



Institut für Agrarökonomie  
Georg-August Universität Göttingen

Januar  
2006

# **Die Förderung alternativer Energien - eine kritische Bestandsaufnahme**

**VON**

**Sebastian Heß, Holger Bergmann und Lüder Sudmann**

**Institut für Agrarökonomie  
Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 5  
37073 Göttingen**

**Kontakt: [hbergma1@gwdg.de](mailto:hbergma1@gwdg.de)**

**oder**

**Shess1@gwdg.de**

# Inhaltsverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Abbildungsverzeichnis .....                                    | III |
| Tabellenverzeichnis .....                                      | III |
| 1 Problem .....  | 1   |
| 2 Darstellung des Problembereiches .....                       | 2   |
| 2.1 Ökonomische Entwicklung .....                              | 3   |
| 2.2 Klimafolgen.....   | 8   |
| 2.3 Schlussfolgerungen .....                                   | 12  |
| 3 Lösungsstrategien.....                                       | 14  |
| 3.1 Alternative Energien .....                                 | 14  |
| 3.1.1 Windenergie .....  | 14  |
| 3.1.2 Wasserkraft .....  | 15  |
| 3.1.3 Solarenergie.....  | 16  |
| 3.1.4 Biomasse .....   | 16  |
| 4 Nationale Strategie zur Förderung alternativer Energien..... | 18  |
| 4.1 EEG .....  | 18  |
| 4.2 Marktanzreizprogramm (MAP) .....                           | 20  |
| 5 Ökonomische Analyse der Instrumente .....                    | 21  |
| 5.1 Betriebswirtschaftliche Analyse.....                       | 21  |
| 5.2 Volkswirtschaftliche Analyse .....                         | 25  |
| 5.3 Quantitative Erfassung externer Effekte .....              | 26  |
| 6 Schlussfolgerungen .....                                     | 28  |
| 7 Literaturverzeichnis.....                                    | 29  |

## **Abbildungsverzeichnis**

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 2-1 Nachfrageentwicklung nach nicht-erneuerbaren Ressourcen im Zeitablauf in Abhängigkeit von Abbaupfad und Preisentwicklung..... | 4  |
| Abbildung 2-2 Verlauf von Erdölpreis und Kenntnis von Reserven ).....   | 5  |
| Abbildung 2-3 Betriebswirtschaftliche Kosten der Bereitstellung von Energie auf der Basis unterschiedlicher Energieträger.....              | 7  |
| Abbildung 2-4 Volkswirtschaftliche Kosten unterschiedlicher Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Reduktion.....                                   | 10 |
| Abbildung 2-5 Struktur des Primärenergieverbrauchs in Deutschland.....  | 11 |
| Abbildung 5-1: Prognose der Stromgestehungskosten.....  | 22 |
| Abbildung 5-2 Betriebswirtschaftliche Wirkungen des EEG.....  | 23 |

## **Tabellenverzeichnis**

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 2-1 Statische Reichweite einiger fossiler Energieträger.....                                | 6  |
| Tabelle 3-1 Installierte Anlagenleistung und durchschnittliche Auslastung bei Windkraftanlagen..... | 14 |

# 1 Problem

Spätestens seit den Diskussionen um die „Grenzen des Wachstums“ ausgelöst durch den Meadows-Report (Meadows 1973) des Club of Rome ist allgemein bekannt, dass der Lebensstil der westlichen Gesellschaften wesentlich auf der Versorgung mit preiswerten endlichen fossilen Energieträgern, wie Erdöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle, basiert. Gleichzeitig werden aus dem Verbrauch dieser Energieträger resultierende, negative externe Effekte für Gesundheit, Klima, Biosphäre und Kulturgüter seit Jahren angemahnt. Zahllose Studien haben versucht, diese negativen Effekte zu quantifizieren, um die tatsächlichen Kosten des Verbrauchs fossiler Energieträger zu ermitteln. In diesem Diskussionspapier wird hingegen davon ausgegangen, daß nur am Markt beobachtete Preise für die Energiepolitik relevant sind. Quantifizierungsversuche externer Effekte werden aufgrund ihres spekulativen Momentes nicht einbezogen.

Allen genannten Energieträgern ist gemeinsam, dass sie bei aktuellem Kenntnisstand nur in begrenzter Menge vorhanden sind, ihre Regeneration menschliche Maßstäbe bei weitem übersteigt und bei weiterer Nachfragesteigerung durch die absehbare wirtschaftliche Entwicklung im asiatischen Raum ihr Abbau stetig voranschreiten wird. Damit sind für die Zukunft grundsätzlich zwei wesentliche Entwicklungen voraussehbar:

Die Preise werden steigen und die Vorräte an fossilen Energieträgern werden schneller als bisher schwinden.

Neben diesen Effekten, die vor allem auf die weltweite wirtschaftliche Entwicklung Einfluss nehmen, sind fossile Energieträger durch die Freisetzung von CO<sub>2</sub> mitverantwortlich für den „Treibhauseffekt“. Gemäß der gegenwärtigen mehrheitlichen Expertenmeinung (vergl. Lüdecke 2005) werden mit dem prognostizierten Klimawandel im wesentlichen zwei Probleme verbunden: der Anstieg der Meeresspiegel, durch den zahlreiche Küstenregionen überflutet werden und die Veränderung des Klimas durch die sich die landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen in einigen Weltregionen extrem verändern werden.

Die Energiepolitik muss aufgrund dieser absehbaren Entwicklungen deshalb gleichzeitig zwei Ziele verfolgen:

- Sicherstellung der Versorgung mit Energie zu Preisen, die das wirtschaftliche Wachstum nicht behindern und

- Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, um damit die Folgen des absehbaren Klimawandels abzuschwächen bzw. zu vermindern.

Eine wesentliche Strategie zur Erreichung beider Ziele gleichzeitig ist, neben dem Energiesparen und der Steigerung der Effizienz der bisherigen Energienutzung, der Einsatz und die Steigerung der Effizienz von erneuerbaren Energien.

In diesem Beitrag werden auf der Basis einer kurzen Problembeschreibung, die unterschiedlichen alternativen Energieträger vorgestellt. Folgend wird die nationale Strategie zu ihrer Förderung beschrieben und aus volks- und betriebswirtschaftlicher Sicht beleuchtet und kritisch hinterfragt. Wie bereits erwähnt, wird eine ausführliche monetäre Bewertung externer Effekte in diesem Beitrag weitgehend unterlassen. In einem geplanten zweiten Arbeitspapier der Autoren zu diesem Thema werden in die Betrachtung auch Schätzungen über externe Effekte miteinbezogen.

Eine Schlussfolgerung fasst zusammen, welche Strategie aus ökonomischer Sicht zur Erreichung sowohl wirtschaftlicher als auch ökologischer Zielsetzungen am besten geeignet scheint.

## **2 Darstellung des Problembereiches**

Die Weltwirtschaft nimmt in den letzten Jahren besonders im asiatischen Raum wieder an Fahrt auf und wächst beispielsweise in der VR China ungebremst. Neben den anhalten politischen Konflikten im Nahen und Mittleren Osten sind auch aus diesem Grunde die Energiemärkte und die Endlichkeit der natürlichen Ressourcen wieder in den Blick der Öffentlichkeit geraten. Daneben zeigen zahlreiche Ergebnisse der Klimawandelfolgeschätzung, dass die Wirkungen des fossilen Energieeinsatzes bis zum Jahr 2050 wahrscheinlich einen erheblichen Einfluss auf die Durchschnittstemperaturen der Welt besitzen werden.

Auf den weltweiten Energiemärkten lassen sich folgende Tendenzen feststellen (vergl. BGR 2002):

- Zunehmende Globalisierung, die verbunden ist mit wachsender Liberalisierung der Strom- und Erdgasmärkte und gleichzeitig weiterer Konzentration bei Produzenten und Energieanbietern durch Firmenzusammenschlüsse und –übernahmen.
- Starke Schwankungen der Energiepreise, insbesondere bei Erdöl und nachfolgend bei anderen fossilen Energieträgern.

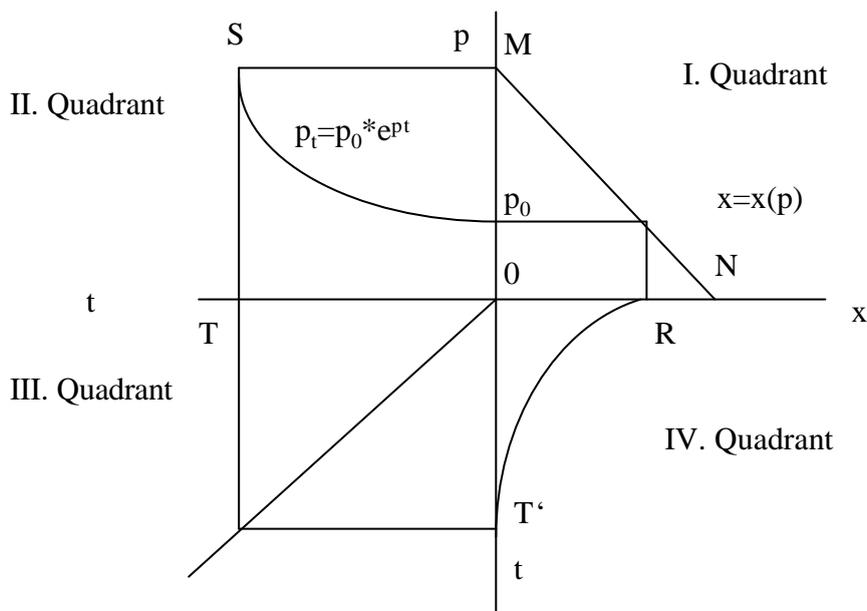
- Verstärkte Diskussionen zur nationalen und internationalen Energiepolitik. Hier sind die nationalen Energieprogramme der USA und Russlands, aber auch das Weißbuch der EU zur zukünftigen Energieversorgung der Union zu erwähnen.
- Internationale Verhandlungen zur Klimaproblematik mit dem Ziel der Reduzierung der Treibhausgasemissionen und der langfristigen Verringerung des Einsatzes fossiler Brennstoffe.
- Auf nationaler Ebene finden sich konträre Standpunkte zur probaten künftigen Nutzung der Kernenergie versus erneuerbarer Energien, wie beispielsweise die Debatte um die Windkraft zeigt.

## **2.1 Ökonomische Entwicklung**

Um Beurteilen zu können, wie knapp Energieträger sind, ist eine Analyse ihrer zukünftigen Verfügbarkeit notwendig. Die ökonomische Analyse kann dadurch vereinfacht werden, dass man annimmt, dass Energieträger homogene Güter mit fest definiertem Vorrat sind. Je nach Abbaupfad und Preisentwicklung in Abhängigkeit von der Zinsentwicklung lässt sich dann zu jedem Zeitpunkt  $t$  in der Zukunft die Entwicklung des nicht-erneuerbaren Ressourcenbestandes darstellen.

Nachfolgende Abbildung 2-1 verdeutlicht diesen Zusammenhang (vergl. Brandes et al. 1997;267):

**Abbildung 2-1 Nachfrageentwicklung nach nicht-erneuerbaren Ressourcen im Zeitablauf in Abhängigkeit von Abbaufad und Preisentwicklung**



Quelle: Brandes et al. (1997; 267)

Abbildung 2-1 beschreibt den Zusammenhang zwischen aktueller Nutzung einer Ressource und ihrem zeitlichen Abbauprofil. Anders als die Analyse der statischen Lebensdauer dies unterstellt (vergl. BGR 1999; 4), hängt der Verbrauch dieser endlichen Ressource davon ab, welche Preisentwicklung und welcher Marktzins unterstellt wird.

