

■ Erneuerbare Energien in Markt, Politik und Gesellschaft

- Wie nachhaltig ist die deutsche Energieversorgung?
Nachhaltigkeit als Steuerungskonzept
- Die Vermarktung von Ökostrom im liberalisierten
Strommarkt
- Lernen am Markt – die Bedeutung anwendungs-
naher Forschung in gemeinsamer Verantwortung
mit der Wirtschaft
- Export erneuerbare Energietechniken –
Ländliche Elektrifizierung
- Erneuerbare Energien und Arbeitsplätze
in gesamtwirtschaftlicher Betrachtung

Wie nachhaltig ist die deutsche Energieversorgung? Nachhaltigkeit als Steuerungskonzept

Jürgen-Friedrich Hake
FZ Jülich
jfh@fz-juelich.de

Wolfgang Fischer
FZ Jülich
wo. fischer@fz-juelich.de

Dr. Holger Schlör
FZ Jülich
h.schoer@fz-juelich.de

Einleitung

Spätestens seit der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992 und der Johannesburg Konferenz 2002 ist „nachhaltige Entwicklung“ als Leitbild für gesellschaftliche und politische Prozesse etabliert [1, 2]. Seither geht es im Wesentlichen darum, das Leitbild zu interpretieren, zu konkretisieren, und an seiner praktischen Umsetzung zu arbeiten.

In der Debatte um nachhaltige Entwicklung haben sich zwei Ansätze herauskristallisiert, die sich hauptsächlich bezüglich ihrer Systemgrenzen unterscheiden:

- Bei der so genannten schwachen Nachhaltigkeit steht das Wohlfahrtsniveau der Menschen im Zentrum und die Systemgrenzen werden durch ökonomische Grenzen beschrieben. Die Ökologie ist ein Teil der Ökonomie.
- Bei der so genannten starken Nachhaltigkeit steht der Zustand des Naturkapitals im Mittelpunkt. Die Systemgrenzen werden durch ökologischen Grenzen beschrieben. Die Ökonomie ist ein Teil der Ökologie.

Neben diesen beiden Grundsatzpositionen entstand ein **Drei-Säulen Ansatz**, der davon ausgeht, dass nachhaltige Entwicklung ökonomische, soziale und ökologische Aspekte gleichberechtigt beachten muss. Die Säulen stehen in enger Verbindung zueinander und sollen zusammen gestaltet werden. Diese Einteilung hat ihren Ursprung im Bericht der Brundtland-Kommission und reflektiert die Struktur der Agenda 21. Je nach Gewichtung der Säulen bewegt sich der Ansatz in Richtung der starken oder schwachen Nachhaltigkeit. In jedem Fall wird die konkrete Entwicklung der Säulen anhand von messbaren Indikatoren beschrieben. Indikatoren sollen anzeigen,

wo Handlungsbedarf besteht und politische Maßnahmen am wirkungsvollsten sind (Orientierungsfunktion); sie sollen Fortschritte und Defizite erkennbar und messbar machen. Dazu müssen die mit ihnen verbundenen Aussagen für Wissenschaft und Politik kommunizierbar sein (Kommunikationsfunktion).

Nachhaltige Entwicklung im Energiesektor

Schon im Bericht der Brundtland-Kommission kommt der Energieversorgung eine wichtige Rolle zu [1, Kapitel 7]. Der Einsatz von Energie ermöglicht einerseits wirtschaftliche Entwicklung und Wohlstand, andererseits kann er negative Auswirkungen auf die Umwelt haben. In Deutschland wird die Frage, wie eine nachhaltige Energieversorgung gestaltet werden soll, seit langem ausführlich diskutiert. Die Entwicklung im Energiesektor kann anhand des Drei-Säulen-Modells mit Hilfe von Indikatoren beschrieben werden.

Ausgewählte Indikatoren für die Energieversorgung

Für die folgende Analyse wurden beispielhaft 14 energierelevante Indikatoren aus den Arbeiten des Deutschen Bundestages und der Bundesregierung für das Drei-Säulen-Modell ausgewählt [3, 4]:

- Die **Umweltsäule** wird durch sechs Indikatoren beschrieben (SO_x, NO_x, CO, Staub, Treibhausgase (THG) und radioaktiven Abfall als Reststoff der Kernenergie) [5].

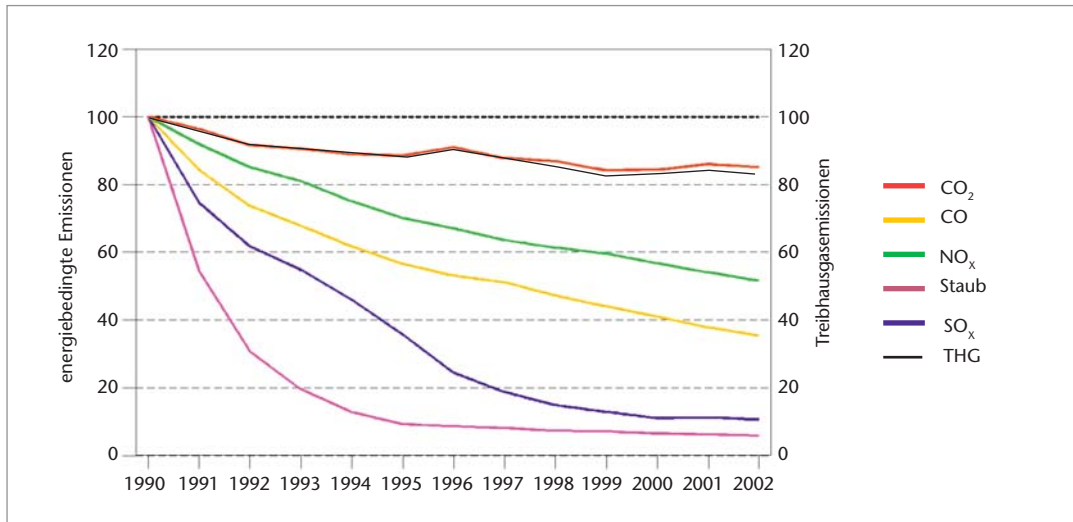


Abbildung 1
Entwicklung der energiebedingten Emissionen und der Treibhausgasemissionen (THG) 1990 – 100

Quelle: Energiedaten 2006

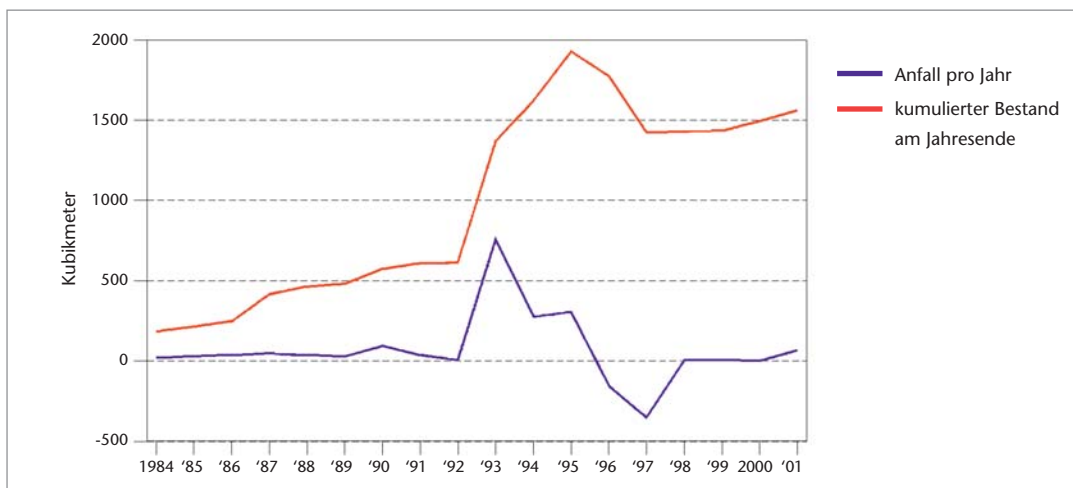


Abbildung 2
Anstieg der als radioaktiver Abfall deklarierten wärmeentwickelnden Reststoffe im Zeitraum 1984 - 2001 (konditionierte Abfälle in cbm)

Quelle: RS-Handbuch, 32. Ergänzung, 6/2005

- Die **ökonomische Säule** der Nachhaltigkeit steht für Nettoimportquote, Energieintensität, Energiemix, Energiekosten im verarbeitenden Gewerbe und den Wettbewerb (qualitativ)
- Die **soziale Säule** wird mit Hilfe der Entwicklung der Energiekosten privater Haushalte, der Beschäftigten im Energiebereich und der Benzinkosten im Verhältnis zum Bruttolohn definiert.

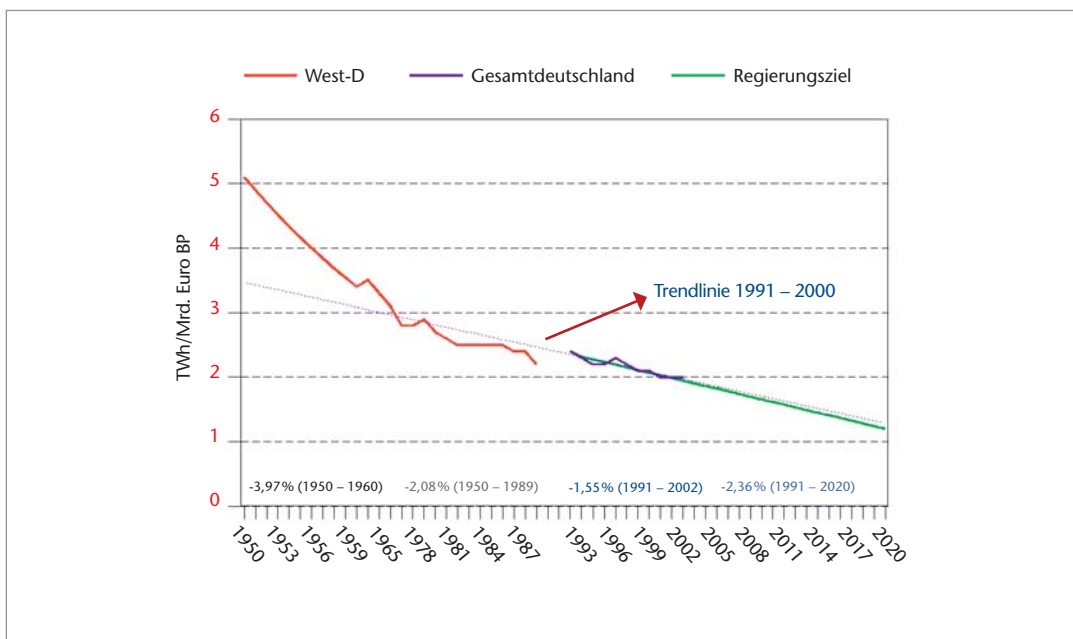
Umwelt

In vielen Diskussionen um eine nachhaltige Entwicklung spielen die Treibhausgasemissionen eine herausgehobene Rolle. Während die traditionellen energiebedingten Emissionen sinken, stagnieren die CO₂-Emissionen.

Die Treibhausgasemissionen insgesamt sind aufgrund struktureller Veränderungen insbesondere in Ostdeutschland im Trend rückläufig. Zu dieser Reduktion haben die CH₄-Emissionen im Bereich der Abfallbehandlung beigetragen. Diese Entwicklung muss jedoch aus Sicht des Klimaschutzes als nicht ausreichend bezeichnet werden.

Die Nutzung der Kernenergie ist mit radioaktiven Abfällen verbunden. Ihr Bestand hat sich im Zeitraum von 1984 bis 2001 von 184 cbm auf 1559 cbm in 2001 erhöht [6]. Ein Konzept für die Endlagerung konnte noch nicht verabschiedet werden.

Abbildung 3
Entwicklung der
Energieintensität
in Deutschland
1950-2020 in
TWh/Mrd. €
Quelle: Energiedaten 2006



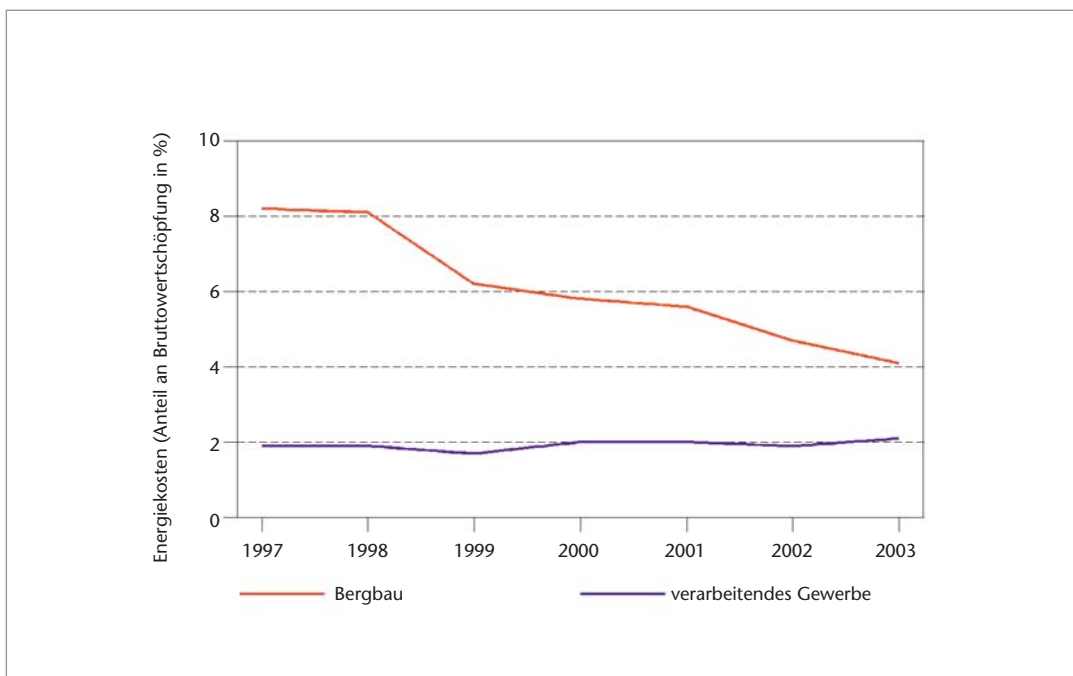
Wirtschaft

Für die ökonomische Beurteilung des Energiesektors ist die Energieeffizienz ein wichtiger Indikator.

Die Energieintensität (TWh/1 Mrd. € Bruttoinlandsprodukt) ist aufgrund technologischer und struktureller Einflüsse in den 50er Jahren in Deutschland um nahezu 4% pro Jahr gesunken.

In dem darauf folgenden Jahrzehnt hat sie nur noch um 2% pro Jahr abgenommen. Nach der Vereinigung sank die Energieintensität nur noch um 1,5% pro Jahr. Eine vorsichtige Trendanalyse zeigt, dass Deutschland in Gefahr läuft, sein ehrgeiziges Ziel [4], die Energieintensität um 2% pro Jahr zu verringern, zu verfehlen. Für die Beurteilung des Energiesystems spielt die Entwicklung der Energiekosten eine wichtige Rolle.

