Stromerzeugung wie auch für die Meerwasserentsalzung in Frage kommen, ist ihr Einsatz in küstennahen und sonnenreichen Wüstenregionen, wie in Nordafrika und auf der arabischen Halbinsel, von besonderem Interesse für Schwellen- und Entwicklungsländer. Israel und Saudi-Arabien haben damit erste praktische Erfahrungen gesammelt.

In der Solarwirtschaft geht die Suche nach den besten Materialien, dem höchsten Wirkungsgrad, den niedrigsten Kosten und den besten Standorten unvermindert weiter. Hier ist noch viel an Grundlagenforschung und technischer Entwicklung von Staat und Unternehmen zu leisten. Die weitere Entwicklung der Solarwirtschaft hängt auch von Fortschritten bei der Speichertechnologie ab. Die derzeitigen Batterietechniken arbeiten nicht besonders effizient. Neue Technologien mit dünnen Polymer-Folien, die in Dächer und Fassaden integriert werden können, sind noch nicht ausgereift und die Kosten entsprechend hoch. Die Speicherung von Strom in Form von Druckluft ist technisch zwar möglich aber zur Zeit noch unwirtschaftlich.

Erdwärme

Geothermie oder Erdwärme ist die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme. Sie kann als Energiequelle



zur Erzeugung von Wärme und Strom genutzt werden. Hierbei wird unterschieden zwischen der Nutzung der oberflächennahen Geothermie auf direktem Wege, etwa zum Heizen und Kühlen, meist mit Hilfe einer Wärmepumpe, und der tiefen Geothermie. Hierbei kann das in tiefen Erdschichten gespeicherte heiße Wasser zur Bereitstellung von Industriedampf und zur Speisung von Nah- und Fernwärmenetzen genutzt werden. Besonders interessant ist die Erzeugung von Strom aus dem heißen Dampf. Hierfür wird das im Untergrund erhitze Wasser genutzt, um eine Turbine anzutreiben, die an einen Stromgenerator angeschlossen ist. Zur Erschließung solcher Vorkommen in Deutschland sind allerdings aufwändige Tiefenbohrungen erforderlich, was hohe Kosten verursacht, zumal die geologischen Bedingungen hierzulande ungünstiger sind als z.B. in Island. Dort sind aufgrund des Vulkanismus auf der Insel viele oberflächennahe Dampf- und Heißwasserreservoirs mit hohen Temperaturen technisch leicht erschließbar und werden auch von Kommunen und Unternehmen intensiv zur lokalen Strom- und Wärmebereitstellung genutzt.

Große Geothermie-Potentiale werden von Experten auch in vulkanreichen Zonen von einigen Entwicklungsländern gesehen, wie zum Beispiel auf den Philippinen oder in Indonesien, dort insbesondere auf der bevölkerungsreichsten Insel Java. Erkundungsbohrungen können jedoch auch leichte Erdbeben auslösen und müssen mit Vorsicht angegangen werden. Ein solcher Vorfall beunruhigte vor wenigen Jahren im Raum Basel/Südbaden die Bevölkerung. Im Münchener Raum zum Beispiel gibt es einige vielversprechende Projekte der Wärmegewinnung, allerdings bei relativ hohen Erschließungskosten. Viel erfolgversprechender ist der Einsatz von Wärmepumpen, die vor allem für die Heizung und Warmwasserbereitung von Privathäusern und Wohnungen zur Anwendung kommt.

Bioenergie

Die in der Biomasse gespeicherte Sonnenenergie wird für die Gewinnung von Strom, Wärme und Kraftstoffen genutzt. Dabei wird aber nur soviel Kohlendioxid ausgestoßen, wie zuvor biochemisch, d.h. durch Fotosynthese, gebunden wurde. Insofern ist ihre Nutzung klimaneutral, doch nicht jede Form ihrer Herstellung ist ökologisch nachhaltig, denn für die landwirtschaftliche Produktion werden neben Unmengen von Wasser oftmals auch Düngemittel und Pestizide eingesetzt, die auf petrochemischen Produkten basieren. Drei Tonnen pflanzlicher Trockenmasse entsprechen energetisch etwa einer Tonne Erdöl. Rein rechnerisch könnten demnach zwei Millionen Quadratkilometer Waldfläche den jetzigen Weltenergiebedarf eines Jahres decken. Doch eine solche Dimension der Produktionsausweitung wäre extrem klimabelastend, weil Wald auch ein wichtiger Speicher von Kohlendioxid ist.

In Deutschland wurden Ende 2005 ca. 4000 landwirtschaftliche Biogasanlagen mit einer Leistung von rund 800 Megawatt betrieben. Bioenergien könnten ab 2010 etwa vier Prozent der deutschen Stromproduktion erbringen. Die Förderung nach dem EEG liegt in einer Bandbreite von acht bis 21 Cent pro ins Netz eingespeister Kilowattstunde, also vergleichsweise hoch. Holzpellet-Blockkraftwerke werden zur Wärmeerzeugung eingesetzt und helfen Öl und Gas für Heizzwecke einzusparen. Gekoppelt mit Nahwärmenetzen können sie ganze Dörfer und Siedlungen, insbesondere in ländlichen Regionen, mit Wärme versorgen. Einige Dörfer wie Jühnde im Landkreis Göttingen haben sich mit staatlicher Unterstützung und wissenschaftlicher Begleitung zu energieautarken Gemeinden entwickelt. Dieses Vorbild an dezentraler, ländlicher Energieversorgung hat inzwischen Nachahmung in anderen Bundesländern gefunden. Biogas könnte auch in gewissem Umfang importiertes Naturgas ersetzen.