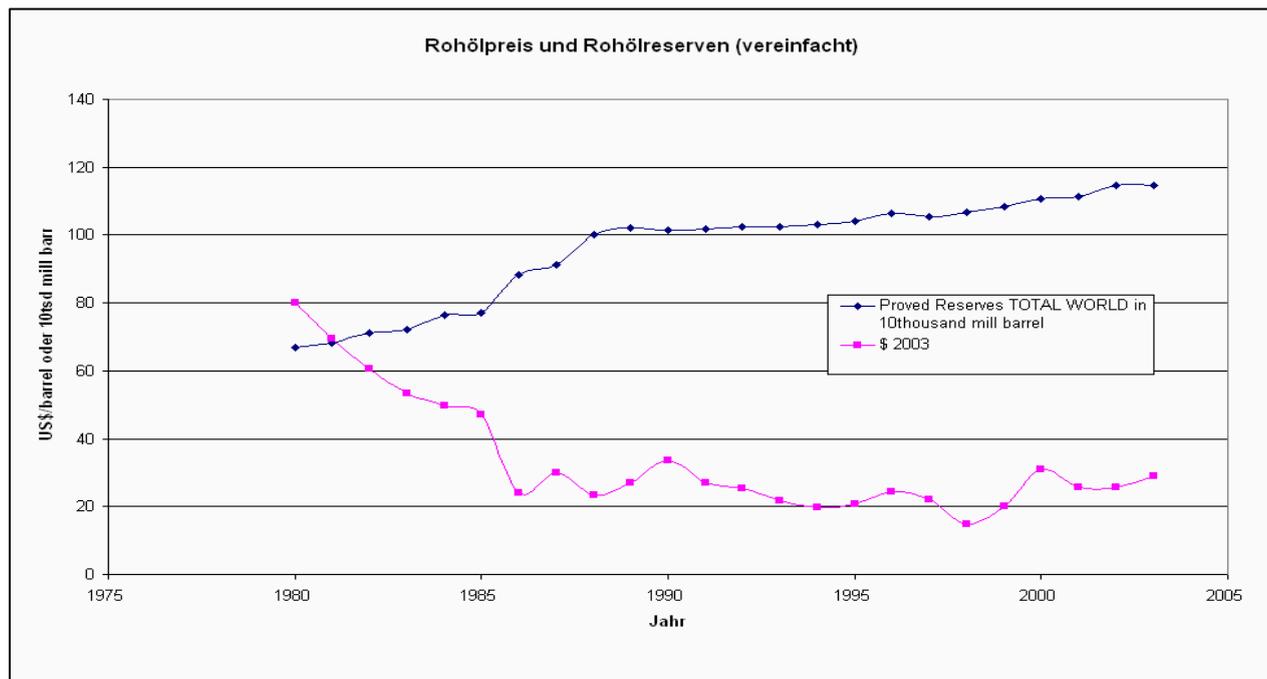
Quadrant I beschreibt eine Nachfragekurve für die endliche Ressource, die sich aus Wertgrenzproduktbetrachtungen in den Unternehmen ergibt. Punkt R stellt die absolute abgebaute Menge der Ressource zum betrachteten Zeitpunkt dar. Im 4. Quadranten ist die absolute Menge der Ressource durch die Fläche  $0 T'R$  dargestellt. Im 2. Quadranten findet sich eine Abschätzung der Preisentwicklung über die Jahre des Abbaus der Ressource, ausgedrückt durch die Formel:  $p_t = p_0 \cdot e^{p \cdot t}$ . Mit  $p_t$  als dem Preis zu jedem bestimmten Zeitpunkt,  $p_0$  als dem Preis der Ausgangsperiode, und dem Quotienten  $e^{p \cdot t}$  mit  $p$  für den geltenden Marktzins und  $t$  dem Zeitpunkt.

Werden diese Grafik und ihre algebraischen Zusammenhänge zugrunde gelegt, so ergibt sich, dass für die Nutzung einer endlichen Ressource weniger die Nachfrage nach dem Rohstoff

ausschlaggebend ist, sondern vielmehr der Preis der Ressource und insbesondere die aktuelle Zinshöhe den Umfang der Nutzung bestimmen.

Anders als diese Analyse unterstellt, hat sich allerdings beispielsweise bei Erdöl der Preis seit 1980 durchschnittlich nicht verändert (Stand Anfang 2005), wie die folgende Abbildung 2-2 zeigt.

**Abbildung 2-2 Verlauf von Erdölpreis und Kenntnis von Reserven )**



Quelle: Eigene Darstellung

Wie zu erkennen ist, schwankt der Erdölpreis pro Barrel in \$ seit 1985 (also nach dem Beginn des Irakisch-Iranischen Krieges) weitgehend im Bereich zwischen US\$ 20,- und US\$ 40,-. Der Erdölpreis als ein wesentlicher Indikator für den Preis von nicht-erneuerbaren Ressourcen ist damit seit zwei Jahrzehnten weitgehend stabil. Dies liegt vor allem in der Tatsache begründet, dass anders als dies in Abbildung 2-1 unterstellt wird, die Entdeckung von neuen Reserven den jeweils aktuellen Verbrauch in den letzten 25 Jahren überstiegen hat. Damit wurde in der Realität kein Abbaupfad beschritten, sondern es konnte bei stabilen Preisen jeweils auf der Abszisse die Abbaumenge  $R$  in jeder Periode genutzt werden. Dagegen zeigen die Marktentwicklungen insbesondere der Jahre 2004 bis einschließlich 2006 (Januar), auf <http://www.tecson.de/pexcrude.htm>, dass sich durch internationale Spannungen und das gleichzeitig weiter ungebremste Wachstum der Volkswirtschaft der Volksrepublik China, der Rohölpreis einen neuen Preiskorridor gefunden zu haben scheint. Dieser liegt zwischen 50 und ca. 90 \$ pro Barrel der Sorten North Sea Brent und Arabian Light.

Bei gleichzeitig steigendem Verbrauch (um mehr als 50 %) vornehmlich in den Industrieländern und den sich schnell entwickelnden Ökonomien Indiens und China stellt

beispielsweise die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR 1999) fest, dass im Zeitraum 1970 bis 1998 die Reserven durch Neufunde und verbesserte Gewinnungsmöglichkeiten um 90 % zugenommen haben. Damit hat sich die statische Reichweite des Erdöls seit 1970 von 34 Jahren auf 42 Jahre (Stand 1998) erhöht. Neuere Darstellungen (siehe nachfolgende Tabelle 2-1) zeigen, dass sich die statische Reichweite 2004 des Erdöls auf 44 Jahre erhöht hat. Die Reichweite anderer fossiler Brennstoffe schwankt in der Tabelle zwischen 37 Jahren (Uran) und Braunkohle 544 Jahre.

**Tabelle 2-1 Statische Reichweite einiger fossiler Energieträger**

| <b>Energieträger</b> | <b>Statische Reichweite in Jahren gerechnet von 1997</b> |
|----------------------|--|
| Braunkohle           | 544  |
| Steinkohle           | 150  |
| Erdgas               | 64   |
| Erdöl                | 44   |
| Uran                 | 37   |

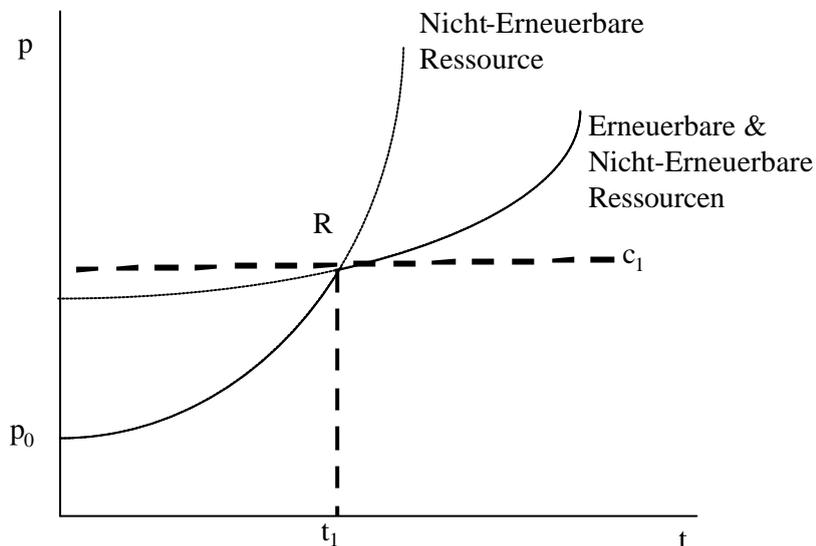
Quelle: <http://www.stmwivt.bayern.de/energie/bescheidwissen/strukturdaten.html>, Abruf 19.3.2005

Aus ökonomischer Sicht ist der Begriff der „Statischen Reichweite“ allerdings für Prognosen nur bedingt aussagekräftig, da er lediglich aussagt, wie lange die bekannten Reserven bei konstanter Förderung reichen werden. Er berücksichtigt weder den Mehrverbrauch durch Wirtschaftswachstum noch den der steigenden Weltbevölkerung bzw. eine annehmbare Substitution durch bis jetzt wirtschaftlich nicht förderbare Ressourcen.

Wie auch die BGR (1999; 4) anführt, handelt es sich bei dieser Aussage lediglich um eine Momentaufnahme zum Betrachtungszeitpunkt, die wesentlich vom Umfang der Förderung und den Reserven abhängt. Daneben zeigt sich durch die Preisentwicklungen des Jahres 2005, dass bisher unrentable Erdölressourcen, wie Erdölsande in Kanada oder auch Schweröle bspw. in Venezuela bei denen jeweils die Ölgewinnungstechnik noch in der Verbesserung sind, mittlerweile als durchaus abbauwürdig angesehen werden (vergl. Babies 2003) Dabei unterstellt Babies (2003, 1) dass bei den 2003 geltenden Rohölpreisen lediglich 35 Gt Ölsände (von insgesamt mehr als 400 Gt) als wirtschaftlich abbaufähig angesehen werden können. Wie die Entwicklungen des letzten Jahres gezeigt haben, liegen die heutigen Preise für Erdöl jedoch fast dreimal so hoch wie im Jahr 2003, so dass damit zu rechnen ist, dass sich die statische Reichweite der Ölvorräte auch weiterhin zwischen 30 und 40 Jahren bewegen wird. Aus ökonomischer Sicht ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass nicht-erneuerbare Energieträger mittel- und langfristig substituierbar sind. Anders als dies bei notwendigen Ressourcen der Fall ist, kann bei entsprechender Preisentwicklung damit gerechnet werden,

dass die Funktion der fossilen Energieträger durch alternative Energieträger übernommen werden kann.

**Abbildung 2-3 Betriebswirtschaftliche Kosten der Bereitstellung von Energie auf der Basis unterschiedlicher Energieträger**



Quelle: Bergmann/Marggraf 2005

Wie Abbildung 2-3 zeigt, werden die betriebswirtschaftlichen Kosten der Bereitstellung einer Ressource annahmegemäß über den Verbrauchszeitraum zunehmend höher. Dies führt, wie Abbildung 2-3 zeigt dazu, dass bereits die Einführung erneuerbarer Energien ab dem Zeitpunkt  $t_1$  dazu führt, dass die Bereitstellungskosten von Energie nicht mehr so stark ansteigen, wie dies der Fall wäre, wenn nur fossile Energieträger genutzt werden. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht kann angeführt werden, dass der Zeitpunkt  $t_1$  noch nicht erreicht worden ist, da die Bereitstellungskosten fossiler Energie noch sehr viel geringer sind als die aus erneuerbaren Energieträgern (vgl. dazu die Darstellungen in Kapitel 5.1).