Abbildung 4
Entwicklung der
Energiekosten
im verarbeitenden
Gewerbe und
im Bergbau
Quelle: Energiedaten 2006



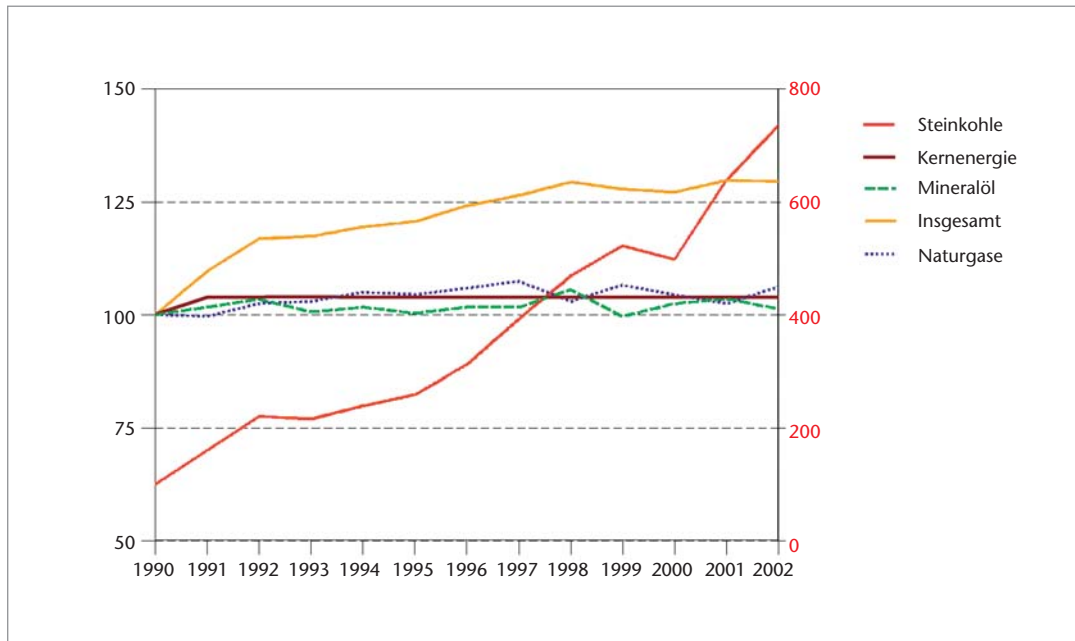


Abbildung 5
Importabhängigkeit
der deutschen
Energieversorgung
1990-2002

Quelle: Energiedaten 2006

Die Energiekosten sind im verarbeitenden Gewerbe seit Mitte der 90er Jahre einigermaßen konstant geblieben und im Bergbau sind sie sogar rückläufig.

Des Weiteren soll eine nachhaltige Energieversorgung neben Effizienz sowie Umwelt- und Klimaschutz auch ein hohes Maß an Versorgungssicherheit gewährleisten.

Die Entwicklung der Nettoimportquote zeigt, dass Deutschland bis auf die Braunkohle eine

hohe und z.T. steigende Importabhängigkeit aufweist (60-100%). Diese Entwicklung spiegelt sich auch im deutschen Energiemix wieder. Der Anteil der heimischen fossilen Energieträger hat seit den 90er Jahren kontinuierlich abgenommen, wohingegen der Anteil der importierten Energieträger – vor allem Erdgas – am Primärenergieverbrauch stetig zugenommen hat. Dieser strukturelle Wandel hat aber bisher nicht zu spürbaren Störungen in der Versorgung in Deutschland geführt.

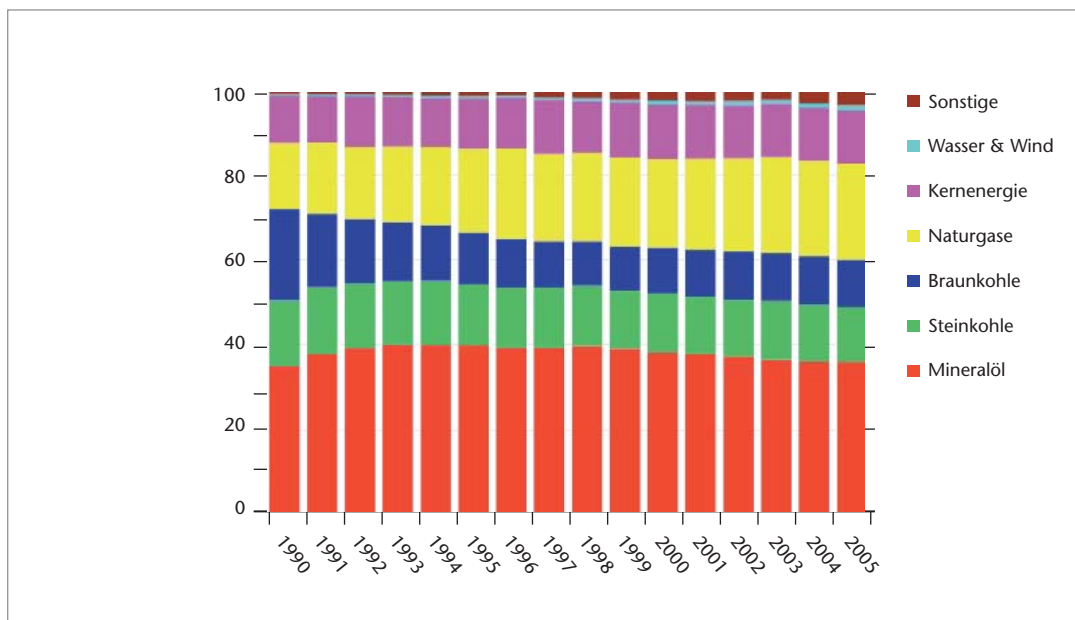


Abbildung 6
Entwicklung des
Energiemix
in Deutschland
1990-2005

Quelle: Energiedaten 2006

Abbildung 7
Entwicklung der
Energiekosten
von privaten Haus-
halten 1990 = 100
Quelle: Energiedaten 2006

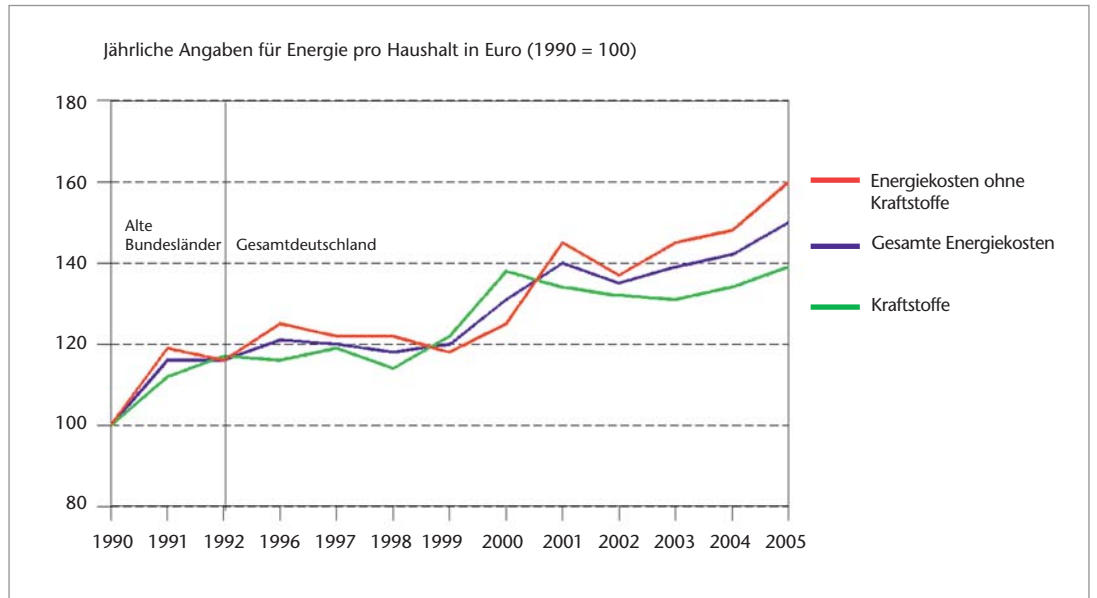


Abbildung 8
Entwicklung der
relativen Kraftstoff-
kosten und des
PKW-Bestandes

Quelle: ViZ 2004/2005
Statistisches Bundesamt.
2005 und STE-Berechnung
STE 2005

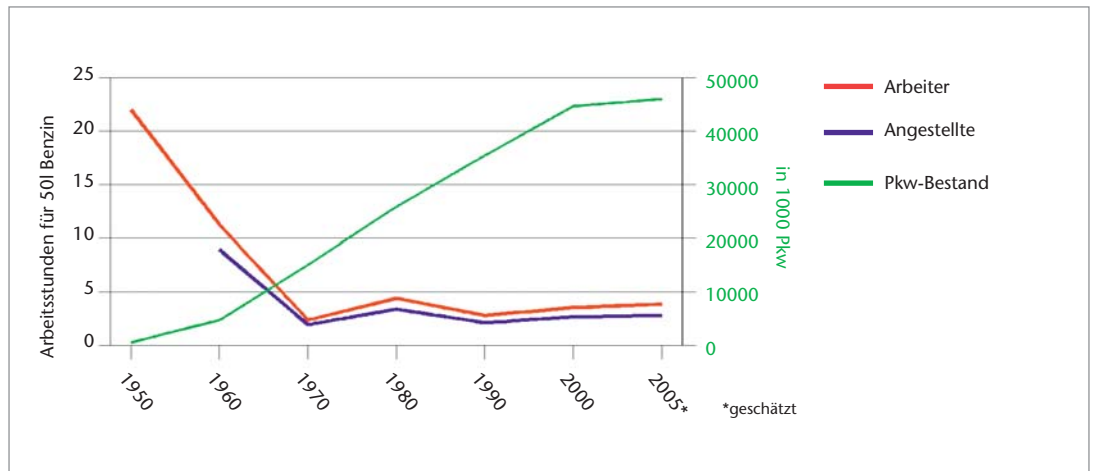
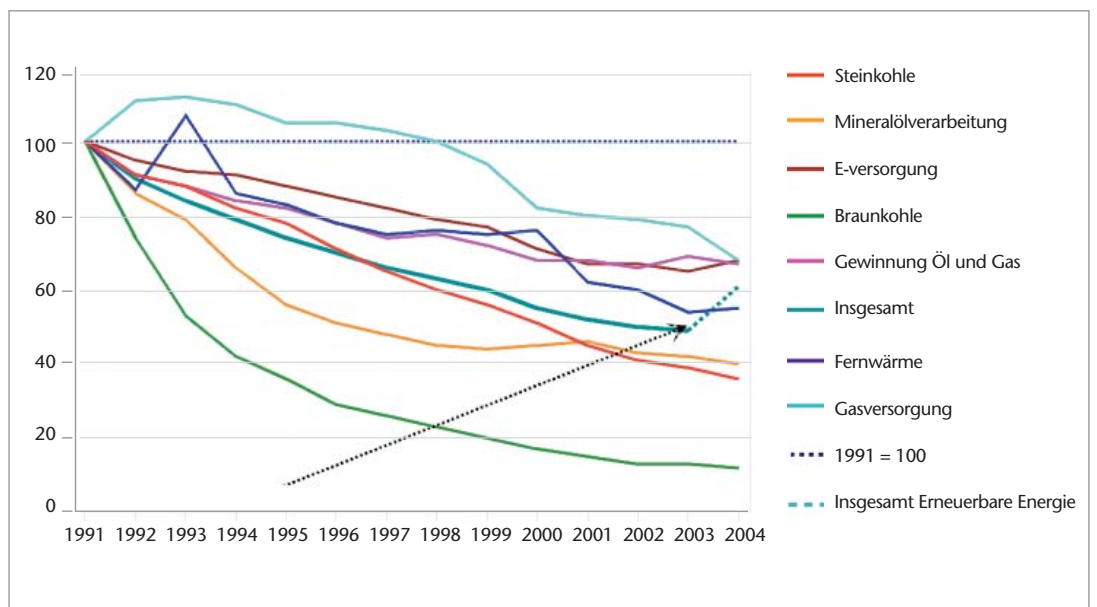


Abbildung 9
Beschäftigte im
Energiesektor
Quelle: Energiedaten 2006



Für die EU liefert der Wettbewerb auf dem Energiemarkt die Grundlage dafür, die Energieeffizienz dauerhaft zu steigern. Hier sieht die EU zur Zeit noch erhebliche Defizite. So kritisiert sie die Wettbewerbsstrukturen der europäischen Strom- und Gasmärkte, die in der Regel national bleiben und keinen ausreichenden grenzüberschreitenden Wettbewerb zulassen. Eine marktwirtschaftliche Preisbildung ist aber eine Voraussetzung für eine stetige Erhöhung der Energieeffizienz. Daher fordert die EU in der zweiten Erdgas- und Elektrizitätsrichtlinie einen diskriminierungsfreien Netzzugang [7].

Soziales

Die Energiekosten der privaten Haushalte sind im Zeitraum von 1990 bis 2005 um ca. 50% gestiegen, wobei die Kraftstoffkosten in diesem Zeitraum nur um 40% gestiegen sind.

Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Kraftstoffpreise in den 60er Jahren relativ zum verfügbaren Einkommen der Menschen deutlich höher waren.

Treibende Kraft für die Entlastung der Konsumenten ist die Entwicklung der Löhne und Gehälter. Während in den 50er Jahren ein Arbeiter noch 10 bis 20 Stunden für 50 Liter Benzin arbeiten musste, liegt der Aufwand seit den 70er Jahren unter 5 Stunden, wodurch eine die Lebensqualität steigernde Mobilität für breite Bevölkerungsschichten ermöglicht wurde [8, 9]. Gleichzeitig ist der Verkehrssektor für 20% der Treibhausgasemissionen in Deutschland verantwortlich. Trotz vielfältiger Anstrengungen ist die Entwicklung alternativer Verkehrskonzepte, die von einer verbesserten Antriebstechnik über modifizierte Kraftstoffe bis hin zu einer Wasserstoffwirtschaft reichen, noch nicht so weit fortgeschritten, dass sich eine Trendwende bei den verkehrsbedingten Emissionen abzeichnet.

Die Beschäftigtenzahlen im Energiesektor sind im Trend seit den 90er Jahren zurückgegangen. Die Beschäftigtenzahlen im Bereich der erneuerbaren Energien sind aber gestiegen.

Das Bundesministerium für Umwelt hat anhand ökonomischer Schätzungen ermittelt, dass es 2004 im Bereich der erneuerbaren Energie 157000 Arbeitsplätze gab [10]. Etwa die Hälfte aller Beschäftigten sind direkt mit der Herstellung und dem Betrieb von Anlagen beschäftigt, die andere Hälfte ist in Zulieferbetrieben bzw. vorgelagerten Wirtschaftssektoren beschäftigt. Addiert man die direkten Beschäftigten den anderen Beschäftigten des Energiesektors hinzu, so erreicht der Sektor das Beschäftigungsniveau vom Ende der 90er Jahre.

Schlussfolgerungen

Die Analyse hat gezeigt, dass sich das Energiesystem mit messbaren Nachhaltigkeitsindikatoren beschreiben lässt. Um zu bestimmen, ob das Energiesystem nachhaltig ist, wäre freilich die Festlegung von Referenzwerten, die einen Nachhaltigkeitspfad definieren, notwendig. Erste Ansätze hierfür finden sich in den Arbeiten der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ und in der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung [3]. Die für diese Arbeit von uns beispielhaft ausgewählten Indikatoren ergeben ein differenziertes, aber kein einheitliches Bild der deutschen Energieversorgung.

Die Umweltsituation in Deutschland hat sich bezüglich der Luftschadstoffe positiv entwickelt. Die Treibhausgas-Emissionen sind zwar rückläufig. Lässt man aber Sondereffekte beiseite, dann gibt es noch keinen nachhaltigen Rückgang der CO₂-Emissionen. Mit Blick auf einen wirksamen Klimaschutz sind weitergehende, international aufeinander abgestimmte Maßnahmen erforderlich. Für die Verwirklichung einer nachhaltigen Entwicklung ist ein Endlager für hochradioaktive Abfälle unverzichtbar.

Ein verstärkter Wettbewerb auf den Energiemärkten kann dazu beitragen, die Energieeffizienz zu erhöhen, und so eine nachhaltige Entwicklung zu unterstützen. Für Deutschland und die gesamte EU zeigen die Indikatoren, dass die Sicherheit der Energieversorgung wegen der gestiegenen Importabhängigkeit verstärkter Aufmerksamkeit bedarf. Zur Bewältigung dieses Problems stehen mehrere Optionen zur Verfü-

gung, die jedoch in der Regel erst längerfristig greifen. Politik und Gesellschaft müssen entscheiden, ob sie z. B. eine Sicherheitsprämie für einheimische Energieträger zahlen wollen und wie hoch sie sein darf. Das EEG für erneuerbare Energien und ein Sockelbergbau werden oft als solche „Prämien“ verstanden.

Der Strukturwandel im Energiesektor nach der Vereinigung hat zu einem drastischen Rückgang der Beschäftigung im Energiebereich (Braunkohle) geführt. Durch den Einsatz der erneuerbaren Energien ist aber der Rückgang des Beschäftigungsniveaus abgebrems worden.