Auch Treibstoffe lassen sich in vielfältiger Form aus Biomasse herstellen. Sie erzeugen bei ihrer Verbrennung deutlich weniger Schadstoffe als Benzin und Diesel, weswegen die Bundesregierung und die EU auch eine Beimischungspflicht von Biotreibstoffen vorgegeben haben. Ziel war auch die Markteinführung zu unterstützen. Die Produktionskosten liegen je nach Verfahren und eingesetztem Ausgangsmaterial zwischen 50 und 80 Cent. Fossile Treibstoffe sind zurzeit – ohne Steuerlast – nur halb so teuer. Vor allem dank staatlicher Subventionen kostet der Liter Biodiesel – zumeist aus Rapsöl gewonnen – unter dem Strich aber zehn Cent weniger als traditioneller Dieselmotoren. Wegen technischer Probleme bei älteren PKW-Motoren wurde die beabsichtigte Erhöhung der Beimischung in Deutschland vorläufig ausgesetzt. Außerdem hat in letzter Zeit die Kritik von Umweltschutzverbänden und Entwicklungsorganisationen an Produktion und Einsatz von Biotreibstoffen weltweit zugenommen.

In Deutschland spielt die Produktion von Bioethanol (Bioalkohol) aus Zuckerrüben und Getreide bislang eine vergleichsweise geringe Rolle. Andere Länder wie Brasilien, wo Ethanol aus Zuckerrohr gewonnen wird, und die USA, wo Mais die Grundlage der Ethanol-Produktion ist, haben auf diesem Gebiet einen großen Vorsprung. Während die USA ihren eigenen Bedarf kaum decken kann und die Grundstoffe wie Mais importieren muss, was die Nahrungsmittelpreise nach oben treibt, beabsichtigt Brasilien große Anteile seiner Bioethanol-Produktion auch in die EU-Länder zu exportieren. Doch ist auch die ökologische Kehrseite zu betrachten: Zuckerrohranbau ist sehr wasserintensiv und verursacht Bodenerosion mit der Folge, dass die Ausweitung von Anbauflächen zu Lasten des tropischen Regenwaldes oder geschützter Nassflächen gehen kann. Ähnlich verheerend wirkt die Produktion von Palmöl in Indonesien und Malaysia auf getrockneten und brandgerodeten Torfmoorböden. Dabei werden Unmengen an Kohlendioxid frei gesetzt, die vorher



in der natürlichen Vegetation gebunden waren. Außerdem wird der in vielen Staaten politisch und wirtschaftlich geförderte Anbau von Biotreibstoffen zunehmend in Konkurrenz zur lokalen Nahrungsmittelproduktion und damit auch als ethisches Problem gesehen. Zugespitzt wird dieses Dilemma manchmal als Frage formuliert: „Mais in den Tank oder auf den Teller?“⁶

Experten sehen die Zukunft der Biotreibstoffe in einer anderen Produktionsweise, die als BTL (*Biomass-to-Liquids*) bezeichnet wird. Dabei werden ganze Energiepflanzen sowie Pflanzenabfälle, Holzreste und Stroh in einem Vergasungsprozess mit anschließender Verflüssigung in einen synthetischen Kraftstoff verwandelt. Erste Demonstrationsanlagen gibt es in Freiberg (Sachsen) in einem Projekt, an dem auch zwei große deutsche Automobilhersteller und die deutschen Töchter von zwei internationalen Mineralölkonzernen finanziell beteiligt sind. Die BTL-Technik gilt als ökologisch unbedenklich, ist aber noch nicht ausgereift und relativ teuer. Die Marktreife könnte aber mit weiteren Investitionen in Forschung und Entwicklung erreicht werden.

In vielen Entwicklungsländern stellt sich die traditionelle Biomasse-Nutzung als ein Kochen mit Brennholz, Holzkohle oder getrocknetem Kuhdung dar – meist in offenen Feuer-

stellen und in geschlossenen Räumen. Dabei wird der Energiegehalt des natürlichen Brennstoffs nicht effektiv genutzt, außerdem entstehen bei der Verbrennung viele gesundheitsgefährdende Stoffe wie Ruß und Kohlenmonoxyd, die den Tod von vielen Menschen herbeiführen können. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation sterben jährlich 1,6 Millionen Menschen an solchen Emissionen. Hier können bessere Kochstellen und Biogas eine Hilfe bieten.

Die deutsche und europäische Landwirtschaft hat durch die große Nachfrage nach Bioenergie eine neue Zukunftsperspektive gewonnen. Vom „Landwirt zum Energiewirt“ heißt die Devise. Die Prognosen bezüglich der möglichen Leistungen variieren beträchtlich und sind mit großer Vorsicht zu genießen, da häufig interessengeleitete Argumente und Berechnungen ins Feld geführt werden. Noch unübersichtlicher ist die Situation in vielen Entwicklungsländern, die ebenfalls große Hoffnungen in Bioenergien setzen. Es muss darauf geachtet werden, dass Natur, Umwelt und Klima durch diese Aktivitäten keinen irreparablen Schaden nehmen. Auch einer von der EU geplanten internationalen Zertifizierung ist mit einer gewissen Skepsis zu begegnen. Es fehlen die notwendigen Kontroll- und Sanktionsinstrumente, um Missbrauch zu begegnen.

	Energiedienstleistung			Gesamtleistung (TWh in 2006)	Stromanteil (%)
	Strom	Wärme	Treibstoff		
EEF-Technologie					
Wasserkraft	x	-	-	21,6	30,4
Windkraft	x	-	-	30,5	43,6
Fotovoltaik	x			2,0	
Solarthermie		x		3,3	
Geothermie		x		2,0	
Biomasse	x	x	x	18,7	26,0
Biogas	x	x	X		
Anteil 2006	12 %	6, %	6,5 %	70,0 Strom	100 %

Quelle: Aktuelle Energiedaten – nationale und internationale Entwicklung, Erneuerbare Energien, Tab. 20 , BMWi (Stand 2008)