Grundsätzlich kann aus Abbildung 2-3 entnommen werden, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt  $t_1$  nicht-erneuerbare Energieträger durch erneuerbare Energieträger teilweise oder vollständig substituiert werden können. Wie die Abbildung zeigt, ist der ausschlaggebende Faktor für die Bestimmung der effizientesten Energieform der Abbau- bzw. Bereitstellungspreis des Energieträgers. Ab einem Preis in Höhe von  $c_1$  ist damit zu rechnen, dass der zusätzliche Einsatz von erneuerbaren Ressourcen vorteilhaft wird.

Grundsätzlich dreht sich die gesellschaftliche Diskussion deshalb um die Frage ob der Zeitpunkt  $t_1$  bereits erreicht ist. Neben rein ökonomischen Kriterien sind für den Energieversorgungssektor auch politisch, ökologisch und soziale Kriterien in der Wahl der „richtigen“ Energiequelle von Bedeutung. Auf Grund der gesellschaftlichen Diskussion, beginnend in den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts, über die Grenzen des Wachstums und die Endlichkeit der konventionellen Energieressourcen (Erdöl, Erdgas, Kohle, etc.), kam es zu einer gesellschaftlichen Bewegung, die Alternativen zum eingeschlagenen energiepolitischen Weg diskutierte und mit dem Konzept der „Nachhaltigkeit“ durch die Agenda 21 entwickelte. Auch wenn dieser alternative Entwurf in einigen Bereichen bereits in zahlreiche praktische Politikzielsetzungen und –maßnahmen umgesetzt worden ist, hat die Umsetzung im Bereich der Energieversorgung mit der Verabschiedung des Stromeinspeisungsgesetzes erst 1990 begonnen und ist durch Novellierungen unter der rot-grünen Bundesregierung mittlerweile umbenannt in das Erneuerbare Energiengesetz (EEG) zu einem wichtigen Förderinstrument geworden. Insbesondere in der Förderung und der Forschung zur Biogasnutzung ist ein weiterer Meilenstein die Begründung der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR, Gülzow) im Jahre 1993 gewesen.

## **2.2 Klimafolgen**

Die Erkenntnis, dass anthropogenes  $\text{CO}_2$  Einfluss auf das globale Klima ausübt, ist nach Lüdecke (2005) wissenschaftlicher Konsens. Seit Beginn der Industrialisierung um 1850 erfolgte eine  $\text{CO}_2$ -Zunahme von 20 % in der Atmosphäre. Gesichert ist, dass diese Zunahme weitgehend auf der Verbrennung fossiler Energieträger beruht. Inwieweit die Folgen der globalen Erwärmung insgesamt schädlich oder nützlich für die Menschheit sein werden, ist nach wie vor noch umstritten. Beispielsweise erwarten zahlreiche Pazifikstaaten durch das Abschmelzen der polaren Eiskappen einen steigenden Meeresspiegel und damit eine Überflutung ihrer Küstenregionen bzw. einzelne Atolle ihr totales Verschwinden (vergl. dazu Altmann 1997 und anderen Folgen des Klimawandels). Andererseits wird durch die Klimaerwärmung beispielsweise die Schifffahrt im Nordpolarmeer begünstigt indem die Nordostpassage anstatt wie bisher an wenigen Tagen bis zu 150 Tage im Jahr zur Verfügung stünde und sich so der Seeweg von Alaska nach Europa drastisch verkürzen würde.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vergleiche zu den Wirkungen des Klimawandels Lüdecke (2005, 4ff.).

Grundsätzlich herrscht in der internationalen Staatengemeinschaft Konsens darüber, dass die anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen gesenkt werden müssen.

Als Ergebnis des Weltgipfels für Umwelt und Entwicklung im Jahre 1992 entstand die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. Diese Konvention trat 1994 in Kraft und wurde von den meisten Staaten ratifiziert. Die Vertragsstaaten treffen sich einmal im Jahr zu einer Konferenz, wodurch der globale Dialog über anthropogene Klimaveränderungen gewahrt bleibt.

Nicht alle dieser Vertragsstaaten waren allerdings bereit, das in den Folgejahren entwickelte sog. Kyoto-Protokoll (Grubb 1999) zu ratifizieren<sup>2</sup>, so dass es erst mit dem Beitritt Russlands im Jahre am 18.11.2004 in Kraft treten konnte. Neben der Reduktion von Treibhausgasen, wird mit dem Protokoll angestrebt die Energieeffizienz zu steigern, CO<sub>2</sub> Senken (Regenwald,...) verstärkt zu schützen, alternative Energien durch Forschung zu entwickeln und weiterhin Reformen auf diesem Gebiet der nachhaltigen Energieversorgungspolitik zu verstärken.

Für Deutschland bedeutet dies im Einzelnen eine Reduktion der Klimagasemissionen bezogen auf den Zeitraum 1989 bis 1991 um folgende Prozentsätze: bis zum Jahre 2012 sind 21 Prozent CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren, im Jahr 2003 waren hiervon bereits 19 Prozent erfüllt. Wesentlichen Beitrag hierzu leistete die Stilllegung ineffizienter Großanlagen in den neuen Bundesländern. Allgemein ist dieses Phänomen als „Hot Air“<sup>3</sup> bekannt (vergl. BMU 2004).

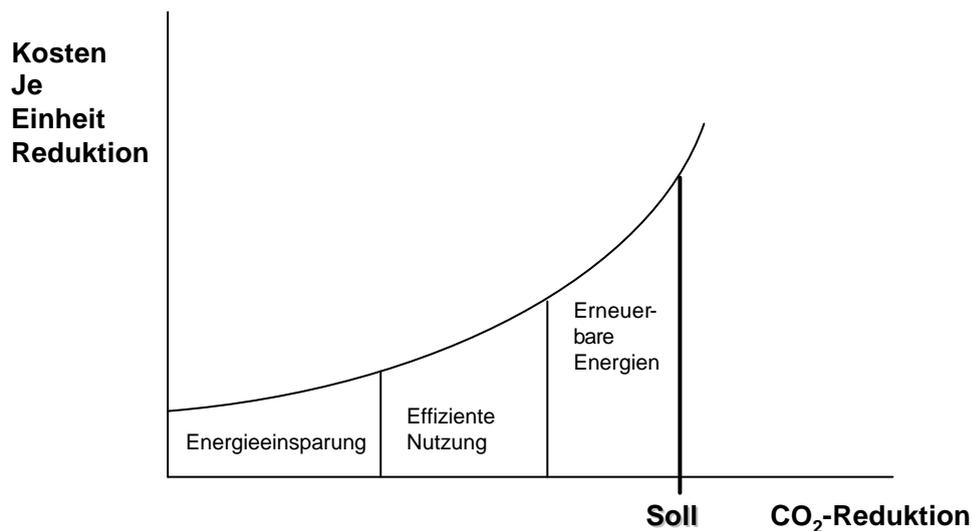
Bis zum Jahr 2020 muss Deutschland seine CO<sub>2</sub> Emissionen um 40 Prozent reduzieren, sofern die EU insgesamt eine Reduktion um 30 Prozent beschließt. Bis zum Jahr 2050 soll Deutschland 80 Prozent der CO<sub>2</sub> Emissionen des Jahres 1990 vermeiden. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden diese langfristigen Ziele ohne eine Nutzung erneuerbarer Energien nicht auf sinnvolle Weise zu erreichen sein.

---

<sup>2</sup> Zu nennen sind an dieser Stelle besonders die Vereinigten Staaten von Amerika, die immerhin gut 20 % der Treibhausgase verursachen, das Kyoto-Protokoll bis jetzt jedoch nicht ratifiziert haben.

<sup>3</sup> Heisse Luft, d.h. es sind keine Anstrengungen notwendig gewesen, um das Klimaziel zu erreichen, da die Anlagen aufgrund der Rentabilität ohnehin abgeschaltet worden wären.

Abbildung 2-4 Volkswirtschaftliche Kosten unterschiedlicher Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion



Quelle: Bergmann/Marggraf (2005)

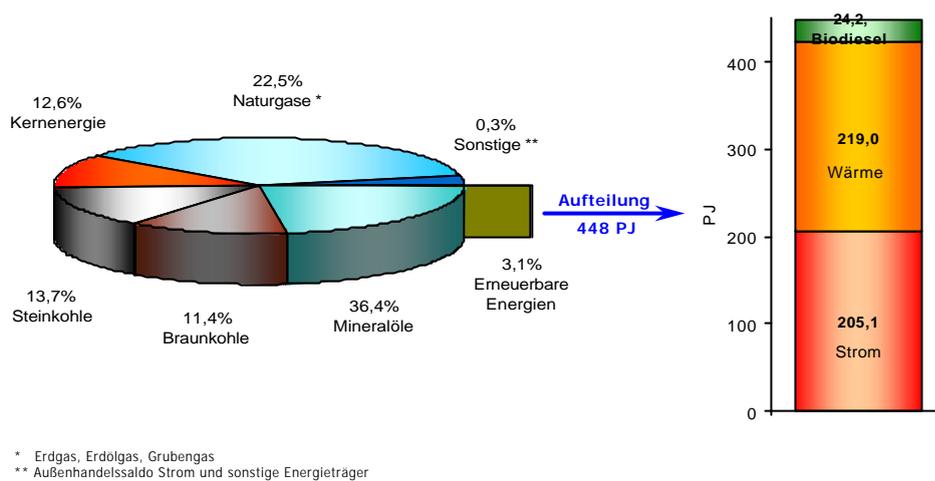
Im Rahmen der hier gewählten statischen Betrachtungsweise verdeutlicht Abbildung 2-4, dass erneuerbare Energien tendenziell nicht die günstigste sondern momentan die volkswirtschaftlich betrachtet teuerste Option zur Reduktion von Emissionen darstellen. Um das Ziel der CO<sub>2</sub>-Reduktion zu erreichen, ist deshalb vordringlich zu relativ niedrigen Kosten Energie zu sparen, bevor Investitionen in eine effizientere Nutzung bestehender Energiequellen getätigt werden sollten. Sind diese Möglichkeiten ausgeschöpft, steht das Potenzial der erneuerbaren Energien zur Verfügung, allerdings zu wesentlich höheren Grenzkosten.

Die Ausgangssituation für Deutschland und Europa kann auf folgende Weise zusammengefasst werden: Vereinbarungen im Rahmen des Kyoto-Protokolls fordern besonders von Deutschland als größtem Emittenten innerhalb der Europäischen Union eine starke Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen. Gleichzeitig ist die Volkswirtschaft stark von Energieimporten abhängig. Der Selbstversorgungsgrad für Energie in der Europäischen Union beträgt nur ca. 54 Prozent. Aus sicherheitspolitischen Überlegungen ist eine Fortführung bzw. Verschärfung dieser Abhängigkeit von Importen nicht im europäischen Interesse,

insbesondere, da die globalen Rohstoffquellen in wenigen häufig politisch instabilen Regionen (Irak, Venezuela, Nigeria) konzentriert sind.

Abbildung 2-5 Struktur des Primärenergieverbrauchs in Deutschland

## Struktur des Primärenergieverbrauchs Gesamt 14.334 PJ (2003)



Quelle: BMU (2004): Erneuerbare Energien – Innovationen für die Zukunft, Berlin

Die Europäische Union und die deutsche Politik sehen sich also drei grundsätzlichen Herausforderung gegenüber:

- die CO<sub>2</sub> Emissionen senken,
- drohende Energieabhängigkeit vermeiden und
- das Wachstum ihrer Volkswirtschaften weiter steigern.