Die konkrete Entwicklung im Energiebereich lässt sich anhand von messbaren Nachhaltigkeitsindikatoren beschreiben. Die Indikatoren verdeutlichen den politischen Handlungsbedarf und bieten Ansatzpunkte, um politische Maßnahmen festzulegen. Die Bestandsaufnahme zeigt, dass Deutschland in vielen Bereichen auf dem Weg einer nachhaltigen Entwicklung ist. Erkennbar ist aber auch, dass die Anforderungen an Nachhaltigkeit, nicht zuletzt durch das Klimaproblem, wachsen. Diesem steileren Pfad zu folgen, wird komplizierter, schwieriger und aufwändiger werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine nachhaltige Entwicklung ein offener und dynamischer Prozess ist, über dessen Ausgestaltung auch in Zukunft diskutiert werden wird.

Literatur

- [1] World Commission on Environment and Development (WCED) (1987) Our common future - Brundtland Report. Oxford, New York, Oxford University Press.
- [2] United Nations (2002) Report of the World Summit on Sustainable Development. New York UN.
- [3] Deutscher Bundestag (2002) Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung. Berlin, Deutscher Bundestag Referat Öffentlichkeitsarbeit.
- [4] Deutsche Bundesregierung (2002) Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin, Deutsche Bundesregierung.
- [5] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2006) Energiedaten 2006. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Referat III A 2, <http://www.bmwi.de/Navigation/Technologie- und-Energie/Energiepolitik/energiedaten.html>, März 2006.
- [6] Bundesamt für Strahlenschutz (BFS) (2005) Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz. 32. Ergänzung 12/05. Salzgitter, Bundesamt für Strahlenschutz.
- [7] EU-Commission of the European Communities (2006) Energy Sector Inquiry. Draft Preliminary Report. EU-Commission of the European Communities, http://ec.europa.eu/comm/competition/antitrust/others/sector_inquiries/energy/.
- [8] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2004) Verkehr in Zahlen 2004/2005. Hamburg, Deutscher Verkehrsverlag.
- [9] Statistische Bundesamt (2005) Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden, Statistisches Bundesamt.
- [10] Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2006) Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte. Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), www.erneuerbare-energien.de.

Die Vermarktung von Ökostrom im liberalisierten Strommarkt

Glaukt man den Umfrageergebnissen, so wollen drei von vier Bundesbürgern einen weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien. Schaut man auf die Kundenzahlen von Ökostromanbietern, so erkennt man, dass bestenfalls 1 % der Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland sich für den Bezug von Ökostrom entschieden haben.

Offensichtlich passt hier etwas nicht zusammen, klaffen Einstellung und konkretes Handeln weit auseinander. Weshalb haben Ökostromanbieter nicht mehr Erfolg? Was müssten sie unternehmen, damit sich mehr Kunden für Ökostrom entscheiden? Was sind überhaupt die Rahmenbedingungen, in denen ein Ökostromanbieter sein Geschäft entwickeln kann?

Bevor man sich mit den Möglichkeiten zur Vermarktung von Ökostrom auseinander setzt, gilt es zuerst einmal, sich mit den allgemeinen Möglichkeiten zur Vermarktung von Strom in Deutschland als unabhängiger Energieanbieter zu beschäftigen.

Die Liberalisierung des deutschen Strommarktes

Zwar hat der deutsche Bundestag im April 1998 die Liberalisierung des Strommarktes beschlossen, doch muss man feststellen, dass diese Liberalisierung aufgrund unzureichender Rahmenbedingungen nicht funktioniert hat. Von vielen Unternehmen, die euphorisch in diesen neuen Markt gestartet sind, sind aktuell nur noch vier Unternehmen als bundesweite Anbieter tätig. Alle vier Gesellschaften bieten ein Angebot, das in irgendeiner Form mit dem Begriff Ökostrom zusammenhängt.

Auf der Suche nach den Gründen fallen folgende Aspekte ins Auge:

Die Politik hatte zwar prinzipiell die Wege für unabhängige Anbieter von Strom geebnet, dabei aber vergessen, die entsprechenden Rahmenbedingungen neu zu definieren, unter denen ein solches Angebot überhaupt möglich ist.

Will ein unabhängiger Energieanbieter Strom an einen Gewerbekunden oder an einen Privathaushalt liefern, so muss dafür das vorhandene Stromnetz in Deutschland genutzt werden. Die Eigentümer dieses Stromnetzes sind seit eh und je auch die Anbieter von Strom in ihrem Netzgebiet – und wollen dies auch bleiben. Interesse an einem sich bildenden Wettbewerb haben sie verständlicherweise nicht. Insofern verwundert es, dass der Gesetzgeber es ihnen überlassen hat, die Rahmenbedingungen selbst festzulegen, die für Drittanbieter bei der Nutzung der Infrastruktur anfallen. Mit der sogenannten „Verbändevereinbarung“ hat sich die klassische Stromwirtschaft untereinander geeinigt, zu welchen Bedingungen und Preisen und mit welchen formalen Abläufen eine Strombelieferung in fremden Netzen möglich ist.

Es liegt auf der Hand, dass bei einem solchen Vorgehen die Netzbetreiber die Rahmenbedingungen so gesteckt haben, dass jeweils der Netzbetreiber in seinem Netzgebiet frei agieren und die Preise für die Netzdurchleitung frei definieren kann. Indem man die Preise für die Netznutzung möglichst hoch ansetzt, wird erreicht, dass ein netzunabhängiger Anbieter nicht wettbewerbsfähig liefern kann. Ein Blick in die Jahresabschlüsse von Energieversorgungsunternehmen in den letzten Jahren zeigt, wie sich dieses auf die Ergebnisse in verschiedenen Sparten ausgewirkt hat. Im Bereich Netze werden – sofern überhaupt den gesetzlichen Vorgaben für eine Spartenberichtserstattung Folge geleistet wird – hohe Gewinne ausgewiesen, im Vertrieb dagegen Verluste und im Bereich der Energieerzeugung moderate Gewinne.

Dr. Thomas E. Banning
Naturstrom AG

banning@naturstrom.de

Es ist nicht sehr weit hergeholt zu vermuten, dass hier ganz bewusst eine Quersubventionierung innerhalb der jeweiligen Unternehmen stattgefunden hat, d.h. dass durch erhöhte Netzentgelte und Dumpingpreise auf der Vertriebsseite dafür gesorgt wurde, dass ein Wettbewerber erst gar nicht zum Zuge kommt, und wenn doch, dann nur zu unwirtschaftlichen Bedingungen. Ergebnis war, dass die meisten Neugründungen nach einigen Jahren insolvent wurden und dass ausländische Energieversorger, die in dem deutschen Markt eingetreten waren, mit erheblichen Verlusten ihre Geschäfte wieder verkaufen mussten. Zielführend für einen ausländischen Energiekonzern war nur, sich an einem starken deutschen Partner zu beteiligen, wie dies beispielsweise das französische Staatsunternehmen EDF bei der EnBW getan hat oder der schwedische Konzern Vattenfall bei der ostdeutschen Energieversorgung erreichte.

Die systematische Benachteiligung neuer Anbieter im Strommarkt entstand außer durch die überhöhten Netzentgelte auch über einen Informationsvorsprung der bisherigen Anbieter. Dies hängt damit zusammen, dass der Gesetzgeber das Monopol des Zählens und Messens bei den Netzbetreibern, also bei der klassischen Energiewirtschaft beließ. Dies führte dazu, dass unabhängige Stromanbieter auf die Weitergabe der entsprechenden Zählerdaten, die das alles entscheidende Informationsmittel in der Energiewirtschaft darstellen, angewiesen waren. Eine rechtlich fast einmalige Situation: Neue Lieferanten durften zwar liefern, aber entgegen den Regeln des BGB die Liefermenge nicht selbst feststellen.

Mit der Begründung, dass im Rahmen von Umorganisationen oder Zusammenlegung mehrerer Energieversorger die Daten nicht mehr auffindbar seien, wurden die notwendigen Daten aber nicht, oder nur extrem zeitverzögert, durch die etablierte Stromwirtschaft zur Verfügung gestellt. Ein unabhängiger Energieversorger, wie die Naturstrom AG, konnte mit vielen seiner Kunden keine endgültige Abrechnung tätigen, d.h. immer nur auf Basis von Abschlägen agieren. Dies mag im Privatkundenbereich für eine gewisse Zeit hinnehmbar sein, doch wenn man auch nach dem zweiten oder dritten Jahr keine Abrechnung liefern kann, unterstellt der

Kunde, dass der neue Lieferant unvermögend sein muss – denn früher hat es die Abrechnungen pünktlich jedes Jahr gegeben. Natürlich kann und wird man als Stromanbieter dann seine Kunden auffordern, selbst die Zähler abzulesen und zu melden, so dass auf dieser Basis Jahresrechnungen erstellt werden können. Dies führt aber zu nicht unerheblichen Extrakosten und beinhaltet immer noch das Risiko, dass der Netzbetreiber andere Werte zu einem späteren Zeitpunkt nennt, welche dann aufgrund der gesetzlichen Vorgaben als verbindlich gelten.

Unmöglich ist eine solche Informationspolitik aber im Bereich der gewerblichen Kunden. Hier kann man als Anbieter nicht mit standardisierten Lastprofilen agieren, sondern muss die Viertelstundenwerte der Leistungsanspruchnahme möglichst genau kennen und prognostizieren, denn nur wenn man möglichst genau die in der jeweiligen Viertelstunde benötigte Strommenge bereitstellt, kann man seine Kalkulation erfüllen. Jede Abweichung nach oben oder unten führt zu Mehrkosten bei den entsprechenden Anbietern und somit zur Unwirtschaftlichkeit des Angebotes.

Dass es angesichts solcher Wettbewerbsverzerrungen sieben Jahre gedauert hat, bis durch die Politik weitere Schritte in Richtung Regulierungsbehörde für den Strommarkt ergriffen wurden (und auch das nur aufgrund entsprechender Vorgaben seitens der Europäischen Gemeinschaft), ist eigentlich nur als skandalös zu bezeichnen. Wenn man dann aber auch die weitere Unterstützung der Politik für die großen Energiekonzerne in Deutschland in Betracht zieht (Unterstützung der Fusion von E.ON und Ruhrgas) und die zumindest teilweise bekannt gewordenen finanziellen Leistungen der Energiewirtschaft für einzelne Politiker und Parteien, so wird schnell deutlich, dass eine wirkliche Liberalisierung und ein Aufbau unabhängiger Stromanbieter überhaupt nicht gewollt war.

Ergebnis des Prozesses von mehreren Jahren sogenannter Liberalisierung war nicht, dass es zu einem verbesserten Wettbewerb, sondern ganz im Gegenteil, dass es zu einer Konzentration und Oligopolbildung in der deutschen Stromwirtschaft kam. Die großen Energiever-

sorger, die die Hoch- und Höchstspannungsebene komplett kontrollieren, etwa die Hälfte der Stromabnehmer direkt beliefern und vor allem etwa 90% der Erzeugungskapazität in Deutschland kontrollieren, haben sich bei einer Vielzahl von Stadtwerken (davon gibt es in Deutschland offiziell noch annähernd 900) direkt oder indirekt beteiligt, gerne wenn möglich mehrheitlich, soweit dieses politisch nicht durchsetzbar war dann eben durch eine Minderheit. Bereits durch eine minderheitliche Beteiligung oder aber auch durch eine Beherrschung sämtlicher umliegenden Netzbereiche eines Stadtwerkes wird ein so hoher Einfluss auf das jeweilige Stadtwerk ausgeübt, dass dieses sich nicht mehr unabhängig von den Interessen des entsprechenden Energiekonzerns bewegen kann.

Besondere Rahmenbedingungen für Ökostromanbieter

Sämtliche dieser Entwicklungen, die man allgemein im Bereich des Strommarktes in den letzten Jahren beobachten konnte, sind selbstverständlich auch die Rahmenbedingungen für eine Vermarktung von Strom aus erneuerbaren Quellen. Erschwerend kommt in diesem Fall noch hinzu, dass die klassischen Energieversorger, und das bedeutet sowohl die vier großen Konzerne als auch eine überwiegende Zahl der Stadtwerke, kein Interesse an einem Ausbau der erneuerbaren Energie oder zumindest der dezentralen Energieversorgung haben, denn sie befürchten (zu Recht), dass es dann zu einer Schmälerung ihrer eigenen Marktmacht kommt.

Dass dennoch unabhängige Ökostromanbieter überlebt haben, ist vor allem der Tatsache zu verdanken, dass für die Kunden dieser Unternehmen nicht im Vordergrund stand, sofort günstigere Preise erhalten zu können, sondern dass hier der Wunsch nach einer Veränderung in der Energieversorgung hin zu dezentralen und erneuerbaren Energien den Antrieb darstellt. Erfreulicherweise ließen sich die meisten dieser Kunden nicht durch die von der etablierten Energiewirtschaft provozierten Probleme verschrecken. Inzwischen ändert sich aufgrund der deutlichen Preiserhöhung im Strommarkt die Situation dahingehend, dass Ökostrom

nicht unbedingt teurer sein muss als konventioneller Strom. Diese ökonomische Dimension wird sich zukünftig weiter verbessern, da Energiepreise aus konventionellen Kraftwerken langfristig steigen, während sich die Kosten zur Stromproduktion aus regenerativen Quellen immer weiter reduzieren werden.

Ein besonderes Problem für einen Ökostromanbieter ist aber die beschriebene deutliche Differenz zwischen den Einstellungen und dem konkreten Handeln der Kunden. In Deutschland haben bisher etwa 5% aller Kunden jemals ihren Stromanbieter gewechselt, von diesen haben sich gut 20% für Ökostrom entschieden, was eine zumindest nicht uninteressante Quote ist. Die Zahlen verdeutlichen aber auch, dass 95% der Kunden alles so belassen haben, wie es immer war. Aus Marketingsicht ist dies relativ einfach zu erklären: Bei Strom handelt es sich um ein low involvement product, also um ein Gut, das aus Sicht der Kunden einfach vorhanden ist und um das man sich nicht groß kümmert. Es gehört zum normalen Lebensstandard in Deutschland, jederzeit und in beliebiger Höhe auf ein Stromangebot zurückgreifen zu können.

Es muss also ein besonderer Grund vorliegen, um sich mit diesem Thema überhaupt zu beschäftigen und dann sogar die Entscheidung zu treffen, den Stromanbieter zu wechseln. Ein solcher Grund kann in einem günstigeren Preis liegen, dies ist beispielsweise die Strategie, die durch Yellow (zum EnBW-Konzern gehörend) ergriffen wurde. Aus den zuvor beschriebenen Gründen bietet sich so in den letzten Jahren aber keine Chance auf einen wirtschaftlichen Erfolg. Dieser Weg konnte nur durch Unternehmen beschritten werden, hinter denen sehr starke Kapitalgeber standen.

Eine zweite Möglichkeit stellt die Produktdifferenzierung über Qualitätsmerkmale dar. Nun ist aber Strom technisch nicht zu differenzieren, wie ein Audi A 8 zu einem VW Polo, sondern hat bestimmten technischen Normen zu genügen. Erst durch die Berücksichtigung der Umweltaspekte, d.h. der Folgen, die bei der Erzeugung und Verteilung von Strom entstehen, kann eine Differenzierung erfolgen. Leider ein komplexes Thema, das man nicht in zwei Sätzen vermitteln kann. Ein Thema, das nicht einmal Lust bereitet,

denn man beschäftigt sich eher damit, dass man etwas Schönes wie einen Strandurlaub oder ein neues Handy haben möchte, als damit, dass man die negativen Folgen des eigenen Konsums begrenzen will.

Die Aufgabe eines Ökostromanbieters ist es, in einem ersten Schritt die Kunden zu finden, die sich aufgrund ihres umweltpolitischen Engagements oder aufgrund ihres sonstigen Verhaltens als engagierter Bürger mit einem so komplexen Thema wie den (teilweise erst langfristig und auch nur im weltweiten Kontext zu erfassenden) Auswirkungen der Stromproduktion beschäftigen. Typische Zielgruppen sind insofern umwelt-engagierte Bürger und Menschen mit einem besonderen Interesse an globalen Zusammenhängen und an der Verantwortung für zukünftige Generationen, zum Beispiel junge Familien oder auch die Generation der Großeltern, die über die Zukunft der nachfolgenden Generationen nachdenken.