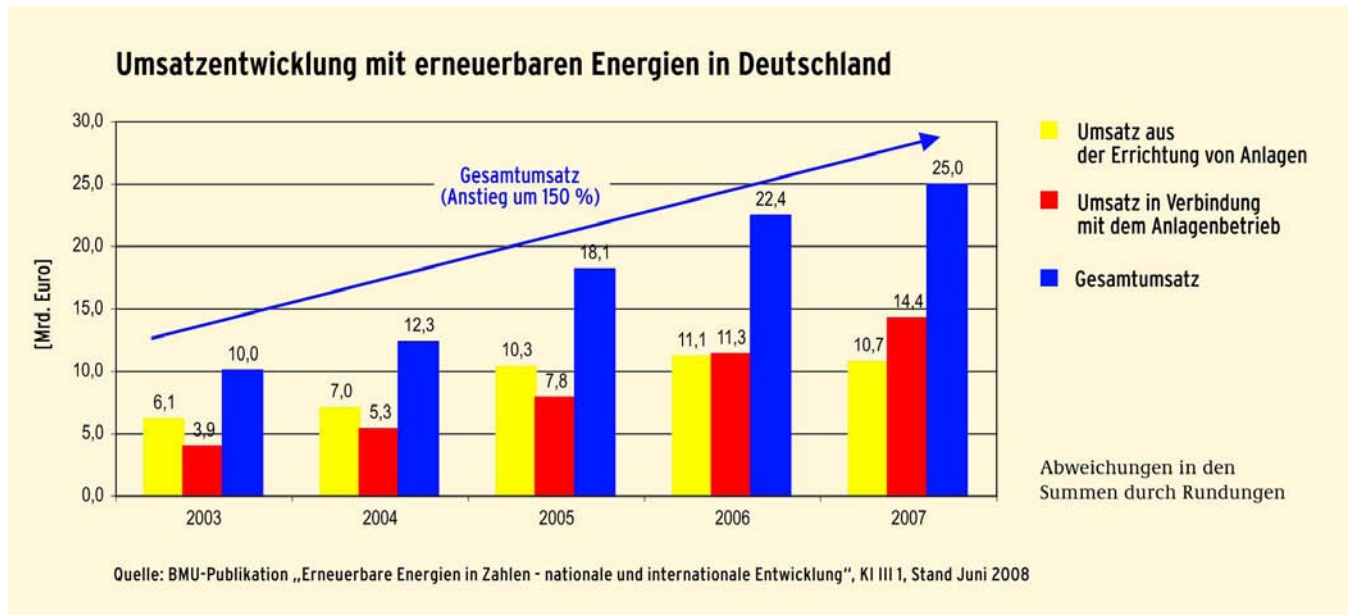
3. ERNEUERBARE ENERGIEN ALS NEUES GESCHÄFTSFELD

Die Branche der erneuerbaren Energien hat in den letzten Jahren dank Förderung durch die vom EEG garantierten Vergütungen einen rasanten Aufschwung erlebt. Es ist in Deutschland ein lukratives Geschäftsfeld entstanden mit mittlerweile rund 250.000 neuen Arbeitsplätzen in vornehmlich klein- und mittelständischen Betrieben, häufig in strukturschwachen Regionen. Vom Boom der erneuerbaren Energien profitieren auch die traditionellen Wirtschaftszweige: So bekommen zum Beispiel Stahlgießereien, Getriebebauer und Zementhersteller immer mehr Aufträge aus der Wachs-

tumsbranche Windindustrie. Der Umsatz in der gesamten Branche erreichte 2007 bereits einen Wert von 25 Milliarden Euro (Abbildung 1). Den größten Anteil daran hatten die Bereiche Bioenergien (41 Prozent), Windkraft (23 Prozent) und Solarenergien (29 Prozent). Die Wasserkraft (fünf Prozent) und Geothermie (2,4 Prozent) folgten mit großem Abstand. Die Investitionen betragen rund 8,7 Milliarden Euro, mit einem Wachstumsschub von 24 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Allein drei Milliarden Euro investierte die Fotovoltaik-Industrie; rund 2,5 Mrd. gingen in die Entwicklung von Bioenergien bei der Strom- und Wärmeerzeugung, und um 2,1 Milliarden legte die Windkraft-Branche zu.⁷ Die lange im Stromsektor dominierende Wasserkraft ist technologisch