Abbildung 2-5 schlüsselt den Primärenergieverbrauch Deutschlands nach Primärenergiequellen auf. Es wird deutlich, dass Erdgas und Erdöl- sowie Kohle und Mineralöle den bei weitem größten Teil der deutschen Primärenergieversorgung ausmachen. Die Kernenergie trägt zu 12,6 Prozent des Primärenergieaufkommens bei, wobei dieser Anteil in den nächsten Jahren auf Grund des beschlossenen Atomausstiegs stetig sinken wird. Erneuerbare Energien einschließlich der Wasserkraft tragen 3,1 Prozent zum Primärenergieaufkommen bei, während der Außenhandelssaldo nahezu ausgeglichen ist.

Aus Abbildung 2-5 geht ferner hervor, dass es mittelfristig nicht möglich sein dürfte, die fossilen Energieträger (unter die auch Uran vgl. Tabelle 2-1 fällt) als bedeutende Primärenergiequelle abzulösen, da dies umfangreiche Umstellungen im Bereich der

Kraftwerke und der Energieinfrastruktur voraussetzen würde. Mittelfristig könnte in einigen Bereichen auch die verstärkte Verwendung von Erdgas einen Übergang von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern bilden, da die Erdgasinfrastruktur auch durch Biogas genutzt werden könnte (vgl. FNR 2005b). Generell wird aber mittelfristig durch Erdgas eine strategische Abhängigkeit von bestimmten Regionen (Russland, Usbekistan) hervorgerufen, die zum Teil für ihre politische Instabilität bekannt sind<sup>4</sup>.

Ein wesentlicher Teil der in Deutschland verbrauchten Primärenergie fließt in den Transportsektor (vgl. BMU 2004; 17). Die Entwicklung von Pkw mit stark vermindertem Verbrauch während der vergangenen Jahre hat gezeigt, dass durchaus technische Möglichkeiten existieren und kurzfristig zur Serienreife gebracht werden können.

Neben der Besteuerung von mineralölbasierten Treibstoffen und einer Steuerbefreiung von regenerativ gewonnenen Treibstoffen können auch längerfristige Maßnahmen zur Verbrauchsminderung im Transportsektor beitragen. Hier sind insbesondere Potenziale im Bereich der Verkehrsplanung zu nennen, welche darauf abzielen, den öffentlichen Nahverkehr in Ballungszentren weiter auszubauen, durch Bebauungspläne weite Pendelstrecken zu vermeiden, dezentrale Bildschirmarbeitsplätze durch bessere Datenvernetzung zu fördern und beispielsweise Ampelkreuzungen durch Kreisverkehr zu ersetzen.

## **2.3 Schlussfolgerungen**

Auch wenn die gesellschaftliche Diskussion momentan davon ausgeht, dass die Preise fossiler Energieträger bereits in nächster Zeit den Einsatz nicht-erneuerbarer Energieträger relativ billiger machen werden, zeigt die historische Betrachtung ein weit optimistischeres Bild.

Da mit der Energiepolitik zwei Ziele verfolgt werden, ist die Preisentwicklung bei Energieträgern nur eine relevante Größe neben der Belastung des Klimas durch CO<sub>2</sub>.

Gefragt werden muss deshalb:

1. Wann der Übergang von der rein auf fossilen Brennstoffen basierten Volkswirtschaft zu einer mit erneuerbaren Energien vollzogen werden soll?
2. Wie lange es dauert, wenn kurzfristig nicht erneuerbare Energiequellen zu Ende gehen, bis erneuerbare Energien Ersatz stiften können?

---

<sup>4</sup> Anfang des Jahres 2006 hat beispielsweise Russland die Lieferung von Erdgas an die Ukraine während einiger Tage stark reduziert, wodurch sich insbesondere in Ungarn, Österreich und Slowenien die Erdgasversorger gezwungen sahen, die Lieferung an Großverbraucher stark zu reduzieren.

Die Beantwortung dieser Fragen lässt sich nur unter Unsicherheit vornehmen. Dabei sind wesentlich zwei Faktoren:

1. Die Preisentwicklung für fossile Energien, die - wie die Erfahrung der letzten Jahre zeigt - von unterschiedlichen Faktoren, wie dem Wechselkurs des Euro und politischen Instabilitäten in den Erzeugerregionen abhängig ist.
2. Der Verlauf der technischen Entwicklung hin zu effizienteren Formen der Energienutzung bei nicht-erneuerbaren Ressourcen sowie bei erneuerbaren Energien.

Für die Zukunft kann aus ökonomischer Sicht angenommen werden, dass ab Vorliegen einer bestimmten Preishöhe automatisch ein Wechsel der heute noch bedeutenden Energiequellen zu alternativen Energiequellen vorgenommen wird. Während einer Übergangsphase von unbestimmbarer Dauer wird es damit zu einem Mix aus beiden Energieversorgungsquellen kommen.

## 3 Lösungsstrategien

### 3.1 Alternative Energien

Für die Betrachtungen in diesem Kapitel wurde die Darstellung auf die Windenergie, die Wasserkraft, die Solarenergie und die Biomasseenergieerzeugung beschränkt, da diese gegenwärtig von größter Bedeutung in der Praxis sind.

#### 3.1.1 Windenergie

Von allen regenerativen Energieformen hat die Windenergie während der vergangenen Jahre in Deutschland den stärksten Zuwachs erfahren. Gegenwärtig werden ~3 Prozent des gesamten Strombedarfs aus Windenergie bestritten (vgl. BMU 2004). Es sind mehr als 50.000 Einzelanlagen registriert, wenngleich zwischen der installierten und der tatsächlich erbrachten Leistung eine erhebliche Differenz besteht: die erzeugte Strommenge weist auf eine Auslastung von unter 20 Prozent gemessen an der installierten Leistung hin (vgl. Tabelle 3-1).

**Tabelle 3-1 Installierte Anlagenleistung und durchschnittliche Auslastung bei Windkraftanlagen**

|   | 2001   | 2002    | 2003    | 2004    |
|---|--------|---------|---------|---------|
| <b>Installierte Anlagenleistung</b>                       | 8,7 GW | 11,8 GW | 14,6 GW | 16,6 GW |
| <b>Durchschnittliche Nennleistung pro Anlage</b>          | 763 kW | 864 kW  | 949 kW  | 1005 kW |
| <b>Durchschnittliche Auslastung in % der Nennleistung</b> | 14 %   | 16 %    | 14,1 %  | 17,1 %  |

Quelle: (vgl. dazu <http://www.netzwelt.de/lexikon/Windenergieanlage.html>, Abruf 20.2.2005)

Darüber hinaus haben Windkraftanlagen zu einer heftigen Diskussion über ihren ästhetischen Einfluss auf das Landschaftsbild geführt und provozieren zum Teil mittlerweile erhebliche Proteste der Anwohner bzw. führen zur Gründung von Bürgerinitiativen. Ein Beispiel in diesem Zusammenhang ist der Landkreis Uckermark in Brandenburg. Hier konnte eine Bürgerinitiative gegen Windkraft im Rahmen der Kreistagswahlen mehr als 10% aller Stimmen auf sich zu vereinen<sup>5</sup>. Schließlich haben Umwelt- und Naturschützer in den letzten Jahren neben der Veränderung des Landschaftsbildes, auch die Geräuschbelästigung, den

---

<sup>5</sup> <http://www.wahlen.brandenburg.de/kw2003/kt/ergebnisse/kreis/46.html>, Abruf am 15.01.2005.

Schlagschattenwurf und die potenzielle Gefährdung von Vögeln bemängelt (vgl. NABU (2004)).

Neben diesen Gründen spricht auch auf dem Land (On-Shore) deshalb momentan wenig für die Genehmigung weiterer Windkraftanlagen, da die weitaus meisten windreichen Standorte mittlerweile bebaut und damit die rentabel zu bewirtschaftenden Bauplätze weitgehend erschöpft sind. Mittlerweile richtet sich deshalb die Investitionstätigkeit im Bereich Windenergie weitgehend auf die Aufrüstung bestehender Anlagen aus (Repowering).

Off-Shore wurde Anfang 2005 die größte Windenergieanlage der Welt an der deutschen Nordseeküste in Betrieb genommen<sup>6</sup>. Ein Betrieb dieser Anlagen auf dem offenen Meer weist gegenüber einem Betrieb im Binnenland viele Vorteile auf, da die meisten oben genannten negativen Wirkungen nicht bestehen. Andererseits sind die technischen Anforderungen an solche Anlagen höher und es besteht weiterhin Bedarf für Forschung und Entwicklung.

Der sehr ungleichmäßige Stromanfall aus Windenergieanlagen zwingt Netzbetreiber zur Ausgleichregelung, d.h. zum Vorhalten von Netzkapazitäten und Anlagen. Dies bedeutet, dass in Zeiten hoher Produktion andere Kraftwerkstypen evtl. zurück gefahren werden müssen, um den aus Windenergieanlagen eingespeisten Strom aufnehmen zu können.

### **3.1.2 Wasserkraft**

Wasserkraft trägt gegenwärtig von allen regenerativen Energieformen am meisten zur deutschen Stromerzeugung bei. Die 10 Prozent größten Anlagen sind dabei für 90 % der Elektrizität aus Wasserkraft verantwortlich<sup>7</sup>. Diese Form der Stromerzeugung in Großanlagen durch Staudammprojekte ist seit jeher konkurrenzfähig mit anderen Energieformen. Das EEG hat allerdings in der Vergangenheit auch dazu geführt, dass kleinere Anlagen (Mühlenräder) wieder rentabel betrieben werden können, ohne nennenswert zur Gesamtstromerzeugung beizutragen. Damit hat sich deshalb der Anteil der Wasserkraft durch die Regelungen des EEG an der Primärenergieerzeugung nicht wesentlich erhöht. Da gegenwärtig nicht davon auszugehen ist, dass in Deutschland noch größere Staudammprojekte verwirklicht werden, ist ihr weiterer Ausbau nicht zu erwarten. Dies liegt zum einen an den negativen ökologischen Auswirkungen und zum anderen an ihrem Flächenverbrauch.

---

<sup>6</sup> <http://www.bmu.de/presse/pm/6953.php>.

<sup>7</sup> (vergl. <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/4644/>), Abruf 20.02.2005.

### **3.1.3 Solarenergie**

Grundsätzlich sind Anlagen zur Wärme- und zur Stromgewinnung zu unterscheiden. Wärmegewinnungsanlagen zur Ausnutzung der Sonneneinstrahlung sind technisch ausgereift und seit vielen Jahren bewährt. Sie werden beispielsweise für Niedrigtemperaturerwärmung von Brauchwasser eingesetzt. Größtes Problem ist die mangelnde Fähigkeit, ausreichend hohe Temperaturen zu erzeugen.

Während in Ländern mit intensiver Sonneneinstrahlung Großkraftwerke zur Stromerzeugung verbreitet sind, schreitet in Deutschland gegenwärtig die Installation photovoltaischer Anlagen im Bereich von Privathäusern voran. Dies wird durch das Marktanreizprogramm (MAP) sowie diverse weitere Fördermaßnahmen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und die garantierten Abnahmepreise des EEG begünstigt.

Das theoretische Potenzial zur Nutzung der Sonnenenergie ist grundsätzlich sehr hoch, da zahlreiche Freiflächen (z.B. Dächer) existieren, die für eine photovoltaische Stromerzeugung in Frage kämen.