Zusätzlich lässt sich natürlich auch an aktuelle gesellschaftliche oder politische Situationen anknüpfen. Wenn Russland in zwei Wintern nacheinander die eigene Macht als Energielieferant nutzt, um Nachbarstaaten zu einem gewünschten Verhalten zu bewegen, so gibt das den Menschen in unserem Lande ebenso zu denken, wie kriegerische Auseinandersetzungen in Regionen, in denen besonders hohe Vorkommen an fossilen Energien erwartet werden. Insofern ist die gesellschaftliche Beschäftigung mit Energiethemen, sei es in der Politik oder in den Medien, wichtiger Nährboden, auf dem Ökostromanbieter ihr Angebot besser vermarkten können. Für unser Unternehmen ist der durch Gewinnmaximierung geprägte Versuch der Energiekonzerne, eine Verlängerung der Laufzeiten von Nuklearkraftwerken durchzusetzen, eine Chance, weitere potentielle Kunden zu erreichen und zu einem Lieferantenwechsel zu bewegen. Damit dies funktioniert, bieten wir für solche Wechsler derzeit einen Sondertarif „Anti-AKW“ mit besonders günstigem Preis von nur 18,75 Cent je kWh, inklusive aller Steuern, an. Denn trotz aller guten Effekte von Ökostrom: Der Preisunterschied darf nicht zu groß sein!

Die Naturstrom AG als Anbieter im Ökostrommarkt

Die Naturstrom AG wurde im April 1998, also zeitgleich mit den politischen Entscheidungen in Berlin, gegründet. Die Gründer kamen aus einem umweltpolitischen Kontext. Das Unternehmen sollte auf ein breites, durch viele Bürger getragenes Fundament gestellt werden, weshalb man sich für die Rechtsform der AG entschied, auch um möglichst schnell möglichst viel Kapital einzusammeln, mit dem eine Energiewende begleitet werden kann. Aktuell sind über 830 Aktionäre am Unternehmen beteiligt.

Das Produkt Naturstrom ist vom Grüner Strom Label e.V. mit dem Label in Gold zertifiziert. Das Grüne Strom Label wird getragen von namhaften Umweltverbänden und dient der Orientierung für Verbraucher darüber, was eigentlich ein gutes Ökostromangebot ausmacht. Das Produkt Naturstrom zeichnet sich dadurch aus, dass es gleich zwei Anforderungen erfüllt:

1. Der Strom wird komplett aus regenerativen Quellen geliefert.
2. Im Preis für den verkauften Strom wird ein Aufschlag zum Ausbau der regenerativen Energieversorgung berücksichtigt, d.h. die Kunden zahlen freiwillig etwas mehr, als für die eigentliche Strombelieferung notwendig wäre. Dies ist logisch und konsequent, da nur durch den Ausbau der erneuerbaren Energiequellen auf das Weiterbetreiben oder gar den Neubau von fossilen oder nuklearen Großkraftwerken verzichtet werden kann und da nur so zumindest der Ansatz eines Gegengewichts zu den Monopolgewinnen der klassischen Energiewirtschaft seit mehr als 50 Jahren gelegt werden kann.

Aktuell werden durch die Tochtergesellschaft NaturStromHandel GmbH gut 7.000 Kunden versorgt. Des Weiteren fanden immerhin 18 Stadtwerke Naturstrom so überzeugend, dass diese sich entschieden, dieses Produkt ihren eigenen Kunden anzubieten, so dass sich bundesweit insgesamt über 12.000 Haushalte, Gewerbebetriebe und Gemeinden für „Energie mit Zukunft“ entschieden haben.

Seit 1999 wurden aufgrund des zuvor erläuterten, im Strompreis enthaltenen Förderbetrages mehr als 130 neue regenerative Erzeugungsanlagen ans Netz gebracht, die ohne die Unterstützung der Naturstrom AG und ihrer Kunden nicht oder zumindest nicht zu dem jeweiligen Zeitpunkt errichtet worden wären. Es ist ein schönes Ergebnis, dass inzwischen in diesen neu errichteten Anlagen jährlich etwa so viel Strom produziert wird, wie die Naturstrom-Kunden verbrauchen.

Die notwendige Energiewende kann übrigens jeder ganz einfach mitgestalten – das Formular zum Wechsel ist schnell ausgefüllt, um alles andere kümmert sich Ihr neuer Ökostrom-lieferant. Und je mehr Menschen sich umorientieren, um so schneller kann ökologisch und ökonomisch ein merklicher Fortschritt erzielt werden.

Lernen am Markt – Die Bedeutung anwendungsnaher Forschung in gemeinsamer Verantwortung mit der Industrie

Dr. Thomas Schott
ZSW
thomas.schott@zsw-bw.de

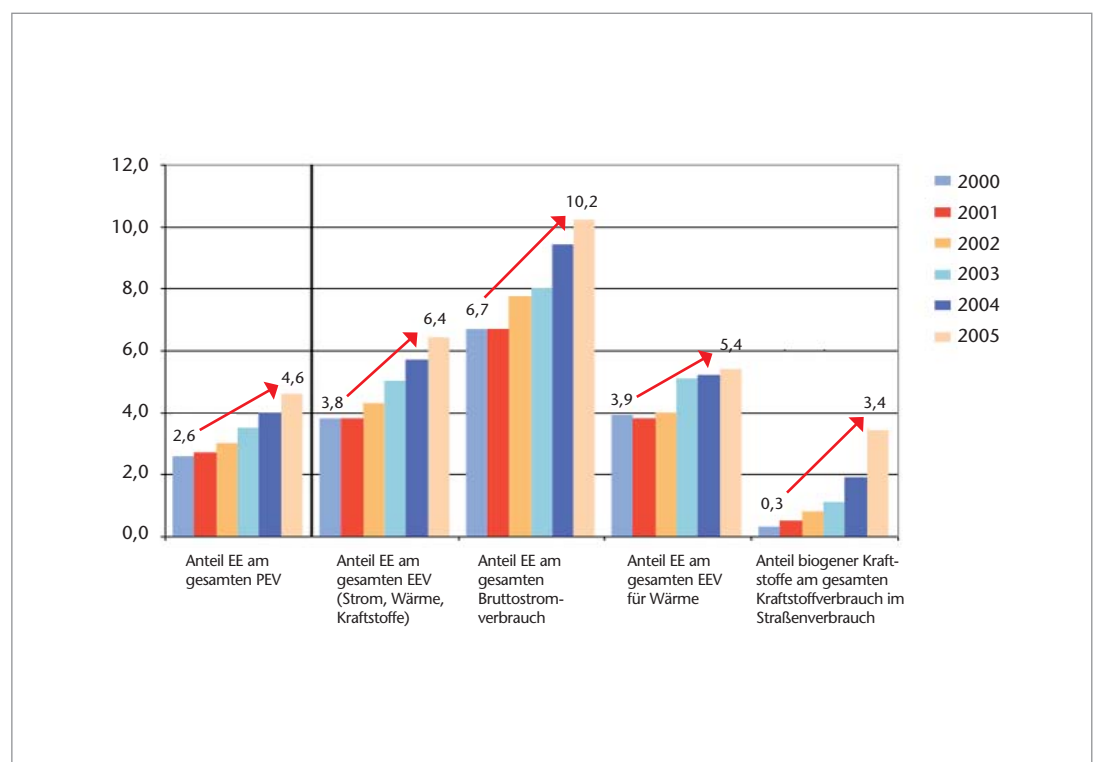
Wenn die erneuerbaren Energien bis Mitte dieses Jahrhunderts eine entscheidende Rolle im Energiemix spielen sollen, ist es notwendig, langfristige Prognosen zur Entwicklung der Energiemärkte abzugeben. Dabei spielt die Forschung und Entwicklung eine strategische Rolle. Deutschland hat in allen Bereichen der erneuerbaren Energien bereits wichtige Marktentwicklungen eingeleitet und den erweiterten Energiemix vorbereitet. Angesichts der zu erwartenden Schwierigkeiten der konventionellen Energieversorgung Versorgungssicherheit zu gewährleisten und wegen fortschreitender Klimabelastung ist ein Zögern bei der Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung nicht zu verantworten.

Die Rolle des EEG

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) hat sich als Motor der Entwicklung bewährt, da es die wichtigsten treibenden Marktkräfte unterstützt:

- Das EEG schafft Sicherheit für die Finanzierung durch gesicherte Erträge für den Anlagenbetreiber.
- Für die Anlagenanbieter bewegt sich das Marktgeschehen unter hartem Kostendruck sowohl wegen der Konkurrenz als auch durch die Vorgabe der stetigen Degression der Einspeisevergütung.
- Damit wird neben der Marktnachfrage ein hoher Druck erzeugt, Innovationen zeitnah umzusetzen.

Abbildung 1
Beschleunigung der Marktentwicklung durch das EEG
Quelle: BMU 2006



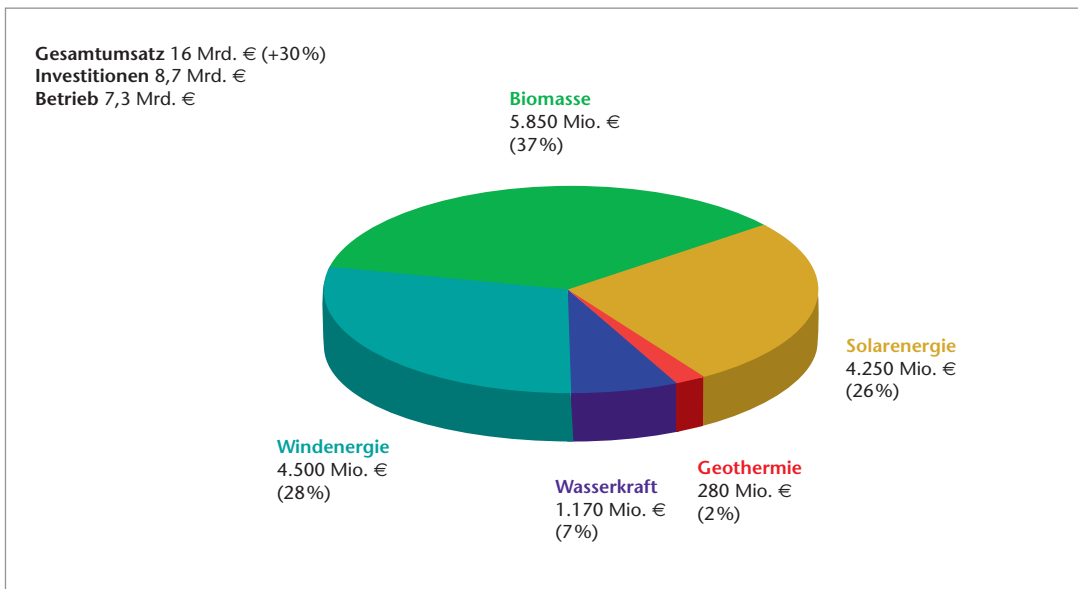


Abbildung 2
Umsatz mit
erneuerbaren Energien
in Deutschland 2005

Quelle: Frithjof Staib,
Jahrbuch Erneuerbare
Energien / Hrsg.:
Stiftung Energieforschung
Baden-Württemberg

Diese Marktentwicklung zeichnet sich auf breiter Front mit zunehmender Beschleunigung ab (Abb. 1). Die gegenwärtige Dynamik wird auch sichtbar an den Erfolgen in der Schaffung neuer Arbeitsplätze, die 2006 die 200.000-Grenze bereits deutlich überschritten haben (Abb. 2).

Die öffentliche Forschungsförderung wird sowohl in Deutschland als auch im Programm der Europäischen Union dieser Anforderung noch nicht gerecht. Auch hier müssen deutliche Wachstumsimpulse kommen, wenn die deutsche Forschung zusammen mit der Industrie die anstehenden Herausforderungen bewältigen soll. Vergleiche mit Kernenergie oder konventionellen fossilen Energien zeigen, dass in der Forschungsförderung nach wie vor die erneuerbaren Energien faktisch eben doch noch nicht die Rolle spielen, die ihnen in der politischen Rhetorik bereits zugewiesen wird.

Dies gilt auch für die Energiewirtschaft, die das Potenzial der erneuerbaren Energien im Energiemix mit der Begründung einer aktuell nicht gegebenen Wirtschaftlichkeit stark relativiert. Die Investitionsentscheidungen der konventionellen Energiewirtschaft bei der anstehenden Erneuerung des Kraftwerkparks binden langfristig enorme volkswirtschaftliche Mittel und gestalten die Energieinfrastruktur auf lange Sicht unflexibel.

Auch bei der Ermittlung der volkswirtschaftlichen Differenzkosten¹, die aus den im EEG erfassten Technologien ermittelt werden, werden von der Politik wesentliche ökonomische Parameter nicht berücksichtigt. So erzielt nach nur 15 Jahren Entwicklung bereits heute die Herstellerbranche der Windenergie (typischerweise Maschinenbau) einen rasch steigenden Anteil an Erträgen aus dem Export von Anlagentechnik, deren Kosten ja keineswegs aus dem EEG sondern von ausländischen Kunden voll finanziert werden (Abb.3).

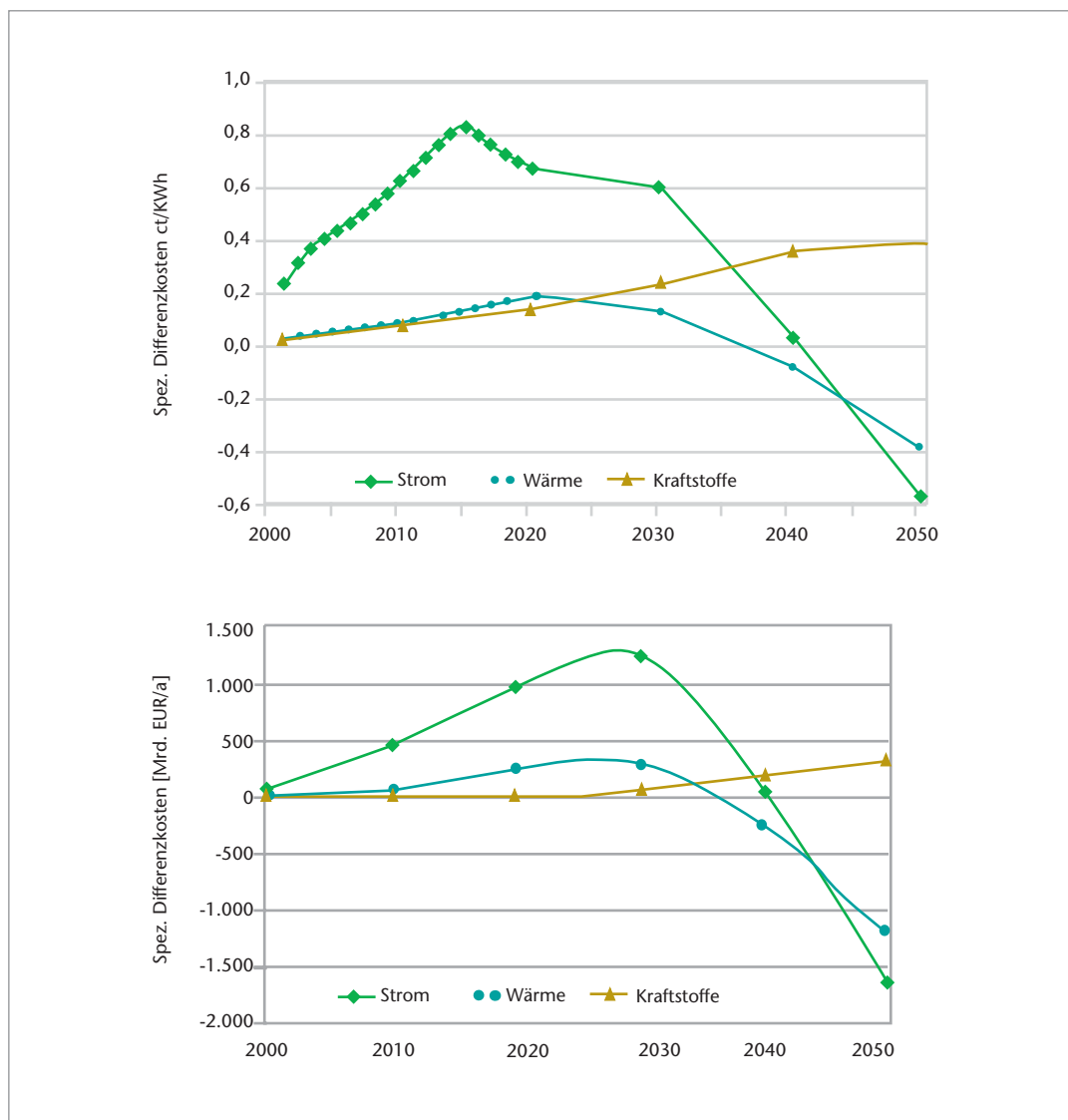
Damit tritt ein Sekundäreffekt ein, der deutlich zusätzliche Arbeitsplätze schafft und als volkswirtschaftliche „Dividende“ der Marktförderung durch EEG schon heute zu Buche schlägt. Dieser „Gewinn“ wird auch bei allen anderen erneuerbaren Technologien eintreten, wenn es gelingt, die Technologieführerschaft zu erreichen und auch über einen längeren Zeitraum zu halten (Abb.4).

