

Bedeutung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz in verschiedenen globalen Energieszenarien

DLR
Dr. Wolfram Krewitt
(†)

Dr. Joachim Nitsch
jo.nitsch@t-online.de

Kristina Nienhaus
kristina.nienhaus@dlr.de

Bilanziert man, welche Fortschritte die globale Energieversorgung im letzten Jahrzehnt in Richtung einer nachhaltigeren Entwicklung gemacht hat, so fällt das Ergebnis ernüchternd aus. Nach wie vor sind die Nachhaltigkeitsdefizite der Energieversorgung unübersehbar: Die durch sie ausgelöste globale Klimaerwärmung; das extrem starke Gefälle des Energieverbrauchs zwischen Industrie- und Entwicklungsländern, die sich abzeichnende Verknappung und Verteuerung von Erdöl und Erdgas, die weiterhin bestehende nukleare Gefährdung. Diese Defizite haben sich in den letzten zehn Jahren nicht verringert, da die Nachfrage nach Energie sowohl wegen unzulänglicher Effizienzanstrengungen in den „Hochverbrauchsländern“ (Industrieländern) als auch wegen des rapiden Wachstums vieler Schwellenländer rasant wächst. Obwohl auch erneuerbare Energien wachsen, können sie derzeit mit diesem Wachstum (noch) nicht mithalten und können daher ihre Deckungsanteile nicht erhöhen.

Eine große Anzahl von Energieszenarien, die mögliche Zukunftsentwicklungen des globalen Energiesystems beschreiben, zeigen andererseits eindeutig, dass nur ein wesentlich effizienterer Umgang mit Energie, verknüpft mit einem massiven Ausbau von erneuerbare Energien einen umfassenden Lösungsbeitrag zu obigen Problemen leisten kann. Zahlreiche Studien kommen zu dem Ergebnis, dass dieses Ziel technologisch erreicht werden kann und dass der Weg dorthin auch aus volkswirtschaftlicher Sicht notwendig ist, wenn Volkswirtschaften weiterhin über eine stabile und erschwingliche Energieversorgung verfügen wollen. So wird auf globaler Ebene erwartet, dass von den erneuerbaren Energien bis 2050 Energiemengen in der Größe des gesamten derzeitigen Weltenergieverbrauchs bereitgestellt werden können (*Abbildung 1*).

Ältere Szenarien (Beispiele: Shell, WBGU, IEA 2003) gingen noch generell von einer deutlich steigenden Energienachfrage aus und erwarteten damit auch beträchtliche Beiträge der erneuerbare Energien. Auch die Beiträge fossiler und nuklearer Energien sollen noch erheblich steigen. Die wachsende Dringlichkeit, Treibhausgase drastisch zu reduzieren in Verbindung mit knapper werdenden fossilen Energien zwang jedoch in den letzten Jahren zu einer konsequenteren Berücksichtigung von globalen Effizienzpotenzialen.

Heutige Szenarien gehen daher, auch in Referenz- bzw. Baseline-Fällen, von geringeren Verbrauchszuwächsen aus (Beispiele: IEA 2008, WETO 2006). Der prognostizierte Anstieg des globalen Energieverbrauchs bis 2050 liegt dann bei nur noch auf 700 – 900 EJ/a. Eine besonders systematische Ermittlung von Effizienzpotenzialen wurde im Szenario „Energy-(R)evolution“ durchgeführt. Gelingt die rechtzeitige Mobilisierung dieser Potenziale, kann der globale Primärenergieverbrauch, nach Durchlaufen eines Maximums um 2020 mit knapp 550 EJ/a, bis 2050 wieder auf das heutige Niveau um 500 EJ/a zurückgeführt werden. Mit dem gleichzeitigen Ausbau der erneuerbare Energien auf rund 270 EJ/a (2007 lag ihr Beitrag bei 64 EJ/a) gelingt eine Reduktion der CO₂-Emissionen bis 2050 auf 10 Gt CO₂/a, wodurch die maximale CO₂-Konzentration bei 450 ppm stabilisiert werden kann („2°-Ziel“).

Gelingt die mögliche Effizienzsteigerung nicht in diesem Ausmaß, muss die höhere Nachfrage zusätzlich gedeckt werden. Im Beispiel des BLUE-MAP-Szenario der IEA sind dies:

- Beitrag der erneuerbare Energien von 230 EJ/a,
- Kernenergie 90 EJ/a (derzeit 30 EJ/a)
- fossile Energien 350 EJ/a (derzeit 412 EJ/a).