Demgegenüber ist die gegenwärtige Wirtschaftlichkeit von photovoltaischen Anlagen sehr gering. Deshalb ist eine besonders hohe Investitionsförderung ebenso notwendig wie ein erhöhter Stromabnahmepreis, um Solaranlagen zur Stromgewinnung wirtschaftlich betreiben zu können. Darüber hinaus bewirkt der im Tages- und Jahresverlauf unterschiedliche Stromanfall einen erhöhten Regelbedarf der Energieversorgungsunternehmen.

Für die Zukunft kann prognostiziert werden, dass der bisher geringe Wirkungsgrad der Anlagen von gemeinhin unter 15% die unter Laborbedingungen bereits erreichten 30% überschreiten wird (vgl. dazu unter anderem Frey (2005) und die dort aufgeführte Literatur).

### **3.1.4 Biomasse**

Biomasse kann auf drei Arten verwendet werden: zur Wärme- und zur Stromgewinnung und als Grundlage für Treibstoffe (FNR 2005a & 2005b)

Seit jeher kommt der Biomasse als einer Form der Primärenergie (Brennholz) große Bedeutung bei. Ein Hektar Wald produziert jährlich durchschnittlich einen Zuwachs von sieben bis 10 Raummeter an Holz, welches entnommen werden könnte, ohne nennenswerte Eingriffe in das Ökosystem hervor zu rufen. Angesichts steigender Rohölpreise erfreuen sich unterschiedliche Formen der Holzfeuerung in Privathaushalten steigender Beliebtheit.

Zur Stromerzeugung trägt Biomasse gegenwärtig nur in geringem Maße bei. Problematisch hierbei ist unter anderem der hohe Energieaufwand für den Transport größerer Mengen

Biomasse zu Biogasanlagen. Sind die Transportwege sehr weit, verschlechtert sich die Energiebilanz der Stromerzeugung bzw. unter Einschluss der Opportunitätskosten lohnt sich der Einsatz der Biomasse nicht (Bergmann/Marggraf 2005).

Kurze Transportwege sind nur durch kleine, dezentrale Anlagen zu erreichen. Diese Anlagen wiederum sind meist technisch weniger effizient in ihrer Strom- und Wärmeerzeugung. Bisherige Biogasanlagen wurden meist durch konventionelle Stromgeneratoren betrieben und hatten hohe Wirkungsverluste durch fehlende Nutzung der anfallenden Wärmemengen. Das Gesetz zur Kraftwärmekopplung fördert aus diesem Grund besonders die Gewinnung der Wärmeabnahme aus Blockaggregaten und die Novelle des EEG von 2004 hat deshalb eine Extravergütung für die Erzeugung und Verteilung von Wärme vorgesehen (vgl. Kapitel 4.1.).

Biomasse als Grundlage für Treibstoffe wurde in der Vergangenheit stark propagiert. Bekanntestes Beispiel ist der Biodiesel (Raps-Methyl-Ester) und biologisch gewonnenes Ethanol. Rapsmethylester entsteht auf Basis von Ölpflanzen, während mit Bio-Ethanol grundsätzlich der Kohlenhydratanteil von Pflanzen wie Zuckerrüben, Zuckerrohr und Mais energetisch nutzbar gemacht wird. Sowohl die Energie als auch die Ökobilanz dieser Verfahren ist allerdings nach wie vor umstritten. Zur Erzeugung von Feldfrüchten ist erheblicher energetischer Aufwand notwendig, weitere Energie fließt in ihre Raffinierung (Specht et al. (2001)). Aus Fruchtfolgegründen ist eine Ausweitung des Anbaus von Ölpflanzen nicht zu erwarten, da beim jetzigen Stand mit ca. 10 % der Flächen eine weitere Ausweitung der Rapsanbaufläche lediglich noch um sechs Prozentpunkte steigen dürfte, um nicht schwerwiegende phytosanitäre Probleme hervorzurufen.

Daneben ist zu erwarten, dass Pflanzen zur Erzeugung von Bio-Ethanol grundsätzlich in Entwicklungsländern wesentlich günstiger produziert werden könnten als dies in Mitteleuropa der Fall ist (vgl. Henniges und Zeddies 2004).

Eine direkte Verwendung von Biogas als Antriebsstoff ist gegenwärtig eher unwahrscheinlich, da sich das so genannte Erdgasauto mittelfristig nicht gegen die Brennstoffzelle durchsetzen wird. Weitere Verfahren, welche weniger wertvolle Pflanzen Bestandteile wie zum Beispiel die Zellulose von Getreidestroh in Treibstoff umwandeln sind gegenwärtig in der Erprobung.

Aufgrund von EU-Vorgaben zur Beimischung von Biodiesel und Bioethanol zu Kraftstoffen, ist für die Zukunft zu erwarten, dass Biomasse in Deutschland und der Europäischen Union als Grundlage für Treibstoffe eine zentrale Bedeutung erreichen wird (vgl. Henniges und Zeddies 2004).

Daneben liegen Vorteile der Verwendung von Biomasse in der Primärenergiegewinnung (Holz, Gras) und evtl. der Stromerzeugung. Die gegenwärtige Bedeutung der Biogasproduktion ist allerdings weniger in ihrem Beitrag zur Energiegewinnung zu sehen als vielmehr in ihrem wirtschaftsfördernden Charakter für den ländlichen Raum.

## **4 Nationale Strategie zur Förderung alternativer Energien**

Wie bereits in Kapitel 2.2 beschrieben hat sich die Bundesregierung, auch um Klimaziele zu erreichen, entschieden, erneuerbare Energien und ihre Nutzung zu fördern. Von wesentlicher Bedeutung neben den Programmen der Bundesländer und den Anreizen die die EU im Rahmen der Forschungsförderung setzt, sind dabei das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das Marktanzreizprogramm und die Programme zur Kreditverbilligung der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) zu nennen. Unterscheiden lassen sich damit aus ökonomischer Sicht Instrumente, die während der Betriebs- und solche die während der Investitionsphase wirken.

### **4.1 EEG**

Um die Ziele der Energiewende erreichen zu können und neue Rahmenbedingungen für den liberalisierten Wettbewerbsmarkt zu schaffen, löste das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vom 29. März 2000 das Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) ab. Eine EEG-Novelle ist am 01. August 2004 in Kraft getreten. Sie regelt die Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien, sichert die Zahlung fixer Vergütungssätze mit gesicherten Laufzeiten und bietet so den überwiegend privaten Betreibern die Sicherheit ihrer Investitionen. Die Netzbetreiber sind verpflichtet regenerativ erzeugten Strom aufzunehmen und 20 Jahre lang zu gesetzlich festgelegten Preisen zu vergüten. Die Vergütung verläuft degressiv, d.h. die Höhe der Vergütung ist abhängig vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Anlage und der jeweiligen Sparte. Ein vorgegebener Mechanismus verteilt die Vergütungen bis zu den Netzbetreibern. Die Vergütung des insgesamt eingespeisten EEG-Stroms wird jeweils anteilig von den Netzbetreibern mitgetragen (Fließquote). Die Vergütungssätze für die im Jahr 2002 errichteten Anlagen betragen im Überblick:

- Strom aus Wasserkraft: 7,67 – 6,65 Cent pro kWh
- Strom aus Biomasse: 10,10 – 8,60 Cent pro kWh (Degression 1,0 % p.a.)
- Strom aus Geothermie: 8,95 – 7,16 Cent pro kWh
- Strom aus Windkraft: 9,00 – 6,10 Cent pro kWh (Degression 1,5 % p.a.)

- Solarstrom: 48,10 Cent pro kWh (Degression 5,0 % p.a.)

Durch die Veränderungen am EEG am 1. August 2004 haben sich einige dieser Vergütungssätze geändert:

- Strom aus Wasserkraft: 7,67 – 3,7 Cent pro kWh (Degression 1,0 % p.a.)
- Strom aus Biomasse: 11,5 – 8,4 Cent pro kWh (Degression 1,5 % p.a.)  
Zuschlag: Kraft-Wärme-Kopplung (KWK): 2 Cent, Zuschlag: Innovative Technologien und Verfahren 2 Cent, Zuschlag Nachwachsende Rohstoffe : 6 – 2,5 Cent pro kWh.
- Strom aus Geothermie: 15 – 7,16 Cent pro kWh (Degression 1,0 % p.a.)
- Strom aus Windkraft (On-Shore): 8,7 – 5,5 Cent pro kWh (Degression 2 % p.a.)  
Verbunden mit der 60 % Regel: Keine Vergütung für Anlagen, für die vor der Inbetriebnahme nicht nachgewiesen wurde, dass sie an dem geplanten Standort mindestens 60 % des Referenzertrages erzielen können. Repowering-Regelung bei Ersatz alter Anlagen, mindestens 3-fache Leistung.
- Strom aus Windkraft (Off-Shore): 9,1 – 6,19 Cent pro kWh (Degression 2 % p.a.)
- Solarstrom: 62,4 (Fassadenstrom) – 45,7 Cent pro kWh (Degression 5%, (6,5 % bei Freiflächenanlagen) p.a.)

Aufgrund der Degression der Vergütungssätze für zukünftig in Betrieb genommene Anlagen wird nach Ansicht des BMU ein kostenorientierter Innovationsanreiz erreicht. Durch die Vorrangregelung erneuerbarer Energien und Internalisierung externer Kosten werden daneben Anreize zum Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien gegeben.

Grundsätzlich zeigen der Vergleich der einzelnen Fördersätze, dass es in den letzten Jahren zu nicht erwarteten Marktergebnissen gekommen zu sein scheint. Beispielhaft sei hier nur die Verminderung der Fördersätze für Windenergie auf dem Land (On-shore) genannt, die eine Reaktion auf drei Tatbestände sind:

- Wachsenden Widerstand der lokalen Bevölkerung gegen die negativen externen Effekte der zunehmenden „Verspargelung“ der Landschaft.
- Daneben zeigte sich, dass bei Abnahme der windreichen Standorte, zunehmend auch Standorte für neue Windkraftanlagen gewählt wurden, an denen durch Windarmut nur noch Bruchteile der erreichbaren Leistung zu erreichen waren.
- Der sehr ungleichmäßige Stromanfall aus Windenergieanlagen zwingt Netzbetreiber zur Ausgleichsregelung. Dies bedeutet, dass in Zeiten hoher Produktion unter

Umständen andere Kraftwerke zurück gefahren werden müssen, um den aus Windenergieanlagen eingespeisten Strom aufnehmen zu können.

In einer jüngst publizierten Stellungnahme stellt der Verband der Deutschen Elektrizitätswirtschaft VDEW; VRE (2003) den im Rahmen des erneuerbare Energiegesetzes entstandenen Kapazitätswüchsen kein allzu positives Zeugnis aus. Vielmehr beklagt die Industrie den erheblichen Regelaufwand, welchen die ungleichmäßige Stromlieferung aus Wind und Sonnenenergie erfordert. Nach Angaben der Industrie müssen gegenwärtig zu Spitzenanlieferungszeiten aus Wind und Sonne andere Kraftwerke (im wesentlichen Kohle und Gas basierte Kraftwerke) in ihrer Leistung drastisch gedrosselt werden, was nicht selten dazu führt, dass diese Kraftwerke im niedrig Lastbereich zu erhöhten Emissionen führen.