¹ Differenz zwischen den Kosten für die Bereitstellung konventioneller Energien aus Kohle, Ergas, Erdöl, Kernenergie und den Kosten für Energien aus erneuerbaren Energiequellen.

	Nur Deutschland	Welt ohne Deutschland	Gesamt	%- Anteil Deutschlands am Weltmarkt
Installierte Leistung in MW	2.037	5.575	7.612	27%
Umsatz der Windindustrie Mio. €	1.823	4.460	6.283	29%
dt. Wertschöpfung Windindustrie Mio. €	1.300	1.847	3.146	50%
dt. Wertschöpfung Projektentwickler Mio. €	547		547	
dt. Wertschöpfung Betrieb Mio. €	714		714	
dt. Wertschöpfung Gesamt Mio. €	2.562		4.408	

Abbildung 3
Die Dividende der volkswirtschaftlichen Lernkosten kommt mit dem Export deutlich früher als im heimischen Energiemarkt

Abbildung 4
Die Dynamik der Lernkosten: Verlauf der Differenzkosten erneuerbarer Energien in ct/kWh (oben) und in Mrd. € pro Jahr (unten) im Szenario Naturschutz Plus II bei einer mittleren Preisentwicklung für die konventionelle Energiebereitstellung
Zum Vergleich: Gewinn von RWE in 2005 beträgt 6,2 Mrd. €



Wachstum und industrielles Lernen

Bei der Frage welches Wachstum optimal wäre muss man folgende Punkte berücksichtigen:

1. Nur mit Wachstum ist ein industrieller Lerneffekt zu erreichen. Bei Nullwachstum wird auch kein technologischen Fortschritt eintreten.
2. Das Wachstum darf aber nicht so hoch sein, dass die eigentlichen technologischen Lerneffekte nicht in ausreichendem Umfang in die Neuinvestitionen der Produktionstechnik einfließen können.
3. Hohe Nachfrage entfaltet eine starke Investitionsdynamik und großen Konkurrenzdruck.
4. Zu extremer Konkurrenzdruck erschöpft aber das Know-how und überdehnt das Forschungs- und Entwicklungspotenzial.
5. Upscaling von Fabrikation macht Sinn, solange Lerneffizienz die größere Fabrik optimiert.

Eine erste Schätzung könnte lauten, dass 20-30% Wachstum pro Jahr ein guter Ansatz wäre. Dies würde dann in der Lernkurve auch den nötigen Fortschritt ermöglichen. Für ein Kostenziel von 0,2 €/kWh Stromproduktionskosten in 20 Jahren am Beispiel Photovoltaik (Abb.5) würde dies mit einem ökonomischen Umsatzwachstum von ca. 15-20% der Branche verbunden sein. Dies scheint ein ausreichender Anreiz zu sein für die bedeutenden Investitionen der Branche in Produktionskapazitäten und für weitere Forschung und Entwicklung. Fazit: 25-35% Mengenwachstum pro Jahr wären optimal.

Wie die inzwischen konkret entstehenden Märkte erwiesen haben, ist das EEG eben deshalb so effektiv, weil es dem Endkunden eine sichere Amortisation gewährleistet und er dabei einen Qualitätsdruck in Richtung garantierter Leistung der Anlage ausübt. Gleichzeitig entsteht wegen der vorgegebenen jährlichen Vergütungsdegression für den Hersteller ein massiver Entwicklungs- und Konkurrenzdruck. Dies ist das Erfolgsrezept des EEG.

Die vielfach geäußerten Kommentare, dass über das EEG auch eine „Bereicherung“ der Branche durch „Subvention“ verursacht würde, greifen nicht, da es gerade darum geht, eine Industrie

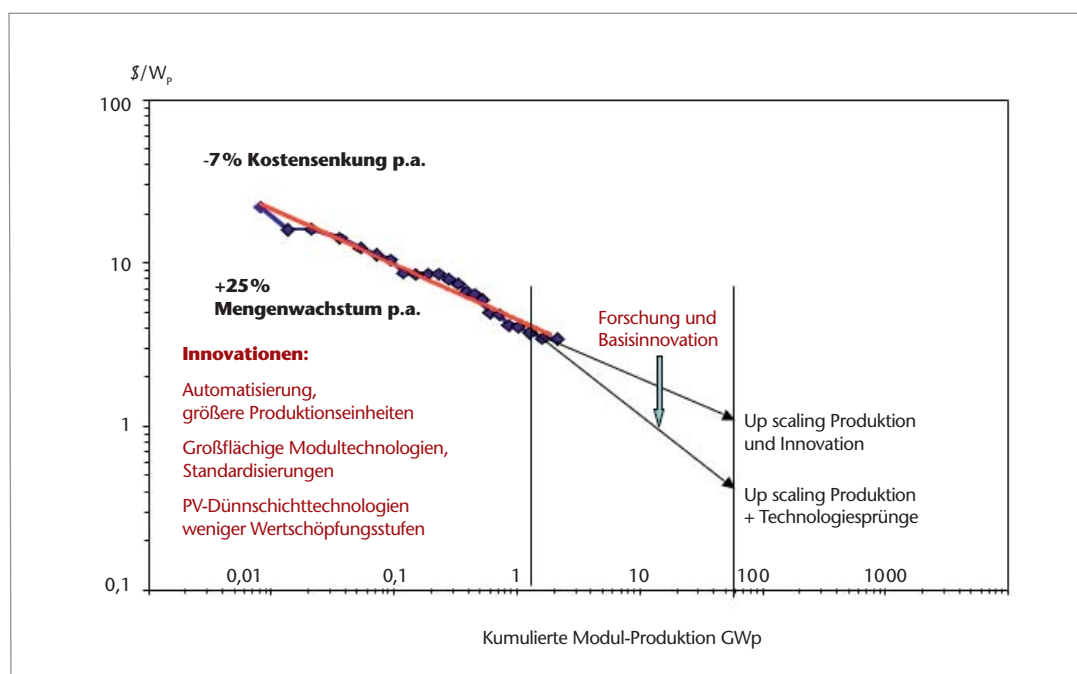


Abbildung 5
Lernkurve am
Beispiel Photovoltaik /
Modulpreise
1973 bis heute
Quelle: Fraunhofer ISE

aufzubauen und dies vor allem beschleunigt. Eine Industrie bekommt man aber nur, wenn Gewinne in Aussicht stehen. Preiskontrolle entsteht dabei im Wesentlichen durch Konkurrenzdruck. Diesen Aspekt verhindert das EEG nicht, sondern unterstützt ihn weit mehr als jedes andere Marktmodell (Quotenmodelle etc.).

Wie „tickt“ das EEG ?

Das EEG beschleunigt die Nachfrage durch:

- früheren Investitionsanreiz (kein Warten auf bessere Zeiten)
- langfristig sichere Kalkulation für den Kunden

Das EEG bewirkt auf Seiten der Anbieter:

- Die Anlageneffizienz ist vorrangig gegenüber der Abschreibung, damit entsteht hoher Anbieter-Wettbewerbsdruck
- Die vorgegebene Ertragsdegression bewirkt einen hohen Preissenkungs- bzw. Innovationsdruck
- Standortbindung durch Marktprogramm

Das EEG reagiert industrieseitig aber auch empfindlich:

- Herstellerinvestitionsentscheidungen sind extrem vom Marktwachstum abhängig, da Kostendegression nur bei gesichertem Up-Scaling zu bewältigen ist.
- Up-Scaling der Fabrikgrößen ist zwar rasant aber auch sehr riskant.
- Die Kosten-Degression des EEG ist rein zeitlich und nicht Lernkurven-definiert, d.h. die Degression vollzieht sich wachstumsbezogen.
- Kontinuität nationaler politischer Rahmenbedingungen ist zwar im Falle des EEG gesetzlich gesichert aber diese Rahmenbedingungen unterliegen einer energiepolitischen Diskussion, die zu veränderten Rahmenbedingungen führen kann.

Beispiel Photovoltaik

Die Photovoltaik ist die Technologie mit dem langfristig größten und globalen Potenzial unter den erneuerbaren Energien. Andererseits ist sie aber auch noch am weitesten von der Wirtschaftlichkeit entfernt, erfordert also die größten Anstrengungen. Die bisherige Entwicklung nach wichtigen Parametern wie Wirkungsgrad der Solarzellen oder Reduktion an teuren Materialien folgt einer „Lernkurve“, die extrapoliert in der nächsten Dekade bei einer Verzehnfachung des weltweiten Produktionsvolumens jeweils eine Halbierung der Herstellkosten erwarten lässt.

Photovoltaikbranche und Photovoltaikforschung haben in den letzten Jahren durch gemeinsame Kooperationen Deutschland die Technologieführerschaft gesichert. Dies basiert wesentlich auf langfristig angelegter öffentlicher Forschung, die mit ihren Vorlauf-Entwicklungen der Industrie beschleunigt Innovation anbieten kann und damit das Risiko für die Investoren am Standort Deutschland mindert.

Natürlich sind auf der Lernkurve auch Schwankungen unvermeidlich. Sie hängen mit Produktionszyklen zusammen, die in komplexen Branchen mit ganz verschiedenen Wertschöpfungsstufen überall vorkommen können.

In 2004/2005 war dies bei den Modulpreisen offensichtlich der Fall, verursacht durch eine vorübergehende Verknappung von Rein-Silicium für Solarzellen (*Abb. 6*). Aus solchen kurzfristigen Schwankungen lassen sich aber, wie viele Untersuchungen zu langfristigen Lernkurven in ganz unterschiedlichen Wirtschaftszweigen belegen, keine grundsätzlich abweichenden Tendenzen begründen.

Wirkungsgrad als Hauptparameter

Wichtig sind natürlich auch die Beobachtungen zu langfristigen Entwicklungen aus technologischer Sicht. Ein Hauptparameter der Photovoltaik ist der Wirkungsgrad der einzelnen Solarzellentechnik. Die historische Entwicklung (*Abb. 7*) belegt auch hier den relativ stetigen Prozess einer Steigerung der technischen Qualität.

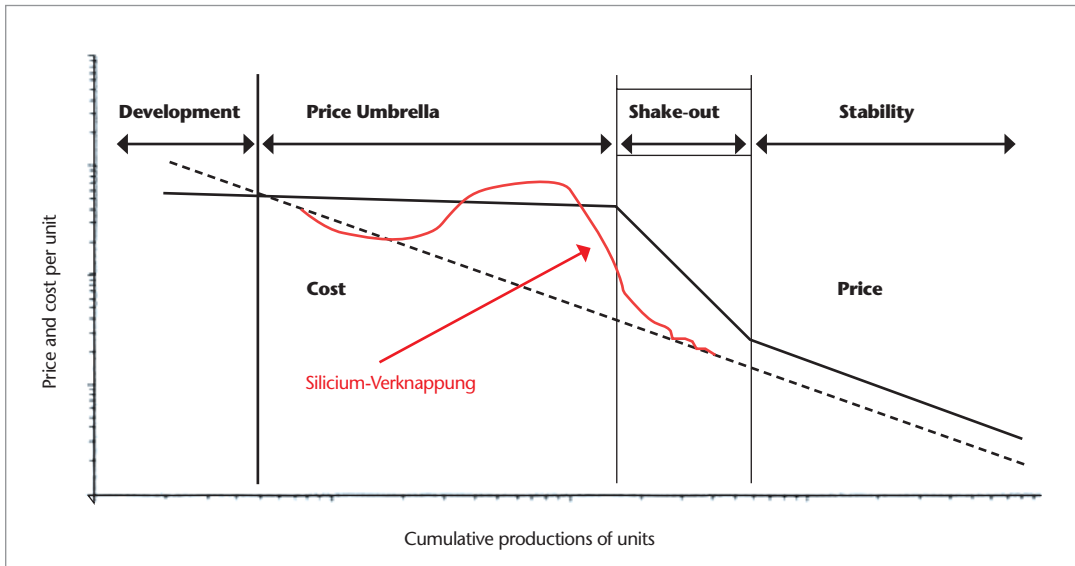


Abbildung 6
 Marktdynamik
 in Lernkurven:
 Anstieg der
 Modulpreise durch
 Verknappung von
 Rein-Silicium
 Quelle: U.Claeson 1999

Ein wichtiger Punkt ist dabei die Überführung von Laborresultaten in Form von „Weltrekorden“ in die Produktionspraxis, ein Prozess, der durchschnittlich zehn Jahre benötigt. Auch hier ist zu beachten, dass dieser Transfer nur über große Investitionen in Vorlaufentwicklung von Anlagentechnik funktioniert, die ihrerseits nur bei entsprechenden Erträgen der Industrie aus dem Marktgeschehen verfügbar sind.

Ein theoretischer Forschungsvorlauf ohne paralleles Engagement einer Industrie würde also niemals den entsprechenden Erfolg haben.

Markt und Forschung müssen parallel und in dynamischer Wechselwirkung arbeiten. Auch aus dieser Warte betrachtet, ist ein längerfristiges mittleres Mengenwachstum des Photovoltaikmarktes von 20 - 30% pro Jahr vermutlich optimal.

Als Beispiel einer Entwicklung wird das wichtiger werdende Marktsegment Dünnschichttechnologie in der Photovoltaik betrachtet. Hier greift neben der Wirkungsgradsteigerung noch ein anderer Effekt (der bei der auf Siliciumwafern basierenden Modultechnik so nicht auftritt).

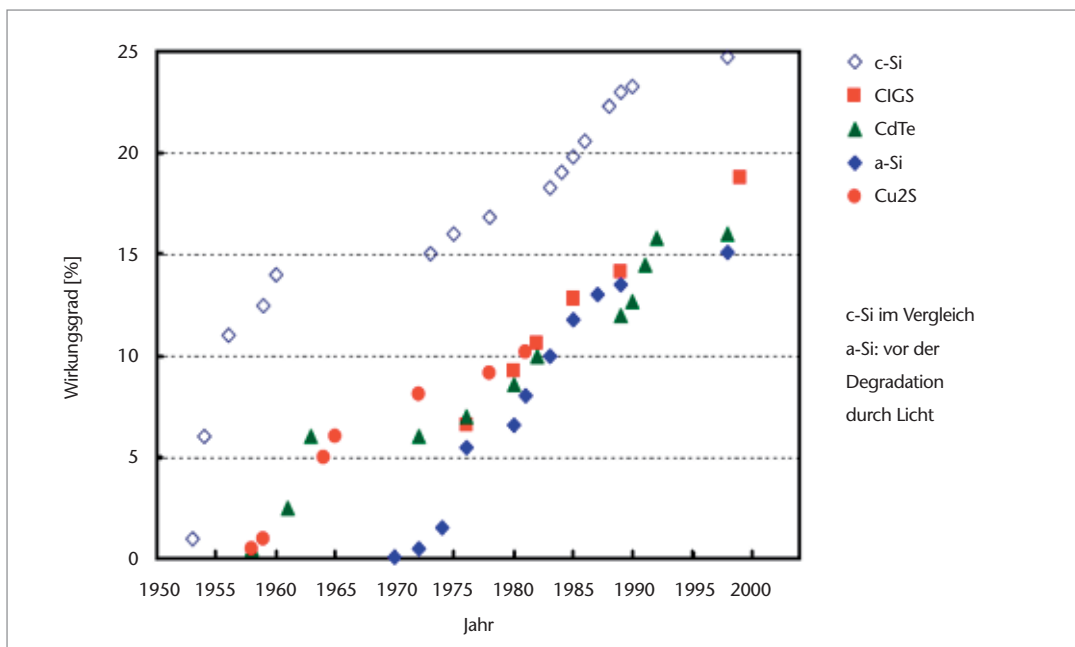
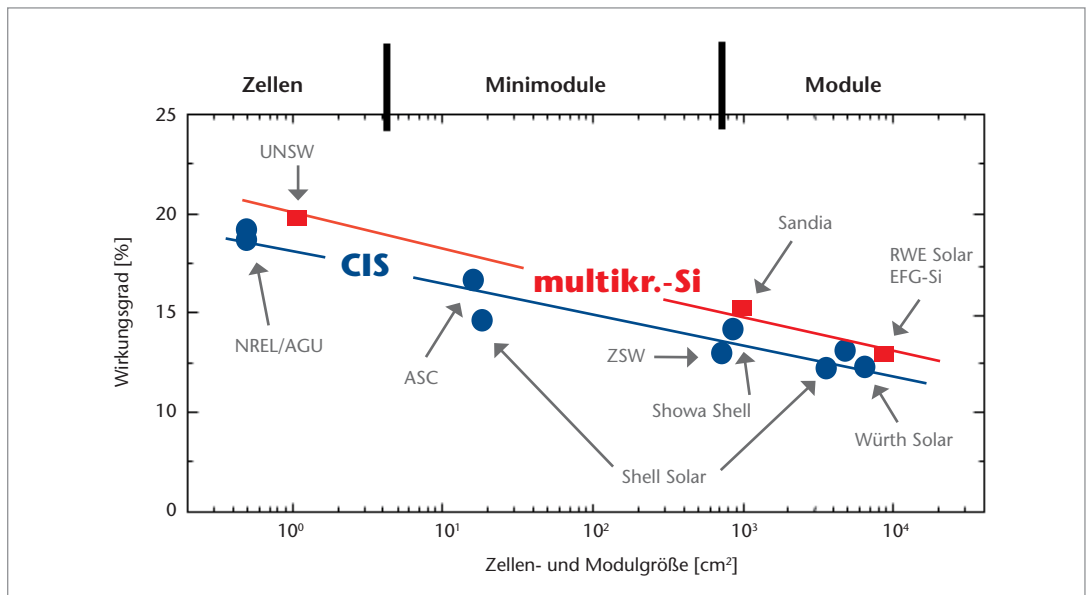