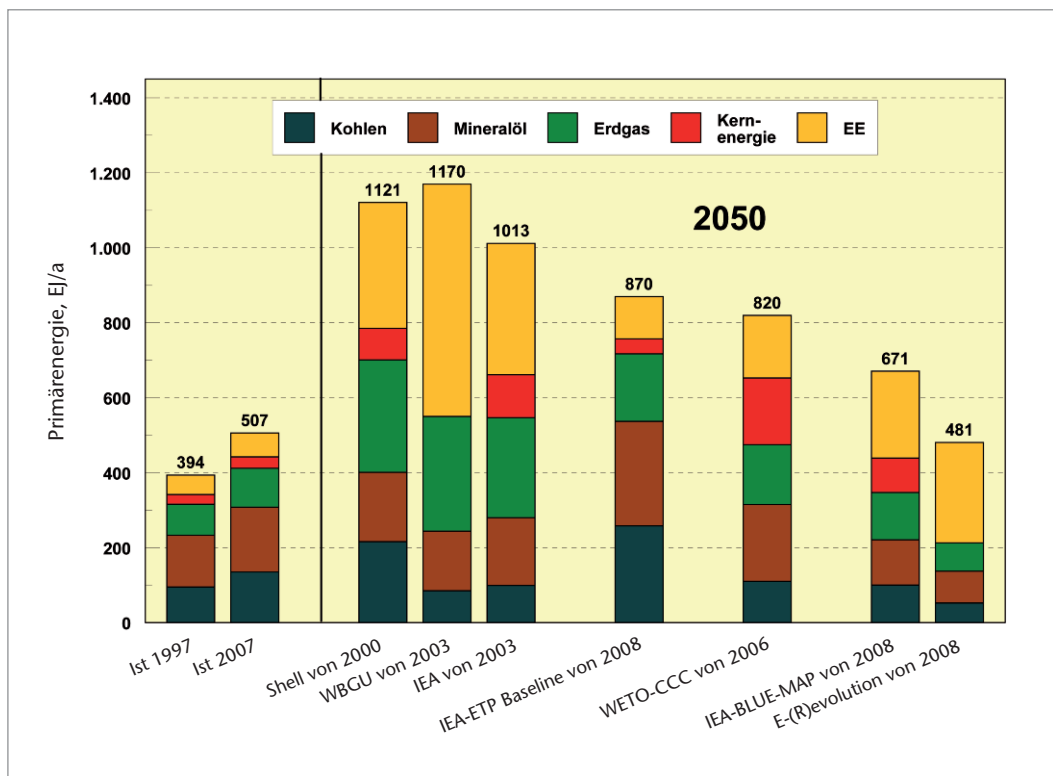


Abbildung 1
Globale Energieversorgung 2050 in ausgewählten Szenarien

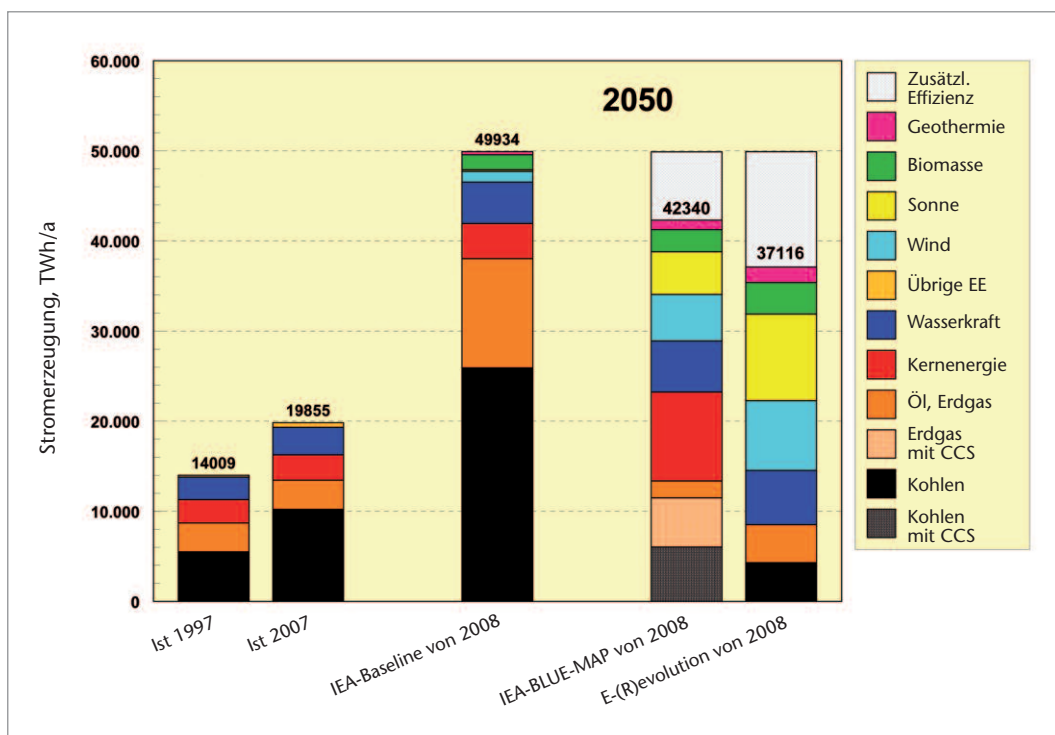
Um das Klimaschutzziel von 450 ppm zu erreichen, wird dabei die Rückhaltung und unterirdische Speicherung von CO₂ in erheblichem Umfang angenommen. Geht man von sehr unzulänglichen Effizienzerfolgen aus, wird selbst bei starker Ausweitung des Beitrags nuklearer und fossiler Energieträger das 450 ppm-Ziel verfehlt. So ermöglicht z. B. das WETO-CCC-Szenario nur eine Stabilisierung der CO₂-Konzentration bei 550 ppm. Eine sehr deutliche Effizienzsteigerung bei Umwandlung und Nutzung von Energie in allen Weltregionen ist also unerlässlich, wenn der Klimawandel in erträglichen Grenzen gehalten werden soll. An zweiter Stelle hinsichtlich des Treibhausgasminderungspotenzials bis 2050 stehen die erneuerbaren Energien, aber auch Szenarien, die parallel noch auf die Kernenergie und die CCS-Technologie setzen.