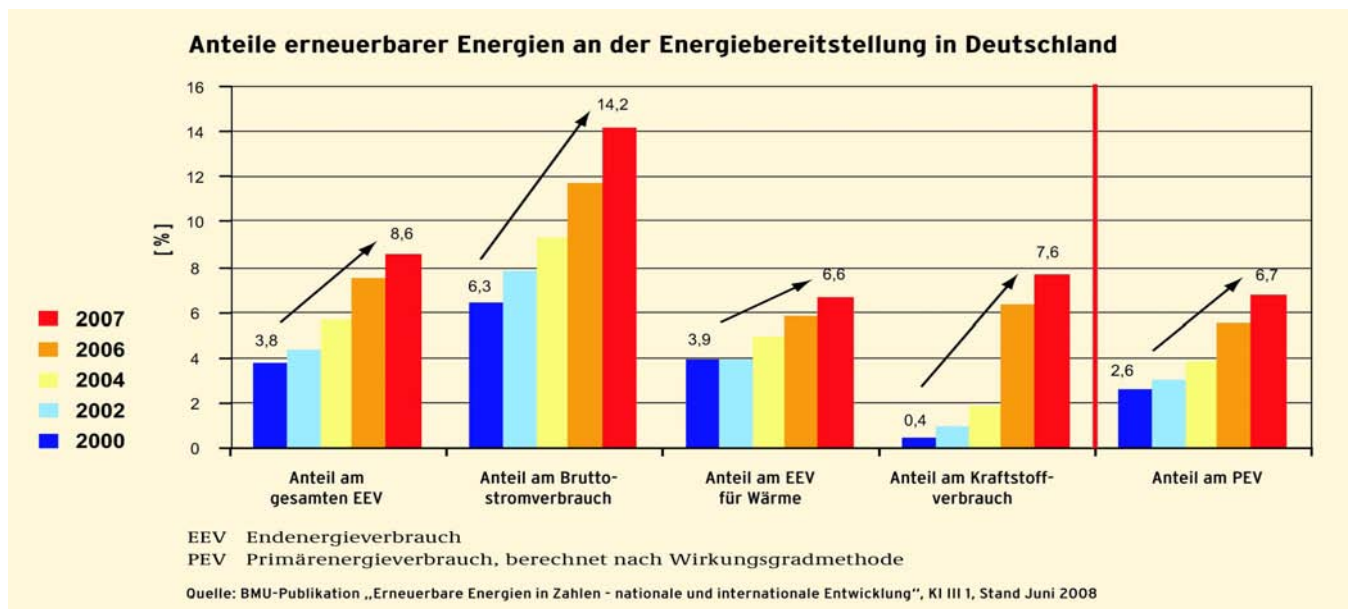
Abbildung 1



ausgereift und hat nur noch wenige Entfaltungsmöglichkeiten in Deutschland. Die Erdwärme steht erst am Anfang ihrer Entwicklung, wobei die Anwendung von oberflächennahen Wärmepumpen derzeit häufiger ist als die kostenaufwändige Tiefengeothermie zur Strom- und Wärmegewinnung. Jede einzelne Branche hat einen eigenen Interessenverband gegründet, die sich auf Bundesebene in einem nationalen Lobby-Verband, dem Bundesverband für Erneuerbare Energien (BEE), zusammengeschlossen haben. Mit eigenen Veranstaltungen und Publikationen entfalten sie öffentlichkeitswirksamen Druck auf die Politik zugunsten einer weiteren Förderung ihrer Mitglieder.

Die Wachstumschancen der Zukunftsbranche Erneuerbare Energien werden als sehr gut eingeschätzt. Zu diesem Ergebnis kam 2006 eine Umfrage der Unternehmensberatung Roland Berger im Auftrag des BMU.⁸ Zwischen 2005 und 2020 will die Branche mindestens 200 Milliarden Euro investieren, damit mehr als 20 Prozent des Bedarfs an Strom, Wärme und Kraftstoffen in Deutschland gedeckt werden kann. Im Jahr 2007 waren es 14,2 Prozent der Stromproduktion (eine Verdoppelung innerhalb von nur sieben Jahren), 6,6 Prozent des Wärmemarktes und 7,6 Prozent der Treibstoffmenge, die mit Hilfe der erneuerbaren Energien und modernen Technologien erzeugt wurden. Insgesamt ergibt sich daraus ein Anteil von 8,6 Prozent am Endenergieverbrauch (Abbildung 2)⁹.

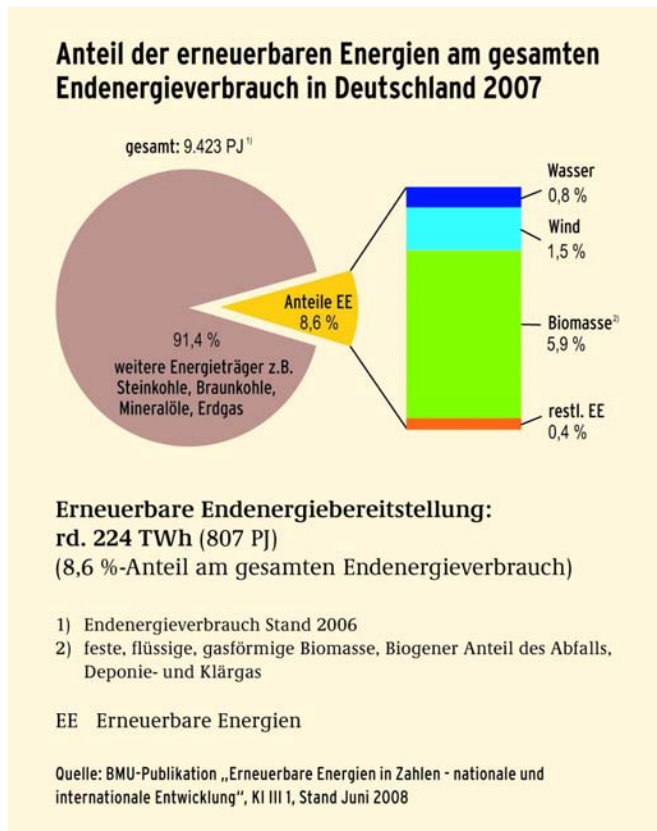
Abbildung 2





Betrachtet man den Beitrag der erneuerbaren Energien differenzierter, so ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 3): Spitzenreiter ist die Nutzung von Biomasse (nachwachsende Rohstoffe, einschließlich festen und gasförmigen Abfällen), die unter Berücksichtigung aller Verwertungsformen (Strom, Wärme, Treibstoffe) rund 70 Prozent ausmacht. Erst mit einigem Abstand folgen die Windkraft (15 Prozent) und die Wasserkraft (zwölf Prozent).

Abbildung 3



Ohne den Beitrag neuer technischer Entwicklungen wäre die intensive Nutzung der erneuerbaren Energien aber kaum denkbar. Hier haben sich deutsche Ingenieure und Planer sowie die Fertigungsindustrie einen deutlichen Wettbewerbsvorteil erarbeitet. Neben der inländischen will auch die internationale Nachfrage nach deutscher Energietechnik befriedigt werden. Das schafft Exportchancen auf Auslandsmärkten und unter dem Strich viele neue Arbeitsplätze. Deren Zahl soll sich nach Schätzungen von Experten bis 2020 noch einmal verdoppeln, auf rund 500.000. Die Berger-Studie wagt sogar die Prognose, dass die Branche der Umwelttechnologien, zu denen auch die erneuerbaren Energien zählen, die deutsche Automobilindustrie bis dahin als umsatzstärkste Branche ablösen könnte.