Abbildung 7
 Wirkungsgradentwicklung
 über 50 Jahre

Quelle: H.W. Schock,
 F. Pfisterer, Thin Film Solar
 Cells: The early Years

Abbildung 8
 Modul-Wirkungsgrade
 von CIS- und mc-Silicium-Solarzellen
 verschiedener
 Hersteller in Relation
 zur Modulfläche
 Quelle: ZSW, Powalla 2003



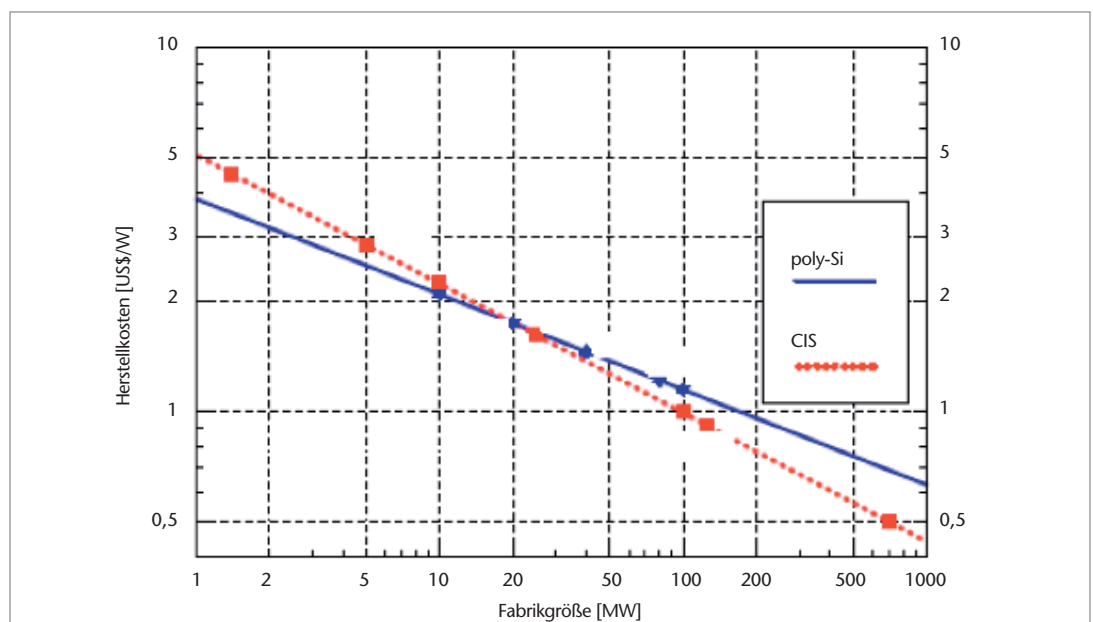
Die Dünnschichtverfahren müssen für Kosteneffizienz auf große Modulflächen und raschen Durchsatz in teuren Beschichtungsanlagen optimiert werden. Diese Flächenvergrößerung der produzierten Module ist negativ korreliert mit dem Wirkungsgrad (Abb. 8). Daher muss ein erheblicher Entwicklungsaufwand dort betrieben werden, wo die Beschichtungstechnik vom Labor oder Technikumsmaßstab auf die zu produzierende Fläche des Moduls hochskaliert werden muss. Am Beispiel der CIS-Technik (CIS ist die Abkürzung für einen Kupfer-Indium-Schwefel/Selen-Verbindungshalbleiter) war dies

in den vergangenen 15 Jahren eine Hochskalierung der gesamten Technik um den Faktor 100! Diese Skalierung kann natürlich nur in einer engen Zusammenarbeit mit der produzierenden Industrie geschehen. Die CIS-Technik konnte mit diesen Anstrengungen in den letzten Jahren auf Wirkungsgrade gebracht werden, die den Bereich der heute üblichen multikristallinen Siliciummodule erreichen.

Eine weitere wichtige Skalierung betrifft die Fabrikgröße, die sich aus der Technik und am möglichen Marktanteil orientieren muss.

Abbildung 9
 Kostendegression
 als Funktion der
 Fabrikkapazität

Quelle: W. Krewitt,
 M. Nast, J. Nitsch,
 DLR März 2005



Dass hier eine eigene Dynamik entfaltet werden muss, sieht man an der derzeit raschen Entwicklung zu größeren Fabriken. Heute sind in der Siliciumtechnik Fabriken mit mehreren Hundert MW Kapazität im Visier. Dabei spielt auch der spezifische Kostenvorteil unterschiedlicher Technologien eine große Rolle. In *Abb. 9* wird dies anhand eines Vergleichs der Siliciumtechnik zur CIS-Dünnschichttechnik dargestellt.

Nimmt man die Zahlen der industriellen Marktentwicklung der Photovoltaik und der weiteren Perspektive, so müssen die Anstrengungen in Forschung und Entwicklung ebenfalls wesentlich gesteigert werden. Dies gilt gleichermaßen für die öffentliche wie unternehmerische Forschung. Nimmt man eine bescheidene 5% Marge aus dem industriellen Umsatz für Forschung und Entwicklung an, wie sie für Technologiebranchen mindestens üblich ist, so würde der Aufwand für Forschung und Entwicklung in der Industrie 2005 ca. 100 Mio. € pro Jahr betragen. Die öffentliche Förderung in die Photovoltaik-Forschung beträgt bereits deutlich weniger. Die Chancen auf Wachstum dieser Förderetats in Bund und Ländern muss derzeit leider skeptisch beurteilt werden.

Schlussfolgerungen

Für die Forschung in Deutschland bleibt die Herausforderung, hier in enger Kooperation mit der heimischen Industrie die noch erforderlichen großen Kostensenkungen durch Weiterentwicklung zu eröffnen. Die öffentliche Forschung muss zur Standortsicherung verstärkt werden, weil der Innovationsprozess über Dekaden aufrecht erhalten werden muss:

- Als anwendungsnahe institutionelle Begleitforschung, die interdisziplinär auf den Bedarf der Industrie ausgerichtet ist (sie erfüllt auch die Ausbildungsaufgabe für den wachsenden Bedarf der Industrie nach spezifischem Entwicklungspersonal)
- Als Grundlagenforschung, die sich der ganzen Bandbreite der naturwissenschaftlichen Exzellenz bedient, um Basisinnovationen für nachfolgende Technologiestufen zu sichern

Die langfristige (und richtige) Degression des EEG-Preisniveaus fördert darüber hinaus einen intensiven Innovationsprozess, der parallel zum Produktions-Upscaling gesichert bleiben muss. Die volkswirtschaftlichen „Lernkosten“, die sich aus den Differenzkosten einer im Anfangsstadium noch nicht konkurrenzfähigen neuen Energietechnik ergeben, sind dabei zu minimieren. Die Erfolge des deutschen Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) sind weltweit Vorbild einer optimalen staatlichen Ordnungspolitik, die energiewirtschaftliche Zielsetzungen mit umwelt- und industriepolitischen zu einem langfristigen Szenario verbindet.

- Die „**solare Dividende**“ ergibt sich wirtschaftlich erst langfristig nach 20 - 30 Jahren, was nicht überrascht. Immerhin liegt diese Dividende durchaus in Größenordnungen, die innerhalb energiewirtschaftlicher Maßstäbe bleiben und somit auch industriepolitisch nachhaltig sind.
- Die „**industrielle Dividende**“ kommt aber früher, wenn die heimische Industrie für den Export gerüstet ist. Diese Dividende ist oft nicht in den volkswirtschaftlichen Rendite-rechnungen enthalten.
- Die „**Umweltdividende**“ ergibt sich aus der Nachhaltigkeit; die in der Jahrhundertperspektive dann mit umfassender und globaler Nutzung aller erneuerbaren Energien.
- Es ist nicht die Frage, ob dieser Wandel kommt, sondern welche Industrienationen ihn als frühe globale Wettbewerber am effizientesten und raschesten vollziehen. Diese Länder werden die „solare Dividende“ ausschöpfen und wesentliche Anteile der Wertschöpfung im Land halten können.

Maßgebliches Instrument bleibt daher das Erneuerbare-Energien-Gesetz, das in jedem Fall in gleicher Struktur und mit nur wenig Korrekturen fortzuschreiben ist. Die Photovoltaik ist hier nicht „Schlusslicht“ der Entwicklung der Potenziale der erneuerbaren Energien, sondern eher ihre langfristige Speerspitze mit dem größten Potenzial. Die „Renditerechnung“ muss dabei mittel- und langfristige Aspekte unterscheiden. Die global schon relativ früh erreichbare Rendite durch Export, insbesondere der industriell heranreifenden Anlagentechnik ist dabei besonders wichtig, wird aber unter energiewirtschaftlichen

Vergleichen derzeit noch viel zu wenig berücksichtigt.

Die Voraussetzungen für die Lösung dieser Probleme sind in Deutschland gegeben. Es bedarf des politischen Willens, hierzu den richtigen industrie- und ordnungspolitischen Rahmen auf längere Sicht stabil zu gestalten. Nur dadurch wird Sicherheit für Investoren und Anwender geschaffen und in der Folge das nötige Marktwachstum erzielt.

Für die Photovoltaik bedeutet dieser Ansatz, dass über mehr als zwei Jahrzehnte geeignete Rahmenbedingungen gewährleistet werden. Die Lernkurve der Photovoltaik weist in die richtige Richtung und dokumentiert für die vergangenen zwei Dekaden den nötigen Fortschritt.

Export erneuerbarer Energietechniken – ländliche Elektrifizierung

Einleitung

Zu den häufigsten Anwendungsbereichen erneuerbarer Energien in der netzfernen, ländlichen Energieversorgung gehören heute Kochen, Beleuchtung, Heizung und Kühlung sowie andere kleine Bedarfszwecke wie Antriebsenergie und Wasserpumpen. In vielen Entwicklungsländern wird ein Großteil des Gesamtprimärenergiebedarfs durch „traditionelle“ Biomasse bereitgestellt. So betrug 2001 dieser Anteil in Afrika 49%, in Asien 25% und in Lateinamerika 18%. Dazu gehört in erster Linie die Verbrennung von Holz, Abfällen (Reststoffen) aus Land- und Forstwirtschaft, Dung und anderen unverarbeiteten Biomassebrennstoffen für häusliche Koch- und Heizzwecke sowie Prozesswärme. [1]

Elektrizität als Grundlage für Wohlstand und Entwicklung steht für rund 1,6 Milliarden Menschen in schätzungsweise 360 Millionen Haushalten [1] in dünn besiedelten, abgelegenen Regionen gar nicht zur Verfügung, da der Anschluss an ein Stromnetz vielfach zu teuer ist. So genannte Solar Home Systeme können hier eine bescheidene Grundversorgung mit speziellen Gleichstromverbrauchern, wie Radios, Lampen oder einfachen Haushaltsgeräten bieten. Hybridsysteme, auf Basis verschiedener erneuerbarer Energien (z. B. Photovoltaik, Wind), Speichern und kleinen konventionellen Backup-Aggregaten (z. B. Dieselgeneratoren) ermöglichen stabile Wechselstromversorgungen, die auch den Bedarf von Produktionsanwendungen decken und damit wirtschaftliche Entwicklung ermöglichen.

Sozio-ökonomische Analysen

Projekte zur ländlichen Elektrifizierung bedürfen zunächst einer Analyse der sozio-ökonomischen Randbedingungen. Der Energiebedarf von Haushalten in ländlichen Gebieten hängt sehr stark vom Einkommen der Bewohner ab. In der Regel steigt er mit dem Einkommen einer Familie. In einer Studie in Mexiko [2] werden die Verbraucher in zwei Gruppen eingeteilt: Die Gruppe mit niedrigem Einkommen verfügt über 2 bis 7 Euro monatlich und setzt meist Holz und Kerzen für die Basisversorgung ein. Die Gruppe mit höherem Einkommen verfügt über 9 bis 17 Euro im Monat und nutzt Batterien beispielsweise für Radio und Fernsehen.

Nach der Analyse des momentanen Energieverbrauchs kann eine Abschätzung des zu erwartenden elektrischen Lastprofils im Falle einer Elektrifizierung vorgenommen werden. So ergab sich für das mexikanische Beispiel für die Gruppe mit geringem Einkommen ein täglicher Energiebedarf von etwa 0,2 kWh für Beleuchtung, Rundfunk und Fernsehen bei einer Anschlussleistung von zusammen rund 50 Watt. Bei den höheren Einkommen wurde der fünf-fache Energiebedarf (1 kWh) bei dreifacher Summenleistung (150 W) ermittelt.

Neben der Analyse der privaten Verbraucher müssen Produktionsanwendungen berücksichtigt werden, die teilweise bereits vorhanden sind und von der Elektrifizierung hinsichtlich ihrer Produktivität profitieren. Darüber hinaus ermöglicht der Aufbau einer Dorfstromversorgung die Etablierung neuer gewerblicher Zweige. Diese Produktionsanwendungen besitzen in der Regel einen deutlich höheren Energiebedarf insbesondere aber höhere Spitzenleistungen als die privaten Haushalte. In *Abb. 1* ist eine solche Konfiguration mit 99 privaten Haushalten (klassifiziert in vier Gruppen), einer ländlichen Klinik und einer Fischfabrik in einer ländlichen Region Mexikos dargestellt (vgl. [2]). Aus dieser Untersuchung

Prof. Dr. Peter
Zacharias
ISET
pzacharias@
iset.uni-kassel.de

Prof. Dr. Jürgen Schmid
ISET
jschmid@iset.uni-kassel.de

Prof. Dr.
Petra Schweizer-Ries
Universität Magdeburg
Petra.Schweizer-Ries@
GSE-W.Uni-Magdeburg.de

Dr. Matthias Vetter
Fraunhofer ISE
matthias.vetter@
ise.fraunhofer.de

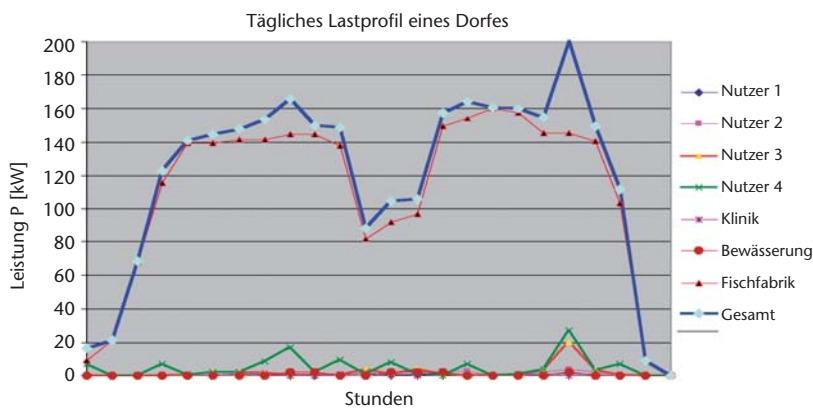


Abbildung 1
Tägliches Lastprofil für ein ländliches Dorf in Mexiko mit 99 privaten Haushalten (klassifiziert in vier Gruppen), einer ländlichen Klinik und einer Fischfabrik. Der tägliche Verbrauch liegt bei 2849 kWh, die Spitzenleistung bei 200 kW [2].

wird deutlich, dass Produktions-Anwendungen für einen im Vergleich zu den privaten Haushalten wirtschaftlich interessanten Energieumsatz und somit für niedrigere Preise in Dorfstromsystemen sorgen können.