Die gegenwärtige Förderpraxis sei grundsätzlich zu wenig an Marktmechanismen orientiert, was dazu führe, dass wenig effiziente Kleinanlagen zu stark gefördert würden. Besonders im Bereich der Biomasse schlägt eine gestaffelte Förderung zu Buche, welche den Zusammenschluss zu größeren Einheiten nicht interessant erscheinen lässt. Eine Netzkopplung der gegenwärtigen photovoltaischen Anlagen hält die deutsche Elektrizitätswirtschaft deshalb grundsätzlich nicht für sinnvoll. Vielmehr solle diese Energieform auf nicht netzgekoppelte Anwendungen beschränkt bleiben und dort ausgeweitet werden.

## **4.2 *Marktanreizprogramm (MAP)***

Im Rahmen der ökologischen Steuerreform vom 01. September 1999 wurde ein Förderprogramm für Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien vorgelegt, das im Jahr 2004 mit einem Mittelvolumen in Höhe von 200 Mio. Euro für Zuschüsse und Teilschuldenerlasse in Verbindung mit zinsverbilligten Darlehen erneut fortgeschrieben wurde. Antragsberechtigt sind Privatpersonen, freiberuflich Tätige sowie kleine und mittlere private und gewerbliche Unternehmen, Kommunen und Schulen. Die Förderung erfolgt über Zuschüsse bei der Errichtung von Solarkollektoranlagen, Anlagen zur Verfeuerung von Biomasse und Fotovoltaikanlagen. Bei Solarkollektoren bis 200 Quadratmeter beträgt der Fördersatz 110 Euro pro Quadratmeter. Jeder weitere Quadratmeter wird mit 60 Euro gefördert. Der Zuschuss bei Biomasseanlagen beträgt 60 Euro je kW Nennwärmeleistung. Fotovoltaikanlagen werden pauschal in Höhe von 3000 Euro gefördert.

Mit der Förderung errichtete Anlagen müssen innerhalb der Bundesrepublik Deutschland mindestens sieben Jahre lang betrieben werden. Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)

gewährt zinsgünstige Darlehen und eine zusätzliche Förderung durch Teilschuldenerlass bestimmter Projekte.<sup>8</sup>

Das Programm und der damit verbundene Marktaufbau haben den deutschen Produzenten von Kollektoren, Speichern, Reglern und anderen Komponenten weltweit einen technologischen Spitzenplatz ermöglicht. Zu den wichtigen Merkmalen z.B. der Kollektoren zählen eine hohe Energieeffizienz und Schadstoffarmut. Mit rund 740.000 Quadratmetern Solarkollektorfläche hat die Bundesregierung im Jahr 2004 ein Drittel mehr installierte Solaranlagen gefördert als noch im Jahr 2003. Die Wärmeerzeugung hat durch das aus Ökosteuern finanzierte Marktanreizprogramm einen starken Wachstumsimpuls bekommen und weitere CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale, vor allem in privaten Gebäuden erschlossen. (vergl. Frey (2005))

## 5 Ökonomische Analyse der Instrumente

Die Lösung der Energieproblematik besteht aus volkswirtschaftlicher Sicht<sup>9</sup> aus einem Zweischnitt:

1. Effizienzsteigerung auf allen Ebenen des Energieverbrauchs, dies wird ermöglicht durch Energieeinsparungen und Verbesserung des technischen Wirkungsgrades der existenten Technologien.
2. Daneben ist die Einführung von sogenannten Back-Stop-Technologien von Bedeutung (vergl. Brandes et al. 1997). D.h. Energieträger mit denen die bisherige Nutzung fossiler Brennstoffe substituiert werden kann.

Wie die vorgestellte Abbildung zeigt, ist bei den jetzigen Knappheitsverhältnissen und den damit verbundenen Preisen bisher die Nutzung solcher Backstoptechnologien nicht wirtschaftlich.

### 5.1 Betriebswirtschaftliche Analyse

Die betriebswirtschaftlichen Kosten für den Bereich der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen liegen heute noch deutlich über den Kosten der konventionellen

---

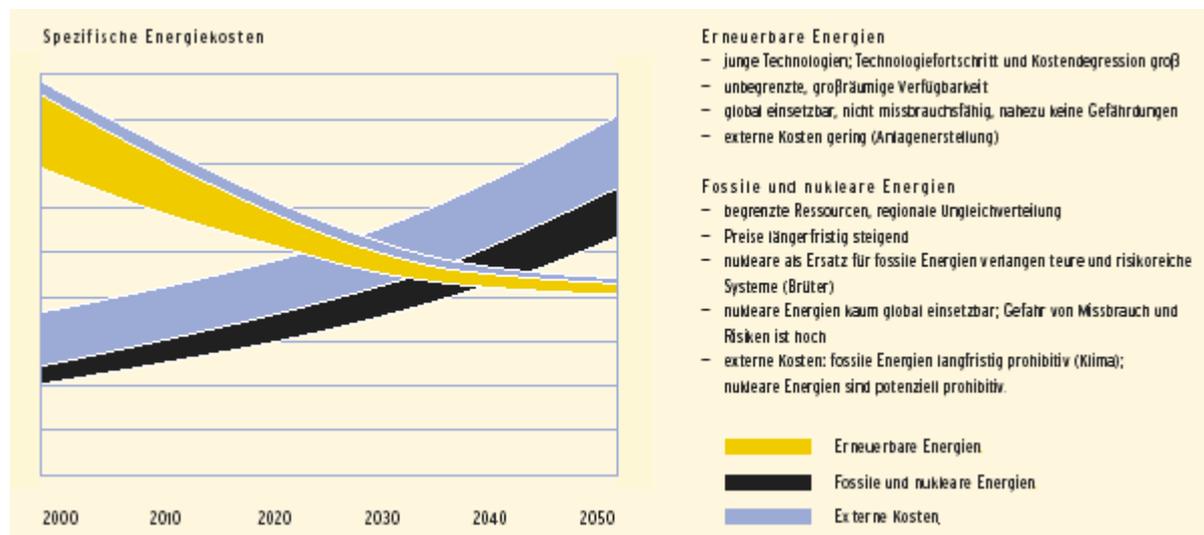
<sup>8</sup> Jeweils aktuelle Förderkonditionen finden sich bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau: <http://www.kfw-foerderbank.de/DE/Umweltschutz/Erneuerbar17/Inhalt.jsp>.

<sup>9</sup> Ökonomisch ohne externe Effekte zunächst betrachtet.

Stromerzeugung. Bei allen Technologien sind noch beträchtliche Möglichkeiten einer Kostenreduktion vorhanden, die vom technischen Fortschritt und den Marktumsätzen abhängig sind.

Wie die nachstehende Abbildung zeigt, wird die Wirtschaftlichkeitslücke zwischen erneuerbarer und konventioneller Stromerzeugung nach Schätzungen des BMU im Jahr 2030 geschlossen werden. Bei dieser theoretischen Annahme steht ein repräsentativer Strom-Mix aus erneuerbaren Energien Kohle und Strom gegenüber, der durch Emissions-Zertifikate mit 15 Euro pro Tonne Kohlendioxid belastet ist.

Abbildung 5-1: Prognose der Stromgestehungskosten



Quelle: BMU (2004, 21)

Für die Stromerzeugung ergeben sich für die jeweiligen Bereiche folgende Gestehungskosten (BMU 2004; 23, 30, 34, 45, 55, 69):

- Windenergie 5,5 – 13 Cent pro kWh
- Wasserkraft 3,0 – 25 Cent pro kWh
- Fotovoltaik 50,0 – 80 Cent pro kWh
- Sonnenkollektoren 10,0 – 25 Cent pro kWh
- Biomasse 5,0 – 30 Cent pro kWh
- Geothermie 7,0 – 15 Cent pro kWh

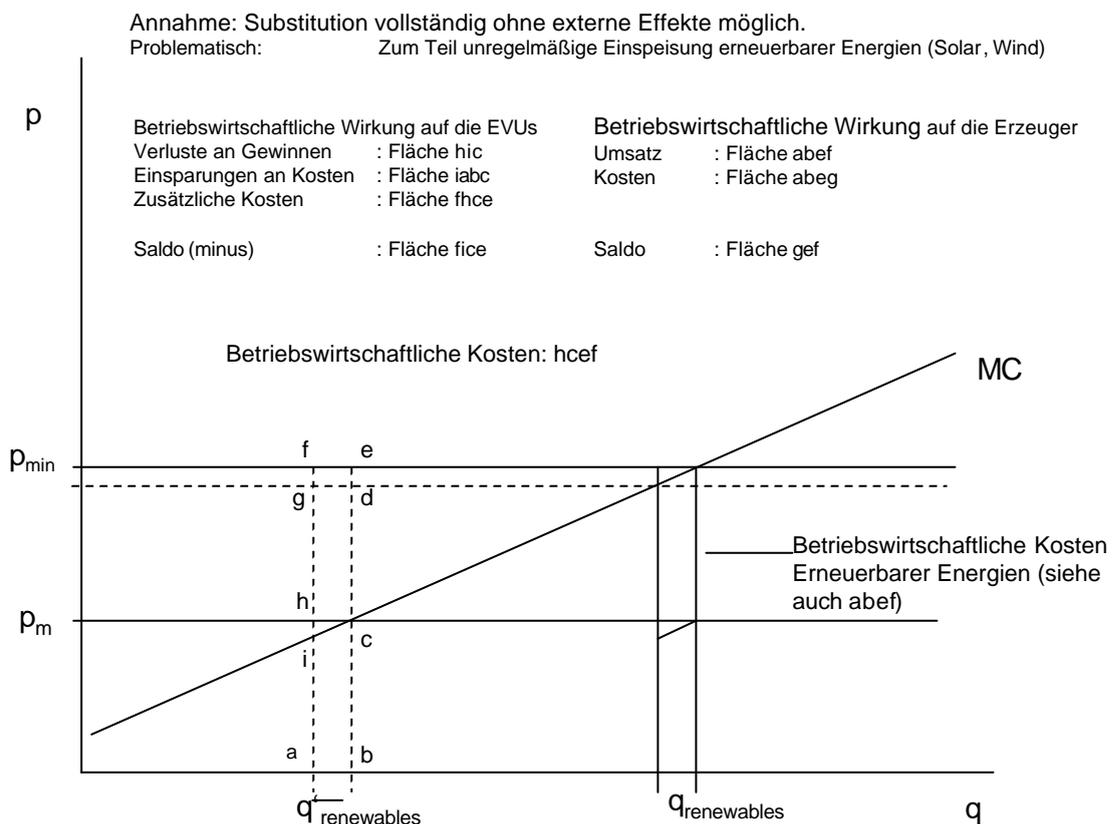
Daneben zeigen Daten aus Frankreich, dass die Produktionskosten auf der Basis von fossilen Energieträgern zwischen 2,5 und 3,5 Cent/kWh schwanken können.<sup>10</sup> Da die EVUs gezwungen waren die Windenergie für einen Mindestpreis von 7,67 Cent/kWh abzunehmen,

<sup>10</sup> <http://www.industrie.gouv.fr/energie/electric/cdr-allemand.pdf> (S.1), Abruf 20.02.2005.

entsteht für die Unternehmen neben den zusätzlichen Kosten für Infrastruktur ein reiner betriebswirtschaftlicher Verlust pro kWh in Höhe von 4 Cent/kWh.

Nachstehende Abbildung 5-2 verdeutlicht diesen betriebswirtschaftlichen Zusammenhang. Durch den garantierten Absatz der zu höheren betriebswirtschaftlichen Kosten produzierten erneuerbaren Energien entstehen bei den EVUs betriebswirtschaftliche Verluste in Höhe des Rechteckes „fice“. Die Erzeuger der erneuerbaren Energie erzielen zwar mehr Umsätze im Umfang von „hcef“, erhalten aber als Gewinn nur das Dreieck „gef“, so dass man in der Gesamtbetrachtung davon ausgehen muss, dass ein betriebswirtschaftlicher Verlust in Höhe von „hcef“ entsteht. Diesen Verlust bzw. diese erhöhten Kosten trägt in dieser Darstellung zunächst das EVU, wie sich in unterschiedlichen Studien gezeigt hat.