Trotz der verständlichen Euphorie sollte nicht übersehen werden, dass man selbst in Deutschland noch weit von einer in der Branche angestrebten Vollversorgung mit erneuer-

baren Energien entfernt ist. Viele Experten bezweifeln, dass diese überhaupt realisierbar sei und betonen, dass dieser Weg auch mit hohen volkswirtschaftlichen Kosten verbunden sein wird. Ein möglicherweise bis 2020 erreichbarer 20prozentiger Anteil erneuerbarer Energien am Endverbrauch bedeutet, dass die restlichen 80 Prozent immer noch von fossilen Energieträgern (Öl, Gas, und Kohle) sowie mit Hilfe der Kernenergie erzeugt werden müssen. Wenn man auf letztere dann in Deutschland auch noch verzichtet, was u. a. das Bundeswirtschaftsministerium kritisch hinterfragt,¹⁰ bleibt der Energiemix weiterhin stark CO₂-lastig und klimaschädlich. Auch der wachsende lokale Widerstand gegen den Neubau von Kohlekraftwerken aus Umwelt- und Klimaerwägungen, der von politischen Gruppen und Umweltverbänden in der Tradition der früheren Anti-AKW-Bewegung organisiert wird, offenbart das Dilemma, zwischen Versorgungssicherheit und Klimaschutz abwägen zu müssen. Kommt es möglicherweise bis 2020 zu einer gravierenden „Stromlücke“ in Deutschland, wie es die Dena-Kraftwerksstudie behauptet,¹¹ falls neben der Kernenergie auch auf die Kohle zur Verstromung verzichtet wird, oder kann der forcierte Ausbau der erneuerbaren Energien diese Lücke kompensieren?¹² Beide energiepolitischen Ziele – Versorgungssicherheit und Klimaschutz – müssen mit einem akzeptablen und bezahlbaren Energiemix in Einklang gebracht werden. Was zählt ist kein „entweder – oder“, sondern ein „sowohl als auch“.

Eine Schlüsselgröße bei der Erfüllung der deutschen Klimaziele spielt in den Plänen der Bundesregierung der beschleunigte Ausbau der Windenergiekapazitäten, insbesondere nachdem die bislang wenig nachhaltige Produktion von Biotreibstoffen international in Misskredit geraten ist und auch der deutschen Branche einen wirtschaftlichen Einbruch beschert hat. Doch die Errichtung der vielen schon genehmigten Windparks im Offshore-Bereich vor den Küsten von Nord- und Ostsee verzögert sich und ist wegen vieler technischer Herausforderungen, aber auch aus finanziellen Gründen, in schwieriges Fahrwasser geraten. Ob angesichts der aktuellen Finanzkrise die geplanten Investitionen noch termingerecht realisiert werden können, steht in Frage. Die großen Energieversorgungsunternehmen und Investment-Fonds, die sich hier beteiligen wollten, müssen sich nun entscheiden, ob sie lieber in den Neubau von konventionellen Kohle- oder Gaskraftwerke investieren oder in den Bau von Offshore-Windparks. Schwierige Kalkulationen und Unternehmensentscheidungen stehen an, die von diversen wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen beeinflusst werden, wie dem künftigen CO₂-Preis bei der von der EU-Kommission geplanten Vollversteigerung von Emissionsrechten ab 2013. Wird dadurch die Kohle als Energieträger verteuert, werden möglicherweise neue Kohlekraftwerke unrentabel, mit der Folge, dass die Aktien für Windenergie bzw. erneuerbare Energien generell steigen. Energiepreise diktieren die Entwicklung weg von den fossilen Energien und hin



zu den Erneuerbaren. Der Trend ist erkennbar und unumkehrbar, aber das Tempo der Entwicklung ist noch ungewiss. Das trifft übrigens auch auf andere Technologiepfade zu. Viele Hoffnungen werden von manchen Wissenschaftlern und Experten auf eine Energiewende in Richtung einer Wasserstoff-basierten Wirtschaft gesehen, die bislang aber unerfüllt bleiben. Zwar gibt es einzelne Pilotprojekte, wie wasserstoffbetriebene Busse und PKW, doch der große technologische Durchbruch blieb bisher aus. Wasserstoff (H_2) ist ähnlich wie Strom ein sekundärer Energieträger, d. h. er muss erst aufwändig erzeugt werden und ist nur schwer speicherfähig, entweder in Behältern bei hohem Druck (100-400 bar) oder bei extrem niedrigen Temperaturen (minus 264 Grad Celsius). Die bei der Herstellung von Wasserstoff investierte Energie wird wieder frei gesetzt, indem man ihn mit Sauerstoff reagieren lässt. Dies kann entweder in Brennstoffzellen zur Erzeugung von elektrischer Energie, in Verbrennungsmotoren zur Erzeugung von mechanischer Energie oder durch einfache Verbrennung zur Wärmeerzeugung erfolgen. Weil bei der Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff nur reines Wasser entsteht, werden weder Treibhausgase noch andere Schadstoffe ausgestoßen. Der Umwelt- und Klimabonus von Wasserstoff ist jedoch nur gewährleistet, wenn er mit Hilfe von Strom aus erneuerbaren Energien wie Sonnenenergie oder Windkraft bzw. Biomasse hergestellt wird. In manchen Ländern wird auch über den Einsatz von Kernenergie zur Wasserstoffproduktion nachgedacht. Als mögliches Speichermedium ist Wasserstoff wegen der hohen erforderlichen Infrastrukturkosten für Lagerung, Transport und Vertrieb schlichtweg nicht konkurrenzfähig. Außerdem wird bei der Nutzung von Wasserstoff als Energieträger höchstens etwa 25 Prozent des Stroms genutzt, aus dem er durch Elektrolyse gewonnen wird. Brennstoffzellen können insbesondere im stationären Einsatz, z. B. in kleinen dezentralen Blockkraftwerken, viel günstiger mit Methanol-Gas betrieben werden. Allerdings ist auch die Brennstoffzellen-Technologie noch längst nicht ausgereizt.