Systeme zur netzfernen Stromversorgung

Solar-Home-Systeme bestehen im einfachsten Fall aus einem Photovoltaik-Modul, einer Solarbatterie und einem Laderegler und bieten eine bescheidene Grundversorgung bis zu einigen 100 W. Sie erlauben den Betrieb von speziellen Gleichstromverbrauchern, wie Radios, Fernsehern, Lampen oder einfachen Haushaltsgeräten. Solche Systeme werden zwar in vielen Ländern (z.B. Marokko) als erster Schritt aus der Armut geschätzt, haben jedoch das Image „Energie für die Armen“ zu sein. Perspektiven, wie den Aufbau einer modernen Werkstatt, eines Dienstleistungsbetriebes oder einer Industrieanlage, lassen sich auf der Grundlage solcher Kleinstsysteme allerdings nicht entwickeln.

Für Produktionsanwendungen ist eine stabile Wechselstromversorgung mit ausreichender Leistung von etwa 3 Kilowatt bis hin zu einigen Megawatt notwendig. Zur sicheren und umweltfreundlichen Versorgung bieten sich hier Hybrid-systeme oder Mini-Netze an, die den Strom in vielen Fällen wirtschaftlicher als herkömmliche Dieselaggregate erzeugen können. Dank der Entwicklungen auf den Gebieten der Leistungselektronik und der Kommunikationstechnik lassen sich heute mit modernen Wechselrichtern

flexible, modulare und erweiterbare Versorgungsstrukturen für Elektrizität und Kommunikation realisieren, die die gleiche Versorgungsqualität wie in den Industrieländern bieten. Werden solche Systeme vernetzt, so können Effekte der Vergleichmäßigung des Energieverbrauchs genutzt werden, um weitere Kostenreduktionspotenziale auszuschöpfen.

Vor allem aber sollen die Versorgungssysteme problemlos mit den steigenden Ansprüchen wachsen können. Hat beispielsweise ein Kleinbetrieb wirtschaftlichen Erfolg, muss er seine Energieversorgung effizient ausbauen können. In der Vergangenheit war dies technisch eingeschränkt, da mehrere Wechselrichter nur mit einer so genannten Master-Slave-Schaltung parallel betrieben werden konnten. Ein Master-Wechselrichter gibt dabei die Frequenz vor, während alle weiteren (Slaves) dieser Frequenz folgen. Darüber hinaus erfordert die Leistungsaufteilung zwischen diesen Geräten ein sorgfältiges aufeinander abgestimmtes Design und eine Kommunikationsverbindung zwischen Master und Slaves. Rotierende Generatoren hingegen können problemlos parallel arbeiten, wie das Verbundnetz zeigt. Dieses ist insbesondere in der Abhängigkeit ihrer Frequenz von der Leistung begründet. Der resultierende „frequenzvariable“ Betrieb ermöglicht eine Synchronisation ohne zusätzliche Kommunikations- oder Synchronisationseinrichtungen. Stationär stellt sich eine gemeinsame Frequenz ein. Dieses Prinzip nutzt ein neues Regelungsverfahren [3] mit dem sich Stromrichter maschinenähnlich verhalten. Es vereinfacht die parallele Einspeisung von Strom aus beliebig vielen, dezentralen über Stromrichter angekoppelten Quellen in ein dennoch stabiles Mini-Netz und ermöglicht eine neue Qualität der Versorgungssicherheit. [4]

Das erste Mininetz, in dem frequenzvariable Wechselrichter typische Lasten verschiedener Haushalte versorgen, wurde 1999 auf der griechischen Insel Kythnos installiert [4] und arbeitet seit dem zuverlässig. In einem netzfernen Tal sind 12 Haushalte an ein einphasiges 230 Volt / 50 Hertz Netz angeschlossen. Fünf Photovoltaikgeneratoren mit einer Gesamtleistung von 11 Kilowatt speisen Wechselstrom an verschiedenen Orten ein.

Als Back-up-Aggregat wurde ein kleiner Dieselmotor mit 5 kW elektrischer Leistung installiert. Die Häuser sind an das Mininetz über Energiezähler und Lastregler angeschlossen, welche die Lasten bei geringer Frequenz vom Netz trennen. Das System wird über eine Satelliten(GSM)-Verbindung überwacht, ferngesteuert und parametriert.

Die Variation der Netzfrequenz wird sowohl für die Primärregelung des Netzes als auch für das Energiemanagement der verteilten Stromquellen und Lasten genutzt [4]. Das Konzept gestattet die Bereitstellung von Spitzenstrom, z. B. für den Start von Motoren. Und es liefert andererseits ausreichend Kurzschlussstrom im Störfall, um Sicherungen auszulösen. Die Last und insbesondere auch die Leistungsspitzen werden zwischen den Batteriewechselrichtern und dem Generatorensatz ohne zusätzliche Kommunikationstechnik aufgeteilt. Wenn die Batterie geladen werden muss, wird die Netzfrequenz gesenkt. Falls nötig, werden die Dieselmotoren gestartet und falls die Frequenz unter 48 Hz sinkt, wird die Last abgetrennt. Ist die Batterie voll aufgeladen oder wird eine Leistungsbeschränkung entsprechend der eingebauten Laderegulierung benötigt, registrieren die verteilten PV-Wechselrichter eine höhere Netzfrequenz und drosseln stetig ihre Leistungsabgabe.

Über 500 weitere Pilotsysteme zur modularen, erweiterbaren Stromversorgung sind in den vergangenen fünf Jahren weltweit, beispielsweise in Gambia [5], Namibia, Uganda, Südafrika, China, Indien, Brasilien, USA, Australien, Neuseeland, Portugal, Spanien, Italien, Tschechien, Österreich und Deutschland, installiert worden. Bei ersten Anlagen in Ghana, Tansania und Indonesien soll nun der Dieseltreibstoff des Back-up-Aggregates durch Öl aus der heimischen und für Mensch und Tier ungenießbaren Jatropha-Pflanze ersetzt werden. Andere Ansätze zielen auf die Nutzung von Biogas als speicherbare Back-up-Energie ab.



Nachhaltiger Betrieb von Dorfstromsystemen

Um Mininetze nachhaltig betreiben zu können, lassen sich verschiedene Managementsysteme anwenden. Alle müssen so organisiert werden, dass sich der Aufwand für Betrieb, Wartung und Ersatz der Komponenten für die gesamte Systemlebensdauer rechnet.

Das EVU-Modell

Basierend auf der traditionellen Energieversorgung der Industrieländer ist bei diesem Modell ein Energieversorgungsunternehmen (EVU) verantwortlich für die Stromerzeugung und muss sicherstellen, dass die Energienachfrage vollständig befriedigt wird. Die Verbraucher zahlen für die zur Verfügung gestellte Energie. In vielen ländlichen Gebieten decken die Einkünfte aus dem Energieverkauf aber nicht die Kosten der Bereitstellung. Die Differenz wird im Allgemeinen aus den Einkünften von städtischen Verbrauchern oder durch Regierungsmitteln ausgeglichen. Dieses Modell eignet sich besonders für Mininetze in isolierten Dörfern, Gebieten oder Regionen, die eventuell später an das nationale Stromnetz angeschlossen werden. Das nationale EVU ist von Anfang an in die Installation der Mininetze und die Energiebereitstellung einbezogen. Endverbraucher haben keine Wartungsaufgaben und tragen keine Verantwortung für das Stromversorgungssystem, sie müssen aber sicherstellen, dass ihr Verbrauchsverhalten das Mininetz nicht überlastet.

*Abbildung 2
Ankunft einer
Pilotanlage eines
Photovoltaik-Diesel-
Hybridsystems in
Containerbauweise für
die Versorgung eines
Gesundheitszentrums
in Gambia [5]*

Abbildung 3
Grundsätzlich ist es für Erfolg und nachhaltigen Betrieb von Elektrifizierungsprojekten von entscheidender Bedeutung zwischen den teilweise sehr unterschiedlichen Kulturen der beteiligten Projektpartner zu vermitteln.



Dies kann z. B. über Tarfsysteme erreicht werden. Steigt die Nachfrage, muss die Versorgung entsprechend zunehmen. [6]

Das Gemeinschaftsmanagement-Modell

Dieses Modell baut auf die eigene Kraft und Fähigkeit ländlicher Gemeinschaften auf, es arbeitet mit der Verantwortlichkeit der Menschen. Generell funktioniert das System mit Nachfrageberechnungen, Tarfsystemen und falls nötig mit Fördermitteln. In diesem Modell sind der Aufbau lokaler Kompetenzen und örtliches Training wichtige Merkmale. Die Beteiligung des Endverbrauchers ist ein zentrales Element. Je kleiner und isolierter diese Gemeinschaften sind, desto besser kann dieses Modell angewandt werden. Zuerst wird ein Verbraucherkomitee gegründet, was die Neuschaffung einer örtlichen Organisation beinhalten kann. In sehr kleinen Gemeinschaften mit weniger als 12 Haushalten (bzw. Energieverbrauchseinheiten) wird jeder Haushalt in die Entscheidungen einbezogen. In mittleren Gemeinschaften (mit weniger als 300 Menschen) werden Vertreter gewählt; größere Gemeinschaften müssen „verschachtelt“ werden, d. h. es erfolgt eine Aufteilung in kleinere Sektionen. Sowohl Energieverbrauch als auch Energieerzeugung wird von den Gemeinschaften organisiert, mit ihrem Spezialwissen über lokale Bedürfnisse und Einschränkungen. Die Gemeinschaften sind hier voll verantwortlich. Für Installation und regelmäßige Inspektion bedarf es Experten von außen, welche von den Gemeinschaften selbst finanziert werden. [6]

Das Unternehmer-Modell

Hier sind die Verbraucher ausschließlich Kunden. Jeder Endverbraucher kauft entweder den Strom oder die Energiedienstleistungen von einem lokalen Unternehmen. Das Unternehmen ist voll verantwortlich für das gesamte Versorgungssystem. Ähnlich wie beim Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sind ökonomische Anreize zu fördern, derartige Systeme zu installieren und zu betreiben. Dabei besteht das Ziel darin, das Unternehmen auf eine ökonomisch nachhaltige Weise zu betreiben. Das bedeutet, alle finanziellen Forderungen abzusichern, längerfristig Kosten zu senken und auch zusätzliches Einkommen zu generieren [6].

Das könnte wie ein Franchiseunternehmen¹ strukturiert sein, das den höchst möglichen Preis erzielen möchte, wie ein normales Unternehmen. Es wäre von Vorteil, wenn auch Fördermodelle und/oder Regierungskreditsysteme vorhanden sind.

¹ Beim Franchising stellt ein Franchise-Geber einem Franchise-Nehmer die Nutzung eines Geschäftskonzeptes gegen Entgelt zur Verfügung.

Zusammenfassung und Ausblick

Solar Home Systeme bieten eine bescheidene Elektrizitätsgrundversorgung mit speziellen Gleichstromverbrauchern, wie Radios, Lampen oder einfachen Haushaltsgeräten. Automatisierte Hybridsysteme, eingesetzt in Mikronetzen zur Dorfstromversorgung, mit erneuerbaren Energien wie Photovoltaik und Windanlagen, mit Speichern und kleinen konventionellen Back-up-Aggregaten (z.B. Dieselgeneratoren) ermöglichen stabile Wechselstromversorgungen. Die modularen Strukturen begünstigen einen einfachen Ausbau im Falle einer steigenden Energienachfrage und können damit eine wachsende Wertschöpfung unterstützen. Bewährtes System-Know-how und in Deutschland entwickelte Qualitätskomponenten bieten schon heute wirtschaftliche Lösungen und haben ihre Leistungsfähigkeit in zahlreichen Pilotanlagen weltweit unter Beweis gestellt.

Es ist nun an der Zeit, einen breiten Feldtest in einem ausgesuchten Land oder in einer ausgewählten Region zu beginnen. Zwischen 5 und 40 Euro geben Familien in Entwicklungsländern monatlich für Kerzen, Kerosin oder Batterien (zur Einmalverwendung) aus. Mit diesem Basisbetrag als Eigenbeteiligung und den vorgestellten Finanzierungs- und Geschäftsmodellen ließen sich auch Hybridsysteme bzw. Mini-Netze auf der Basis hochtechnologischer deutscher Systemkomponenten finanzieren.

Zur Vermeidung weiterer Landflucht und Bevölkerungswanderungen sowie zur globalen CO₂-Verringerung sind Überlegungen notwendig, Grundgedanken des Erneuerbare-Energien-Gesetzes auf die Bildung von Anreizen in der ländlichen Elektrifizierung zu übertragen. Für nachhaltige Wirtschaftsbeziehungen gilt es dabei, strategische Partnerschaften zu entwickeln, zwischen den unterschiedlichen Kulturen zu transformieren sowie die stetige Bereitschaft zu wahren, voneinander zu lernen.

Literatur:

- [1] REN21 Renewable Energy Policy Network. 2005: Globaler Statusbericht 2005 Erneuerbare Energien; Washington DC; Worldwatch Institute; www.ren21.net
- [2] B. Ortiz: Can carbon credits contribute to finance projects for rural development? Konferenzband 21. European PV Solar Energy Conference and Exhibition, 4-8.9.06, Dresden.
- [3] A. Engler: Patent 101 40 783, Vorrichtung zum gleichberechtigten Parallelbetrieb von ein- oder dreiphasigen Spannungsquellen, Anmeldung: 21.08.2001; A. Engler, P. Strauß: Markenmuster SelfSync, Anmeldung: 23.09.2003
- [4] C. Villalobos Montoya, J. Reekers, P. Schweizer-Ries, P. Strauss, S. Tselepis: Two years of PV-Hybrid stand alone Systems on the island of Kythnos: A socio-technical analysis. 2nd European Conference on PV Hybrid and Minigrids 2003, Kassel, p. 392-396
- [5] R. Geipel, P. Isfort, M. Landau, J. Schmid, P. Schweizer-Ries, P. Strauß, M. Vandenbergh: Experience with the Electrification of a Gambian Village; Konferenzband 21. European PV Solar Energy Conference and Exhibition, 4-8.9.06, Dresden.
- [6] J. Schmid, P. Schweizer-Ries, P. Strauss: Photovoltaik-Mininetze für die ländliche Entwicklung. Elektrizität abseits der Stromnetze. Erneuerbare Energien, 12/2003, (Jg. 13), 53-55.

Erneuerbare Energien und Arbeitsplätze in gesamtwirtschaftlicher Betrachtung

Marlene Kratzat
ZSW
Marlene.Kratzat@zsw-bw.de

Dr. Ulrike Lehr
DLR
Ulrike.lehr@dlr.de

Einleitung

Der Ausbau erneuerbarer Energien ist ein wesentliches Element zur Erreichung der nationalen und europäischen Nachhaltigkeitsziele, da sie die Vorräte nicht-erneuerbarer Energien schonen, sodass diese auch nachfolgenden Generationen erhalten bleiben. Sie leisten ferner einen Beitrag zum internationalen Ausgleich zwischen den entwickelten Ländern und den Entwicklungsländern, denn sie sichern die Chancen der Entwicklungsländer, für ihr angestrebtes Wachstum über ausreichende Energie zu verfügen. Die nachhaltige Entwicklung im Energiebereich erfordert dabei das Zusammenwirken von Effizienzstrategien, d.h. der stetigen Verringerung des Energiebedarfs im Produktions-, Transport-, Dienstleistungs- und Haushaltsbereich, und des Ausbaus erneuerbarer Energien, damit die tatsächlich benötigte Menge fossiler Energien bei einem weltweit wachsenden Energiebedarf sinken kann. Die Umgestaltung der derzeitigen Energieversorgung hin zu einer unter Klimaschutz- und Ressourcengesichtspunkten langfristig tragfähigen, nachhaltigen Energieversorgung ist das wesentliche Gestaltungselement für alle Ausbauszenarien. Nachhaltige Entwicklung beinhaltet immer eine tragfähige und zukunftssichere wirtschaftliche und soziale Entwicklung. So betont der Wegweiser Nachhaltigkeit der Bundesregierung¹: „Ziel der Wirtschafts- und Finanzpolitik der Bundesregierung ist ein sozial und ökologisch verträgliches Wachstum: Die Bundesregierung will nachhaltiges Wachstum, das dauerhaft einen hohen Beschäftigungsstand ermöglicht, die ökonomische Grundlage des Sozialstaats sichert und die natürlichen Lebensgrundlagen erhält.“ Die Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf andere Politikfelder, insbesondere auf den deutschen Arbeitsmarkt, wurden jedoch in der Vergangenheit kontrovers diskutiert.