**Abbildung 5-2 Betriebswirtschaftliche Wirkungen des EEG**



Quelle: Eigene Darstellung

Eine erste Schätzung der einzelnen aktuellen betriebswirtschaftlichen Verluste der EVUs lässt sich demzufolge auf der Basis der entstehenden zusätzlichen Kosten am Beispiel Windkraft vornehmen.

Windkraftanlagen produzieren in Deutschland momentan (d.h. speisen in das Leitungsnetz ein) 25,9 Terawattstunden (TWh) ein<sup>11</sup>. Diese werden in diesen vereinfachten Darstellungen mit einem Preis in Höhe von 7,67 Cent/kWh vergütet. Damit vergüten die EVUs insgesamt 1,986 Mrd. Euro pro Jahr nur für Windenergie. Sie müssten jedoch nur 0,9065 Mrd. Euro pro bei Erzeugung der Energie aus eigenen Kraftwerken betriebswirtschaftlich veranschlagen, so dass in diesen einfachen Überlegungen den Unternehmen betriebswirtschaftliche Kosten des Viereckes „hcef“ in Höhe von etwas mehr als 1 Mrd. Euro/a entstehen.

Da die EVUs in weiten Teilen des Bundesgebietes als angebotsunelastische Anbieter von Energie auftreten, wird diese Erhöhung der betriebswirtschaftlichen Kosten voll auf die Nachfrager überwältigt und führt so zu erhöhten Stromkosten.

Diese Entwicklung lässt sich auch aus den Anfang des Jahres 2005 vorgenommenen Preiserhöhungen bei gleichzeitig ansteigenden Gewinnen der großen EVUs ablesen (vgl. Stern, 10.02.2005)

Es ist unbestritten, dass die Kosten erneuerbarer Energien durch „Learning by Doing“ weiter sinken können (BMU (2004, 94 ff.)). Aus Lernkurven lässt sich ableiten, um welchen Prozentsatz sich die Kosten einer Technologie vermindern, wenn ihr Umsatz verdoppelt wird. Am Beispiel der Windenergie kann gezeigt werden, dass eine Umsatzverdoppelung die Kosten um 10-30% senkt. Erneuerbare Energieträger stehen erst am Anfang ihrer Entwicklung, während sich fossile Energieträger bereits am Markt etabliert haben. Investoren fehlt trotz langfristig niedriger Kosten häufig der Anreiz erneuerbare Energien zu fördern, da Pionierunternehmen in der Einführungsphase neuer Techniken viel zum „Learning by Doing“ beitragen und durch ihre hohen Anfangsinvestitionen künftige Kosten senken. Dieser Kostenvorteil wird von später in den Markt eintretenden Unternehmen genutzt, so dass aufgrund dieser (kostenfreien) Lerneffekte der Anreiz besteht, Nicht-Pionierunternehmen zu sein. Durch geeignete staatliche Maßnahmen lassen sich die Anfangsinvestitionen annähernd kompensieren und Innovationen beschleunigen. Die Kostenschere zwischen erneuerbaren und konventionellen Energien wird sich früher oder später schließen. Bei den meisten Technologien der erneuerbaren Energien ist langfristig ein auch betriebswirtschaftlich profitabler Einsatz zu erwarten. Bereits gegenwärtig ist der ökologische Nutzen durch weniger Emissionen, der durch den Emissionshandel auch an ökonomischer Bedeutung gewinnt, zu erkennen NABU (2004).

---

<sup>11</sup> <http://www.wind-energie.de/informationen/informationen.htm>, Abruf 20.02.2005.

## **5.2 Volkswirtschaftliche Analyse**

Gegenstand dieser Illustration soll die Diskussion um staatliche Förderung erneuerbarer Energien sein. Im Rahmen der finanziellen Förderung erneuerbarer Energien in Deutschland werden direkte Finanzhilfen, Preisgarantien und Steuerbefreiungen gewährt. Sie summieren sich nach Angaben von Langniß et al (2004) auf momentan etwa 1,7 Mrd. Euro/a. Aus wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive ist nicht eindeutig geklärt, was genau unter den Begriff der Subvention fällt (vgl. Hadelar et al. 2000). Im Allgemeinen sind damit aber Transferzahlungen, d.h. Geldzahlungen oder geldwerte Leistungen der öffentlichen Hand an Unternehmen ohne Gegenleistung gemeint. Bis zum Jahr 2010 soll der Anteil des deutschen Stroms aus erneuerbaren Energien gemäß dem EEG auf über 12% steigen. Das Gesetz gewährt Preisgarantien für die Produzenten von Strom aus erneuerbaren Energien und Kaufpflicht durch die Netzbetreiber. Die Preisdifferenz zum Strom aus nichterneuerbaren Energien wird auf den Endverbraucher abgewälzt. Im Jahr 2002 betrug die Vergütung laut Angaben des Verbandes der Netzbetreiber 2,2 Mrd. Euro für 25 Mrd. kWh EEG-Strom. Im Jahr 2002 wurden weitere Finanzmittel in Höhe von 200 Mio. Euro für das MAP bereitgestellt (vgl. DIW 2005). Die Bundesregierung und der BEE bezeichnen das EEG nicht als Subvention aus den öffentlichen Haushalten (vgl. DIW 2005). Die Förderung erneuerbarer Energien erfolgt durch eine Umlage nach dem Verursacherprinzip auf den Stromverbrauch, d.h. die Vergütung nach dem EEG zahlen die Endverbraucher. Im Jahr 2003 kostete die Förderung erneuerbarer Energien einem durchschnittlichen Haushalt ca. 1 Euro pro Monat. Diese Mehrkosten werden aber aufgrund der degressiven Vergütungssätze des EEGs und anstehender Erneuerungen des deutschen Kraftwerkparks gegen Null gehen. Die maximale Fördersumme des EEG wird schon in den Jahren 2006/2007 erreicht, während die bewirkte Stromerzeugung darüber hinaus stetig steigen wird.

Der deutsche Ansatz zur Unterstützung erneuerbarer Energien gemäß EEG ist auch nach WTO-Recht keine Subvention, da die Transferzahlung vom Netzbetreiber erfolgt und nicht vom Staat (vgl. DIW (2005)).

Die Finanzhilfen hingegen entsprechen einer anfechtbaren Subvention, d.h. anfechtbar nur dann, wenn ein anderes WTO-Mitglied dadurch geschädigt wird. Das ist bisher nicht der Fall. Umweltkosten durch fossile und nukleare Energieträger, d.h. nicht internalisierte externe Kosten lassen sich laut dem BEE als indirekte Subventionen konventioneller Energieträger werten.

Die Bundesregierung berichtet davon, dass der Ausbau erneuerbarer Energien den Arbeitsmarkt belebt, da neue Arbeitsplätze geschaffen werden. In der Bundesrepublik

Deutschland sind ca. 120.000 Arbeitsplätze mit den erneuerbaren Energien verbunden (vgl. BMU (2004, 112)). Das sind mehr Arbeitsplätze, als die Atom- und Kohlebranche zusammen aufbringen. Die Unternehmen erwirtschafteten im Jahr 2003 einen Gesamtumsatz von ca. zehn Mrd. Euro (vgl. BMU (2004; 20)).

Besonders im Bereich kleiner und mittlerer Unternehmen gibt es deutliche Zuwächse, die dem Wirtschaftsgefüge der Bundesrepublik Deutschland positive Impulse in verschiedenen Industriezweigen geben. Es profitieren die Metallindustrie, die elektrotechnische Industrie sowie die Baustoffindustrie, und durch die Stimulierung der Biomassenutzung (BiomasseV) wird auch in der Landwirtschaft ein Anreiz zum Ausbau gesetzt. Durch die Zunahme der Nutzung erneuerbarer Energien wird bis zum Jahr 2020 mit 400.000 Arbeitsplätzen und einem Gesamtumsatz von Rund 40 Mrd. Euro gerechnet (Vgl. IWH (2004)). Ein wichtiger Aspekt in diesem Zusammenhang ist die gegenläufige Beschäftigungswirkung, d.h. die Frage: Welche Folgen ergeben sich durch die steuerfinanzierten Subventionen für erneuerbare Energien und die Verdrängung konventioneller Energieträger?

Das Gutachten vom IWH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit aus dem Jahr 2004 zeigt, dass die Förderung erneuerbarer Energien keine zusätzliche Beschäftigung erzeugt. Im Falle der staatlichen Förderung mit und ohne Steuererhöhung können keine dauerhaften Arbeitsplätze geschaffen werden, da die Förderung kaum Auswirkungen auf den technischen Fortschritt und das Produktionspotenzial der Wirtschaft hat. Bis zum Jahr 2010 wäre demnach durch die Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien keine Entlastung des Arbeitsmarktes zu verzeichnen. Nach Ansicht des IWH (2004) sollte der Arbeitsmarkt durch eine insgesamt erfolgreiche Wirtschafts- und Arbeitsmarktpolitik belebt werden. Die Förderung erneuerbarer Energien sollte langfristig den gegenwärtig ineffizienten Einsatz knapper Ressourcen retardieren und gesamtwirtschaftlich positive Impulse für eine steigende Beschäftigung generieren.

### **5.3 Quantitative Erfassung externer Effekte**

Die ökologischen und ökonomischen Verflechtungen zwischen Umweltbelastung und dem quantifizierbaren Umweltschaden sind äußerst komplex. Die Europäische Kommission versucht in dem Projekt ‚ExternE‘ die Wirkungskette eines Schadstoffs von der Emission über Transport- und Umwandlungsprozess bis zur Einwirkung auf das Ökosystem zu beschreiben (vgl. Greßmann, A. (2005), Background on the ExternE Study).