4. ERNEUERBARE ENERGIEN UND ENERGIEEFFIZIENZ

Die erneuerbaren Energien können ihren Beitrag zum Klimaschutz (Reduzierung von Treibhausgasen) quantitativ nur erfüllen, wenn der künftige Energiekonsum weltweit zurückgeschraubt werden kann. Dabei kommt die Energieeffizienz ins Spiel, denn mit technischen Neuerungen an Geräten und Prozessen lässt sich viel Energie einsparen.

Das fängt auf der Angebotsseite an, in der Energiewirtschaft, wo sich die Produktion und der Vertrieb von Strom, Wärme und Kraftstoffen durch neue Verfahren und Materialien effektiver und verlustfreier gestalten lassen. Das kommt natürlich auch der Umwelt und dem Klima zugute. Auf der Nachfrageseite, in den Verbrauchssektoren Industrie, Privathaushalte

und Verkehr/Transport, können energiesparende Innovationen durch eine Vielzahl von Maßnahmen angeregt werden. So wird das in Deutschland mit Hilfe des integrierten Klima- und Energieprogramm der Bundesregierung von 2007/2008 auf der Basis der Meseberg-Beschlüsse versucht, u. a. mit Vorgaben für den KWK-Ausbau, der Novelle zur Energieeinsparverordnung und finanziellen Anreizen zur Gebäudesanierung.¹³

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind wie die zwei Seiten einer Medaille, sie gehören zusammen. Nur in entsprechenden Kombinationen können sie volle Wirkung entfalten. So sind auch die Hersteller und das Handwerk, die sich in der Entwicklung und Installation neuer energiesparender Produkte und Verfahren betätigen, zum „Grünen Markt“ zu rechnen, dem von Politik und Wirtschaft große Zukunftschancen eingeräumt werden. Ihm wird sogar die Jahrhundertaufgabe eines globalen Umbaus unseres Energie- und Wirtschaftssystems zugewiesen. Viele Experten sprechen von einer „dritten industriellen Revolution“, die uns in den Industriegesellschaften bevorsteht.¹⁴ Viele Schwellen- und Entwicklungsländer versuchen allerdings gerade die erste und zweite Welle der industriellen wirtschaftlichen Entwicklung zu vollziehen. Das geht in der Regel mit einem höherem Energieeinsatz und vermehrten CO₂-Emissionen vonstatten, was die globale Klimaproblematik verschärft. Deshalb ist für diese Staaten eine technische und finanzielle Unterstützung beim Aufbau nachhaltiger Energiestrukturen sehr wichtig. Das Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) will mit zwei Exportinitiativen zur Förderung von erneuerbaren Energien und zur Förderung von Energieeffizienz dabei behilflich sein, gleichzeitig aber auch die Chancen der deutschen Exportwirtschaft in diesen Bereichen verbessern.¹⁵ Der erforderliche Technologietransfer vollzieht sich gegen Geld über den internationalen Handel mit Umweltgütern und Energiedienstleistungen. Die Politik kann diesen Prozess flankieren und auch fördern, er muss sich letztlich aber auch wirtschaftlich rechnen.

Öffentlich in Erscheinung getreten ist auch eine von den beiden Bundesministerien für Umwelt und für Landwirtschaft, von den Branchenverbänden und zahlreichen Unternehmen der Branche unterstützte Informationskampagne für erneuerbare Energien. Sie firmiert seit 2006 unter dem Label „Deutschland hat unendlich viel Energie“¹⁶ und hat mit Professor Klaus Töpfer einen prominenten Schirmherrn gewonnen. Der frühere Umweltminister und spätere Direktor des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) plädiert für einen verantwortungsvollen, klimaverträglichen Umgang mit Energie. Seiner Meinung nach lohnen sich Investitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien, weil sie die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit und eine bezahlbare Energieversorgung für morgen sichern helfen. Darüber hinaus dienen sie dem globalen Klimaschutz.¹⁷



5. FAZIT: KOSTEN UND NUTZEN

Die Entwicklung und Markteinführung neuer technisch verbesserter Verfahren zur Nutzung von Sonnenenergie, Wind- und Wasserkraft, nachwachsenden Rohstoffen und Erdwärme für die Strom-, Wärme/Kälte- und Treibstoffproduktion kostet viel Geld für Investitionen und Subventionen. Sie rechnen sich in der Regel für die Investoren und Produzenten in Form von hohen, sicheren Renditen, aber auch für den Staat in Form von höheren Steuereinnahmen. Dafür zahlt der deutsche Verbraucher die politisch gewollte Förderung der erneuerbaren Energien mit höheren Strom-, Gas- und Benzinpreisen. Inzwischen ist der mit Steuern und Abgaben belastete, staatlich veranlasste Teil der individuellen Strom- und Gasrechnung auf rund 40 Prozent, der Benzinrechnung sogar auf rund 60 Prozent angestiegen. Viele Bürger und Unternehmen halten diese Kostenbelastung für zu hoch. Bei weiterhin steigenden Energiepreisen wünschen sich viele eine Entlastung an dieser Stelle. Doch Fachpolitiker und Energieexperten argumentieren, dass höhere Preise auch stärkere Einspareffekte nach sich ziehen und insofern eine wichtige Lenkungsfunction haben. Hier offenbart sich ein Dilemma: Hohe Energiepreise können zwar als Technologie- und Innovationstreiber wirken, aber sie werden vom Verbraucher (egal ob Privathaushalt oder Wirtschaftsunternehmen) auch als eine ungeliebte Kostenbelastung wahrgenommen.