¹ Wegweiser Nachhaltigkeit, Bilanz und Perspektiven, Kabinettsbeschluss vom 10. August 2005.

Wirtschaftliche Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energien

In der Diskussion geht es um den gesamtwirtschaftlichen Effekt des Ausbaus erneuerbarer Energien, der sich durch eine komplexe Bilanzierung der möglichen positiven und negativen Effekte errechnen lässt. Zu den beschäftigungssteigernden Effekten zählen dabei zum einen der Investitionseffekt, der daraus folgt, dass der Ausbau erneuerbarer Energien verstärkte Investitionen von im Inland hergestellten Anlagen fördert, die zur Erweiterung von Produktion und Beschäftigung führen. Dabei führen die Investitionen in die Herstellung von Anlagen zunächst ganz direkt zu einer Mehrbeschäftigung in den betreffenden Unternehmen und darüber hinaus führt die verstärkte Nachfrage nach Vorlieferungen seitens dieser Hersteller auch zur Beschäftigungssteigerung in den sogenannten vorgelagerten Wirtschaftsbereichen. Zum anderen erweisen sich der Betrieb und die Wartung dieser Anlagen als beschäftigungssteigernd.

Auf der anderen Seite jedoch werden die Produkte der erneuerbaren Energien – Elektrizität, Wärme und Kraftstoffe – in aller Regel fossile Energien ersetzen, so dass weniger in konventionelle Energieanlagen investiert wird und es dort zu einem Verlust von Arbeitsplätzen kommen kann. Obwohl in Deutschland etwa drei Viertel der nicht erneuerbaren Energien importiert werden, führt die Erschließung von Biomasse, Wasserkraft, Windenergie, Sonnenenergie und Geothermie auch hierzulande zu negativen Auswirkungen auf die Investitionen und somit auf die Beschäftigung in diesem Bereich. Wesentlich stärker als dieser **Substitutionseffekt** wirkt sich jedoch die Belastung öffentlicher und privater Budgets aus. Da erneuerbare Energien im Vergleich zu konventionellen Energien von einigen Ausnahmen abgesehen bislang noch nicht über die Preise konkurrenzfähig sind, sind die resultie-

renden Differenzkosten von den Energieverbrauchern zu tragen. Der entsprechende Betrag steht ihnen deshalb nicht zur Verfügung, um andere Güter nachzufragen. Die aus diesem so genannten **Budgeteffekt** resultierenden negativen Beschäftigungswirkungen in anderen Branchen müssen den positiven Effekten gegenübergestellt werden.

Von nicht im Voraus bestimmbarom Einfluss auf die Beschäftigung ist schließlich der **Außenhandel**. Sein Einfluss auf die inländische Beschäftigung hängt letztlich davon ab, ob mehr Güter exportiert oder importiert werden. Gerade diesem Aspekt wird in Zukunft wachsende Bedeutung zukommen.

Der Nettobeschäftigungseffekt

Diese Effekte müssen nicht nur gegeneinander bilanziert, sondern in ihren jeweiligen Auswirkungen mit der Referenzentwicklung verglichen werden, denn letztlich interessiert die Frage, welche Beschäftigungseffekte der durch politische Maßnahmen flankierte verstärkte Ausbau erneuerbarer Energien im Vergleich zu einer Referenzentwicklung ohne diese Flankierung haben wird. Somit wird die Bruttomehrbeschäftigung, die aus den im Vergleich zur Referenz verstärkten Investitionen in Herstellung und Betrieb sowie dem Export folgt, mit der Minderbeschäftigung bilanziert, die aus den höheren Ausgaben für diese Anlagen und den geringeren Ausgaben für konventionelle Anlagen resultiert. Das Ergebnis ist der sogenannte Nettobeschäftigungseffekt. Während die Beschäftigungseffekte aus gestiegenen Investitionen immer positiv sind, kann der Nettoeffekt durchaus sowohl ein positives als auch ein negatives Vorzeichen haben. So ging es in der Diskussion um die Arbeitsmarkteffekte des Ausbaus erneuerbarer Energien auch weniger um Größenordnungen, als vielmehr um die zentrale Frage dieses Vorzeichens, d. h. ob die Nutzung erneuerbarer Energien bei einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung zu einer Zunahme von Beschäftigung führt, oder ob dadurch Arbeitsplätze verloren gehen. Geschuldet ist die Debatte einerseits der Komplexität des Sachverhaltes, andererseits der in einigen Bereichen unzureichenden Datenlage.

Unternehmensbefragung

Die hier vorgestellte Untersuchung, die im Zeitraum Ende 2004 bis Juni 2006 durchgeführt wurde, setzt an allen oben genannten Finanz- und Handelseffekten an. Insbesondere eine breit angelegte Unternehmensbefragung (mehr als 1.100 Unternehmen) im Sommer 2005 ermöglichte es, zahlreiche Basisinformationen zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus mussten zahlreiche Annahmen getroffen werden – z. B. in Bezug auf das internationale Marktgeschehen oder die zukünftige Entwicklung erneuerbarer Energien. Anhand plausibler Überlegungen werden robuste Größenordnungen abgebildet, aus denen sich tragfähige Handlungsempfehlungen für strategische Entscheidungen ableiten lassen. Somit wird ein konstruktiver Beitrag zur weiteren Diskussion der Arbeitsmarkteffekte der Nutzung erneuerbarer Energien geleistet, die sich politisch wie auch wissenschaftlich fortsetzen wird. Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen²:

Die Ausgangssituation im Jahr 2004

Aus der Befragung ergibt sich, dass Deutschland für die meisten Unternehmen als attraktivster Unternehmensstandort gilt, gefolgt von den Ländern der Europäischen Union. Die Branche der erneuerbaren Energien ist derzeit klar mittelständisch geprägt. Besonders in strukturschwachen Gebieten bestehen Beschäftigungsperspektiven, die jedoch davon abhängen, inwieweit es gelingt, in diesen Gebieten die regionale Wertschöpfung zu stärken. Besonders hoch ist der Anteil regionaler Wertschöpfung in Norddeutschland (ca. 50%), am niedrigsten derzeit in Ostdeutschland (ca. 20%).

² Für eine ausführliche Darstellung der verwendeten Methoden und der Ergebnisse vgl. „Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt unter besonderer Berücksichtigung des Außenhandels“, BMU 2006.

Bruttoarbeitsplätze in den erneuerbaren Energien

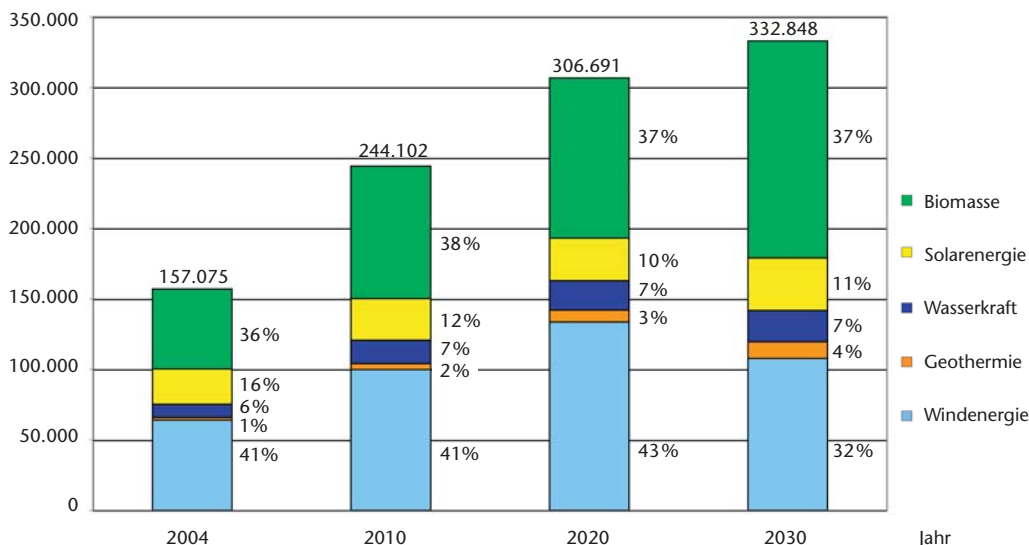


Abbildung 1
Bruttobeschäftigung
der erneuerbaren
Energien 2004
sowie deren Ent-
wicklung bis 2030

Im Basisjahr 2004 belief sich die Bruttobeschäftigung aus den Investitionen in die Herstellung und den Betrieb von Anlagen, sowie dem Export von Anlagen und Komponenten, auf 157.000 Arbeitsplätze. Davon entfallen 64.000 Arbeitsplätze auf die Windbranche, 57.000 auf den Bereich der Bioenergien, 25.000 auf den Bereich der Solarenergie und weitere 11.000 auf die Bereiche Wasserkraft und Geothermie (vgl. Abb.1). Etwa die Hälfte aller Beschäftigten sind der Herstellung und dem Betrieb von Anlagen zuzurechnen, die andere Hälfte der Beschäftigten Zulieferbetrieben bzw. vorgelagerten Wirtschaftssektoren, insbesondere dem Maschinenbau und der Herstellung elektrischer Geräte, aber auch der Stahl- und Glasindustrie bis hin zu unternehmensbezogenen Dienstleistungen und der Versicherungswirtschaft³.

Entwicklung der Beschäftigung bis 2020 und 2030

Die Betrachtung der Beschäftigungsentwicklung basiert auf einem Ausbauszenario, welches die Klimaschutzziele mit einer Reduzierung des CO₂-Austoßes um 80% bis 2050 erfüllt. Bis zum Jahr 2020 kann der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch in Deutschland dabei von 4,6% in 2005 auf 13,9% steigen, wenn gleichzeitig durch Energieeinsparungs- und Effizienzmaßnahmen der gesamte Endenergiebedarf um 10% reduziert wird. Im Strommarkt erhöht sich ihr Anteil von 10,2% (2005) auf 25,6%, die installierte Leistung steigt von 25.840 MW auf 56.300 MW.

Die durch die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland verursachten Mehrkosten (sog. Differenzkosten) werden bei einer zurückhaltenden Einschätzung des zukünftigen Energiepreisniveaus noch für etwa zehn Jahre steigen. Bei einem Energiepreisszenario, das im Jahr 2020 von einem Ölpreis von 60 US\$ pro Barrel (alle Angaben in Preisen von 2000) und einen CO₂-Zertifikatspreis von 15 €/t ausgeht, beläuft sich das Maximum der Differenzkosten im Jahr 2015 auf 5 Mrd. €/a (2005: 3 Mrd. €/a). Der Anstieg ist deutlich unterproportional zur Ausweitung des Endenergiebeitrags

³ Für das Jahr 2005 lässt sich auf dieser Grundlage ein Bruttobeschäftigungseffekt von etwa 170.000 Arbeitsplätzen abschätzen.

der erneuerbaren Energien. Die Wettbewerbsfähigkeit des gesamten Mixes der erneuerbaren Energien (Differenzkosten kleiner oder gleich Null) kann um das Jahr 2020 erreicht werden. Steigt das allgemeine Energiepreisniveau stärker, liegt der Zeitpunkt entsprechend früher und die Differenzkosten fallen insgesamt deutlich niedriger aus.

Eine zentrale Rolle für weitere positive Beschäftigungsimpulse spielt ein erfolgreicher Außenhandel. Für die aus deutscher Sicht relevanten Technologien – vor allem Elektrizität erzeugende Systeme, die thermische Nutzung von Sonnenenergie und Geothermie sowie verschiedene Technologien zur energetischen Nutzung von Biomasse – sind die Wachstumsraten potenziell höher. Erneuerbare Energien stellen mit großer Sicherheit einen globalen Wachstumsmarkt dar. Daraus ergeben sich beträchtliche Exportpotenziale für deutsche Unternehmen. Da der internationale Ausbau erneuerbarer Energien mit einer zunehmenden Produktion in den Standortländern einhergeht, wird auch der Weltmarktanteil deutscher Unternehmen abnehmen, der gemittelt über alle Technologien derzeit bei 17% liegt. Dennoch sind im Bereich anspruchsvoller Techniken (z. B. Photovoltaikmodule, Getriebe und Generatoren für Windenergie- und Wasserkraftanlagen, Mess- und Steuerungstechnik für Biomasseanlagen usw.) auch im Jahr 2020 durchaus noch hohe Anteile am Weltmarkt von 15 bis 20% realistisch. Entscheidender sind jedoch die erreichbaren Absolutwerte. Allein die Investitionen in Strom erzeugende Anlagen aus deutscher Herkunft können sich von rund 6 Mrd. € im Jahr 2004 in einem „verhaltenen“ Exportszenario auf 20 Mrd. € im Jahr 2020 erhöhen. Schließt man Anlagen zur Wärmebereitstellung ein, so steigt dieser Wert auf rund 24 Mrd. €/a.

Vor diesem Hintergrund kann sich bis zum Jahr 2020 die Zahl der Arbeitsplätze der Branche in Deutschland auf über 300.000 verdoppeln (Bruttobeschäftigung). Berücksichtigt ist dabei bereits eine deutliche Zunahme der Arbeitsproduktivität, d. h. der erwirtschaftete Umsatz je Beschäftigtem liegt gegenüber heute um etwa 36% höher. Unter Weiterschreibung dieser Entwicklung sind bis zum Jahr 2030 über 330.000 Arbeitsplätze gut vorstellbar (Abb. 1).

Der Nettobeschäftigungseffekt ergibt sich aus der Differenz zwischen zwei unterschiedlichen konsistenten Ausbauszenarien. Gegenüber einer Referenzentwicklung kann ein dynamischerer Ausbau erneuerbarer Energien, der die Klimaschutzziele erfüllt, zu einem stetig steigenden positiven Nettobeschäftigungseffekt führen, der bis 2020 eine Größenordnung von über 70.000 Arbeitsplätzen erreicht und bis 2030 auf über 80.000 wächst. Dabei hängt der Effekt stark von der allgemeinen Energiepreisentwicklung und der Auslandsnachfrage nach erneuerbaren Energien ab. Hierzu wurden Sensitivitätsrechnungen durchgeführt. Liegt das zukünftige Energiepreisniveau über dem angenommenen relativ moderaten Energiepreisszenario, so steigt die Nettobeschäftigung bis 2030 auf knapp 120.000 Arbeitsplätze. Bei einer günstigeren Exportentwicklung (Exportszenario „verhalten optimistisch“) können die Werte bis 2030 sogar auf 150.000 bis 180.000 steigen. Negative Nettobeschäftigungseffekte lassen sich nur für den unwahrscheinlichen Fall ermitteln, dass die Exporte von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien praktisch zum Erliegen kommen und die Energiepreise wieder auf das Niveau der Jahre 2000 bis 2002 (Realer Ölpreis in 2020 von 32 US\$ je Barrel) zurückgehen.

Ein kontinuierliches Monitoring des weiteren Ausbaus erneuerbarer Energien und dessen Wirkungen auf den Arbeitsmarkt ist aufgrund der hohen Entwicklungsdynamik von großer Bedeutung, damit Fehlentwicklungen rechtzeitig korrigiert und positive Trends aktiv unterstützt werden können.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass eine wirksame Klimaschutzpolitik gleichzeitig eine gesamtwirtschaftlich vorteilhafte Strategie im Hinblick auf Arbeitsplätze sein kann, wenn die durch eine nationale Vorreiterpolitik hervorgerufene Wachstumsdynamik rechtzeitig und erfolgreich auf Exportmärkte übertragen werden kann.