Diese Methoden können trotz erheblicher Unsicherheiten die Reaktionen von Luftschadstoffen auf Materialien (z.B. Korrosion), die Wirkungen auf die menschliche

Gesundheit (z.B. Atemwegssymptome) und die Versauerung und Eutrophierung von Ökosystemen teilweise quantitativ erfassen. Wie im einleitenden Kapitel erwähnt, stellen die nachfolgend angeführten Zahlen zu externen Effekten bei weitem keine hinreichende und erschöpfende Diskussion der zu diesem Bereich verfügbaren Studien und Ansätze dar. Wir verwenden sie hier als faustzahlenhafte Anhaltspunkte für unsere qualitativen Überlegungen. Ferner läßt sich der monetäre Schaden der Klimaänderung durch den Treibhauseffekt auch aufgrund der noch unbekanntem Folgen nicht zuverlässig abschätzen. Als Hilfsverfahren zieht man die marginalen Vermeidungskosten heran, d.h. diejenigen Kosten, die im Rahmen bestimmter energiepolitischer Bedingungen zum Erreichen eines vorgegebenen Minderungsziels anfallen. Bei der Stromherstellung aus fossilen Energieträgern entstehen Umweltschäden vor allem durch die vom Kraftwerk ausgestoßenen Luftschadstoffe und Treibhausgase. Die Vermeidungskosten fallen hier hauptsächlich im Bereich der Gesundheitsschäden, Versauerung und Eutrophierung an. Die derzeit verfügbaren Kostenwerte betragen (vgl. BMU (2004; 19))

- Neue Braunkohlekraftwerke 3,8 Cent pro kWh Strom
- Steinkohlekraftwerke 2,5 Cent pro kWh Strom
- Gaskraftwerke 1,1 Cent pro kWh Strom

Für Braunkohle- und Steinkohlekraftwerke würden sich durch die Berücksichtigung von Vermeidungskosten die betriebswirtschaftlich ermittelten Stromkosten verdoppeln. Die Kostenschätzungen zur Abtrennung von CO<sub>2</sub> ergibt eine ähnliche Größenordnung. Die Internalisierung der externen Kosten wird den CO<sub>2</sub>-freien Strom aus herkömmlichen Kraftwerken verteuern. Die externen Kosten der Kernenergienutzung sind umstritten und lassen sich u.a. aufgrund radioaktiver Abfälle nur sehr schwer bestimmen. Die Anlagen zur Nutzbarmachung erneuerbarer Energien aus Fotovoltaik, Wind- und Wasserkraft erzeugen fast keine betriebsbedingten Emissionen. Für die Stromerzeugung ergeben sich nur sehr niedrige externe Kosten:

- Windkraftanlage 1 MW Leistung 0,16 Cent pro kWh Strom
- Wasserkraftwerk 3 MW Leistung 0,11 Cent pro kWh Strom
- Fotovoltaik 5 kW-Dachanlage 0,80 Cent pro kWh Strom

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen hauptsächlich durch die Anlagenherstellung, so dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen in dem Maße sinken können, wie CO<sub>2</sub>-arme bzw. CO<sub>2</sub>-freie Energieträger zukünftig zur Energieversorgung beitragen. Insgesamt ergibt sich aus dieser Darstellung, dass fossile und nukleare Energien teurer sind und noch teurer werden, als es betriebswirtschaftlich ausgewiesen wird. Das Potenzial erneuerbarer Energien ermöglicht durch wachsende Märkte

zukünftig die Senkung der Kosten. Die Berücksichtigung der externen Kosten und die Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien werden den Zeitpunkt kostengünstigerer erneuerbarer Energiequellen mitbestimmen. Eine ‚vorweggenommene‘ Korrektur der Energiepreise aufgrund der nicht internalisierten externen Kosten konventioneller Energieträger ergibt sich aus dem EEG.

## **6 Schlussfolgerungen**

Nicht-erneuerbare Ressourcen sind grundsätzlich knapp. Da fortwährend neue Quellen fossiler Brennstoffe bzw. mittlerweile bisher wirtschaftlich nicht nutzbare Brennstoffe zu wirtschaftlich nutzbaren geworden sind, übersteigen gleichzeitig aber auch weiterhin die Vorratssteigerungen den Abbau.

Da gleichzeitig jedoch auch die Umweltbelastung durch fossile Brennstoffe zugenommen hat und unbestreitbar zum Treibhauseffekt beigetragen hat, werden von Seiten der Politik Wege gesucht die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Ein Weg dieses Ziel zu erreichen ist der verstärkte Einsatz unterschiedlicher erneuerbarer Energien. Die deutsche Politik fördert durch verschiedene Investitionsprogramme und durch das EEG den Einsatz erneuerbarer Energien. Wie die Darstellungen in diesem Beitrag zeigen, wird der Ausbau erneuerbarer Energien gesellschaftlich nicht nur positiv wahrgenommen. Gegensätzlich sind Argumente des Umweltschutzes sowie volkswirtschaftliche Argumente.

Die Politik in Deutschland konzentriert sich öffentlichkeitswirksam auf die Förderung Erneuerbarer Energien ohne Beachtung der betriebswirtschaftlichen Kosten. Politikansätze, die gemeinhin mit geringeren volkswirtschaftlichen Kosten verbunden wären, wie Politiken zur Energieeinspeisung und zur Steigerung der Effizienz, werden dagegen vernachlässigt.

Die Ziele zur Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind demzufolge nach Ansicht der Autoren durchaus auch bei verminderten Anstrengungen in der Förderung erneuerbarer Energien durch gesteigerte Anstrengungen Energieeinsparung und Effizienzsteigerung zu initiieren zu erreichen.

## 7 Literaturverzeichnis

### Publikationen:

**Altmann, J. (1997):** Umweltpolitik, UTB, Stuttgart

**Babies, H.G. (2003):** Ölsände in Kanada –eine Alternative zu konventionellen Erdöl?,  
Commodity Top News, Nr. 20, Oktober 2003, Hannover.

**Bergmann, H.; Marggraf, R. (2005):** Energie vom Acker – Anbau von Energiepflanzen,  
Übersicht und Einschätzungen aus ökonomischer Sicht, Vortragsfolien,

**Brandes, W.; Berger, T.; Recke, G. (1997):** Produktions- und Umweltökonomik – Band 1:  
Traditionelle und moderne Konzepte, UTB, Stuttgart.

**Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR;1999):** „See the world from a  
wider perspective commodity news, Fakten, Analysen, Wirtschaftliche  
Hintergrundinformationen, Nr. 6, Hannover

**Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR;2002):** Dokumentation:  
Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2002, Nr. 519

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (2004):** Erneuerbare  
Energien – Innovation für die Zukunft, Berlin 2004

**Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW);** WTO-Recht - Kein Hindernis für  
Förderung erneuerbarer Energien,  
<http://www.diw.de/deutsch/produkte/publikationen/wochenberichte/docs/03-48-2.html>, Zugriff am 05.01.05

**FNR (2005a):** Basisdaten Biokraftstoffe Stand Januar 2005, Gülzow

**FNR (2005b):** Basisdaten Biogas Stand Januar 2005, Gülzow

**Frey, E. (2005):** Solarenergie aus ökologischer und ökonomischer Sicht, Hausarbeit,  
unveröffentlicht, Göttingen

**Greßmann, A.;** Institute of Energy Economics and the Rational Use of Energy, Background  
on the ExternE Study, <http://www.externe.info/>, Zugriff am 04.01.05

**Grubb, M. et al. (1999):** Kyoto-Protokoll-A Guide and Assessment. London

**Hadeler, T., Winter, E., Arentzen, U., (2000);** Gabler Wirtschaftslexikon, 15. Auflage,  
Wiesbaden 2000

**Henniges, O.; Zeddies, J. (2004):** Competitiveness of Brazilian Ethanol in the EU.In: FO  
Lichts World Ethanol and Biofuels Report, Band 2, Heft 20, S. 374-378

**IWH (2004):** Beschäftigungseffekte durch den Ausbau erneuerbarer Energie, Sonderheft

1/2004, Halle

- Krewitt, W., (2002);** Externe Kosten der Stromerzeugung, in: E. Rebhan (Hrsg.): Energiehandbuch – Gewinnung, Wandlung und Nutzung von Energie, Springer Verlag, Berlin 2002
- Langniß, O.; Aretz, A., Böhnisch, H; Steinborn, F.; Gruber, E.; Mannsbart, W.; Ragwitz, M. (2004):** Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien(MAP), Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU, Stuttgart, Karlsruhe
- Lüdecke, H.-J. (2005):** Klimawandel und menschengemachtes CO<sub>2</sub> – Über den Einfluss von anthropogenem CO<sub>2</sub> auf unser Klima, Heidelberg, [www.htw-saarland.de/fb/wi/fachbereich/personen/co2\\_bericht.pdf](http://www.htw-saarland.de/fb/wi/fachbereich/personen/co2_bericht.pdf)
- Meadows, D. (1973):** Die Grenzen des Wachstums: Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg
- NABU (2004):** Naturschutz kontra Erneuerbare Energien – Konfliktlösungen für die Praxis, Dokumentation der NABU-Tagung am 19. Mai 2004 in Bonn+
- Specht, M., Bandi, A.; Pehnt, M. (2001):** Regenerative Kraftstoffe – Bereitstellung und Perspektiven, FVS Themen 2001, S.114-126
- VDEW; VRE (2003):** Energie kompakt – Gemeinsame Stellungnahme des Verbandes der Elektrizitätswirtschaft – VDEW – e.V. und des Verbandes der Verbundunternehmen und Regionalen Energieversorger – VRE – e.V. zum Referentenentwurf EEG-Novellierung: „Effizienz verbessern“, 7. Oktober 2003, Berlin

#### **Gesetzestexte:**

- EEG:** Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien- Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 1. August 2004
- Marktanreizprogramm:** Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien" vom 13.12. 2003
- Stromeinspeisungsgesetz:** Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz vom 7. Dezember 1990

#### **Internetquellen:**

<http://www.stmwivt.bayern.de/energie/bescheidwissen/strukturdaten.html>, Abruf 19.2.2005

<http://www.wahlen.brandenburg.de/kw2003/kt/ergebnisse/kreis/46.html>, Abruf am 15.01.2005

<http://www.kfw-foerderbank.de/DE/Umweltschutz/Erneuerbar17/Inhalt.jsp>, Abruf 28.02.2005

<http://www.industrie.gouv.fr/energie/electric/cdr-allemand.pdf> (S.1), Abruf 20.02.2005

<http://www.wind-energie.de/informationen/informationen.htm>, Abruf 20.02.2005

<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/4644/>, Abruf 15.01.2005

<http://www.netzwelt.de/lexikon/Windenergieanlage.html>, Abruf 20.2.2005

<http://www.bmu.de/presse/pm/6953.php>, Abruf 20.02.2005

<http://www.tecson.de/pexcrude.htm>, Abruf 10.01.2006

### **Andere verwendete Literatur**

**BMU (2004):** Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung, Berlin 2004

**BMU (2004):** Energiewende und Klimaschutz – Neue Märkte, Technologien und Chancen, Berlin 2004

**Brundtland, G.H., Hauff, V., (1987):** Unsere gemeinsame Zukunft, Eggenkamp-Verlag, Greven 1987

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (2002):** Erneuerbare Energien und Nachhaltige Entwicklung – Förderüberblick, Ansprechpartner und Adressen, Berlin 2002

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (2004):** Erneuerbare  
**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (2004):** Umweltpolitik,

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (2002):** Umweltbewusstsein in Deutschland, Berlin 2004

**Cansier, D. (1993):** Umweltökonomie, UTB 1749, Gustav Fischer Verlag, Jena und Stuttgart.

**De Haan, G.; Kuckartz, U. (1996):** Umweltbewusstsein. Denken und Handeln in Umweltkrisen. Westdeutscher Verlag, Opladen.

**Endres, A.; Querner, I. (2000):** Die Ökonomie natürlicher Ressourcen, 2. überarbeitete Auflage, Kohlhammer, Stuttgart

**Henrichsmeyer, W.; Gans, O.; Evers, I. (1988):** Einführung in die Volkswirtschaftslehre, 8. Auflage, UTB, Stuttgart.

**Henrichsmeyer, W; Witzke, H.P. (1994):** Agrarpolitik, Band 2. Bewertung und Willensbildung, UTB, Stuttgart.

- Hentrich, S., Wiemers, J., Ragnitz, J., (2004);** Beschäftigungseffekte durch den Ausbau erneuerbarer Energien, Halle 2004
- Krewitt, W., (2002);** Externe Kosten der Stromerzeugung, in: E. Rebhan (Hrsg.): Energiehandbuch – Gewinnung, Wandlung und Nutzung von Energie, Springer Verlag, Berlin 2002
- Walter, (2004);** Euro, Dax und Rohölpreise im Jahr 2004, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung, Nr. 306 vom 31.12.04, Seite S 8, Frankfurt 2004
- Wissenschaftliche Beirat Globale Umweltveränderungen der Bundesregierung (WBGU), (2003);** Welt im Wandel-Energiewende zur Nachhaltigkeit, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 2003