Allein für die Fotovoltaik belaufen sich die Anschubinvestitionen als Folge der gesetzlich festgelegten Einspeisevergütungen auf derzeit 250 Millionen Euro pro Jahr. Für jede Kilowattstunde Solarstrom mussten die Energieversorger ab 2004 einem privaten Betreiber mit Anlagen auf einem Gebäude 44,4 Cent zahlen (jetzt 43,0 Cent)¹⁸ und das 20 Jahre lang. Erst mit diesen Vergütungssätzen lohnt sich der Betrieb. Beim kürzlich eröffneten 5-MW-Solkraftwerk in der Nähe von Leipzig wird mit einem Gestehungspreis von 41 Cent pro kWh gerechnet. Rein wirtschaftlich betrachtet, macht diese Investition eigentlich keinen Sinn, weil es kostengünstigere Formen der Stromproduktion gibt. So muss man dieses Unternehmen wohl eher als eine Art der Technologieförderung sehen. In gewisser Weise zahlen deutsche Stromkunden die technischen Entwicklungskosten der Branche (und ihre Gewinne) und zwar weltweit, denn ausländische Hersteller verkaufen ihre Produkte wie Solarzellen auch auf dem für sie so lukrativen deutschen Markt.

Nach vorliegenden Zahlen stiegen die durch das EEG veranlassten Kosten für die Stromverbraucher kontinuierlich an, von insgesamt 1,0 Mrd. Euro (2000) auf 4,3 Milliarden Euro (2007).¹⁹ Das bedeutet eine Verteuerung der individuellen Stromrechnung um ein Cent pro Kilowattstunde. Bei einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von 15.000 kWh für einen Dreipersonen-Haushalt ist das eine zusätzliche Belas-

tung von 150 Euro im Jahr. Das wird von der Politik als akzeptabel angesehen. Es ist der Preis, den jeder Bürger für den Klimaschutz zahlen muss. Denn der Hauptvorteil der erneuerbaren Energien liegt darin, dass durch ihre Nutzung allein im Jahr 2007 in Deutschland rund 115 Millionen Tonnen CO₂ vermieden wurden bei einer Gesamtbilanz von 799 Mio. Tonnen energiebedingter Emissionen. Den größten Einspareffekt hatte hier die Produktion von Ökostrom. Außerdem wurden in Deutschland 4,3 Milliarden Euro volkswirtschaftliche Kosten eingespart, die sonst für Energieimporte notwendig gewesen wären.²⁰ Zweifelhaft ist, ob damit auch dem globalen Ressourcenschutz Rechnung getragen wird, denn es ist aktuell nicht zu bemerken, dass sich der weltweite Verbrauch fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien in erheblichem Umfang reduziert. Im Gegenteil, die großen Schwellenländer China und Indien nutzen in immer stärkerem Maße ihre preiswerte Kohle zur Verstromung. Auch die weltweite Nachfrage nach Öl und Gas hat weiterhin steigende Tendenz.

Trotz aller erkennbaren Vorteile, gibt es auch Stimmen aus Politik und Wirtschaft, die vor einer drohenden De-Industrialisierung Deutschlands warnen. Wenn die energieintensiven Branchen wie Aluminium, Stahl, Zement und Chemie wegen hoher Energiepreise strukturelle Wettbewerbsnachteile erleiden und in Länder abwandern, die noch keine Klimaauflagen erfüllen müssen, wäre dem weltweiten Klimaschutz damit sicherlich nicht gedient. Außerdem wird die Förderung bestimmter Branchen nach dem EEG, insbesondere der Fotovoltaik, von Experten als viel zu teuer und ineffizient kritisiert. Nach Berechnungen des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung (RWI) beläuft sich die Fördersumme für die bis heute installierten Anlagen auf insgesamt 14,3 Milliarden Euro. Würden die derzeitigen Förderbedingungen für die Fotovoltaik bis 2020 fortgeschrieben, müssten die Verbraucher am Ende sogar 63 Milliarden Euro zusätzlich zahlen.²¹ Die Vergütungen für Solarstrom seien rund zehnmal höher als die Erzeugungskosten konventionellen Stroms und betrügen mehr als fünfmal soviel wie jene für Strom aus Windenergie. Das sei ökonomisch unsinnig, zumal der Beitrag von Solarstrom zur Gesamtstromproduktion minimal sei. Jede durch Solarstrom vermiedene Tonne Kohlendioxid müsse mit 900 Euro teuer erkaufte werden. Es gäbe effektivere Methoden der Technologieförderung als eine sich über zwei Jahrzehnte erstreckende Subventionierung der Branche, so das Urteil der Wirtschaftsforscher. Rückendeckung erhält das RWI von Verbraucherschützern. Es habe in den vergangenen Jahren bei der Erzeugung von Ökostrom erhebliche Lernkurven gegeben, aber die Fotovoltaik-Branche habe die gesunkenen Kosten nicht an die Verbraucher weitergegeben, vielmehr die Gewinne selbst kassiert. Deshalb wurde von vielen Seiten gefordert, die Höhe der Einspeisevergütung deutlich degressiver als bislang zu gestalten und der stark verbesserten Effizienz bei der Anla-



genproduktion anzupassen. Dieser Forderung hat der Bundestag bei der Novelle des EEG 2008 in Teilen entsprochen,²² ohne der Branche aber weh zu tun.

Experten behaupten, dass der aus Windenergie erzeugte Ökostrom schon heute konkurrenzfähig sei mit dem in konventionellen Kohlekraftwerken produzierte Strom. Außerdem zeige der langjährige Trend, dass Ökostrom immer preisgünstiger auf dem Markt zu haben sei, während der mit fossilen Energieträgern erzeugte Strom zunehmend teurer würde.²³ Inwieweit in diesen Aufrechnungen die tatsächlichen Zusatzkosten der Windenergie, nämlich die Bereithaltung von Reservekapazitäten bei Spitzenlastkraftwerken zur Absicherung der fluktuierenden Stromeinspeisung aus Windkraftanlagen sowie der erforderliche Netzausbau mit berücksichtigt wurden, bleibt offen.²⁴ Jede Seite versucht mit den für sie am günstigsten erscheinenden Statistiken in der öffentlichen und politischen Debatte zu punkten. Eine Markt- und Kostentransparenz ist damit nur schwer herzustellen.

Eines ist jedoch klar: Der Nutzen der erneuerbaren Energien zusammen mit einer effizienteren und sparsameren Nutzung der fossilen Energieträger kommt erst dann voll zum Tragen, wenn alle Länder – Industrie- wie Entwicklungsländer – sich an diesen Projekten beteiligen. Als Durchbruch für den weltweiten Ausbau der erneuerbaren Energien wird die im Oktober 2008 in Madrid zwischen 51 Staaten vereinbarte Gründung einer Internationalen Agentur für erneuerbare Energien (IRENA) gefeiert, die im Januar 2009 in Bonn aus der Taufe gehoben werden soll.²⁵ Die Agentur wird ihre Mitgliedsstaaten beraten, wie sie gezielt ihre politischen Rahmenbedingungen anpassen, Kompetenzen aufbauen sowie Finanzierung und Technologietransfer für erneuerbare Energien verbessern können. Diese spielen für eine zukunftsfähige und klimafreundliche Energieversorgung eine unverzichtbare Rolle. Allerdings müssen wir auch künftig bereit sein, viel Geld dafür zu mobilisieren.

- 1/ Vgl. *BMU-Hintergrundpapier vom 06.06.2008: „Was bringt das neue Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)?“*
- 2/ *„Ökologische Industriepolitik: Nachhaltige Politik für Innovation, Wachstum und Beschäftigung“, BMU-Broschüre, Oktober 2008.*
- 3/ *„Analyse und Bewertung der Wirkungen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) aus gesamtwirtschaftlicher Sicht“, BMU-Studie, Februar 2008.*
- 4/ Vgl. *Deutsche Energieagentur (dena): „Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020“.*
- 5/ *Das Desertec-Konzept wird in Deutschland offiziell von TREC, einer Initiative des Club of Rome, vertreten: www.desertec.org/de*
- 6/ *Dazu u.a. „Bioenergie aus Lateinamerika: Nachhaltiger Kraftstoff oder ökosozialer Zündstoff?“ von Frank Zirkl, in GIGA-Focus, Nr. 9, 2008.*
- 7/ *Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung, BMU-Broschüre, Juni 2008.*
- 8/ *Nach einer Studie der Unternehmensberatung Roland Berger Strategy Consultants liegt bereits heute das globale Marktvolumen für Umweltschutztechnik bei über 1.000 Mrd. Euro: im Jahr 2020 könnte es sogar die doppelte Summe sein. Die Berater untersuchten dafür sechs umwelttechnologische Leitmärkte: Energieerzeugung und -speicherung, Energieeffizienz, Mobilität, Kreislaufwirtschaft, Wasserwirtschaft und nachhaltiger Umgang mit Rohstoffen.*
- 9/ *Abb. 1, das die Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland von 2000 bis 2007 zeigt. Am auffälligsten ist das schnelle Wachstum der Erneuerbaren bei der Stromerzeugung.*
- 10/ *BMWi-Broschüre von Oktober 2008: „Sichere, bezahlbare und umweltverträgliche Stromversorgung in Deutschland: Geht es ohne die Kernenergie?, download: www.bmwi.de*
- 11/ *Siehe die Kurzfassung der zentralen Ergebnisse in: „Kurzanalyse der Kraftwerks- und Netzplanung in Deutschland bis 2020 (mit Ausblick auf 2030)“, download: www.dena.de*
- 12/ *Dieses behauptet eine von Greenpeace in Auftrag gegebene Studie, deren Ergebnisse auf der Homepage: www.greenpeace.de wiedergegeben werden: „Keine Lücken in der Stromversorgung“.*
- 13/ *„Das Integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung (IKEP)“, download: www.bmu.de Eine kritische Bewertung der einzelnen Maßnahmen nimmt Greenpeace vor in einer Stellungnahme vom 17.06.2008.*
- 14/ *Im Oktober 2008 fand die dritte Innovationskonferenz in Berlin statt. Sie stand unter dem Thema „Faktor X: Eine dritte Industrielle Revolution“. www.bmu-innovationskonferenz.de*
- 15/ *Informationen dazu unter den entsprechenden websites des BMWi: www.exporthinitiative.de, www.encyclopedia-from-germany.de, www.german-renewable-energy.com*
- 16/ *Sie tritt mit einer so betitelten Broschüre und einer eigenen Website (www.unendlich-viel-energie.de) auf.*
- 17/ *Ebenda, S. 4.*
- 18/ *Vergleich der EEG-Vergütungsregelungen für 2009, Bundestagsbeschluss zum EEG vom 06.06.2008.*
- 19/ *„Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung“, BMU, Juni 2008.*
- 20/ *„Vermiedene Energie-Importe und externe Kosten durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2007“, BMU-Gutachten, Juni 2008.*
- 21/ *Vgl. „Photovoltaik: Wo viel Licht ist, ist auch viel Schatten“, von Manuel Fronzel, Nolan Ritter und Christoph M. Schmidt, in: RWI-Positionen Nr. 18.2 vom 10.12.2007.*
- 22/ *Vergleich der EEG-Vergütungsregelungen für 2009, Bundestagsbeschluss zum EEG vom 06.06.2008.*
- 23/ *BMU-Leitstudie 2008: „Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas“, von Joachim Nitsch in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).*
- 24/ *Diese hat Georg Erdmann in einer Kurz-Studie im Auftrag der Wirtschaftsvereinigung Metalle mit 445 Mio. Euro für 2006 errechnet in: „Indirekte Kosten der EEG-Förderung“, TU Berlin, August 2008.*
- 25/ *„Durchbruch für Ausbau der erneuerbaren Energien: Im Januar 2009 wird internationale Agentur gegründet“, Pressemitteilung Nr. 231/08 BMU vom 25.10.2008.*