Die Nutzungspotenziale der bereits heute verfügbaren „Solartechnologien“ sind ausreichend groß zur Deckung einer Nachfrage wie für den Fall des Szenarios „Energy (R)evolution“, das eine Steigerung auf das 4,2-fache des heutigen Beitrags vorsieht. Nach rund 30-jähriger systematischer Forschung, Entwicklung und Markteinführung stehen die jeweiligen Technologien

bereits in großer Vielfalt und in hervorragender Qualität zur Verfügung. Der aktuelle Stand in der Forschung und der Markteinführung erlaubt zudem die Aussage, dass zukünftig noch weitere beachtliche technologische Fortschritte zu erwarten sind. Auf Grund dessen und infolge der weiteren rasanten Marktentwicklung sinken die Kosten weiterhin deutlich bei gleichzeitig technischer Weiterentwicklung der Anlagen. Modellrechnungen, die obige Tatbestände in dynamischer Form berücksichtigen, zeigen, dass spätestens nach 2020 Nutzenergien aus erneuerbaren Energien kostengünstiger sein werden, als solche aus fossilen Primärenergieträgern.

Wegen der hohen Wachstumsdynamik und der großen volkswirtschaftlichen Bedeutung ist der Stromsektor von besonderem Interesse, (Abbildung 2). Der Beitrag der erneuerbaren Energien beläuft sich weltweit derzeit auf 18 % mit einem dominierenden Beitrag der Wasserkraft. Wegen des rasanten Wachstums der Stromnachfrage in den letzten 10 Jahren ist allerdings ihr Anteil um einen Prozentpunkt gesunken. In der „Baseline“-Entwicklung der IEA steigt die Stromnachfrage gegenüber 2007 bis 2050 noch um das 2,5-fache. Selbst bei erheblichen Effizienzerfolgen zwischen 7000 und 12000 TWh/a

Abbildung 2
Struktur der Stromversorgung im Jahr 2050 in zwei 450 ppm-Szenarien



eingesparter Stromnachfrage gegenüber der „Baseline“-Entwicklung dürfte die Stromnachfrage noch um das 1,8 – 2-fache über dem heutigen Niveau liegen, wie in den beiden 450 ppm-Szenarien gezeigt (Abbildung 2). Dieses Wachstum verlangt äußerste Anstrengungen bei der Mobilisierung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Im Energy-(R)evolution-Szenario steigt ihr Beitrag von derzeit 3600 TWh/a bis 2050 auf rund 29000 TWh/a, was dann einem Anteil von 77 % entspricht. Im BLUE-MAP-Szenario steigt er auf rund 19000 TWh/a (45 %). Da der zusätzliche Beitrag der Wasserkraft – und auch der Biomasse – begrenzt sind, tragen vor allem die Wind- und die Solarenergie dieses Wachstum. Geringere Steigerungsraten dieser Technologien im BLUE-MAP-Szenario zwingen zu einem erheblichen Ausbau der Kernenergie auf knapp 10000 TWh/a (derzeit 2800 TWh/a). Fossile Energieträger werden in diesem Szenario sogar in ähnlichem Umfang wie derzeit eingesetzt. Für nahezu 85 % dieser Energiemengen, entsprechend insgesamt 11500 TWh/a Strom, wird im BLUE-MAP-Szenario vom Einsatz von CCS-Kraftwerken ausgegangen.

Windenergie stellt derzeit weltweit 121 GW Leistung bereit. Bis 2050 wird im Energy-(R)evolution-Szenario von einer Ausweitung auf

2700 GW ausgegangen, wofür das jährliche Marktvolumen von derzeit 27 GW/a „nur“ noch um das 5-fache steigen muss. Parallel sinken die mittleren Stromkosten um weitere 40 %. Im Vergleich dazu beträgt der erforderliche Leistungszuwachs bei der Photovoltaik das 180-fache (derzeit 16 GW), das jährliche Marktvolumen muss dazu um das 35-fache auf rund 170 GW/a wachsen. Die Stromkosten sinken parallel im Durchschnitt auf circa ein Viertel der heutigen Höhe. Erst am Anfang steht die Marktausweitung solarthermischer Kraftwerke. Ihr Leistungsbeitrag beläuft sich im Energy-(R)evolution-Szenario in 2050 auf rund 800 GW, was dann einem Marktvolumen von ca. 40 GW/a entspricht, die Stromgestehungskosten dürften gegenüber den aktuellen Kraftwerken noch um rund 60 % sinken.

Die im Energy-(R)evolution-Szenario unterstellte Marktentwicklung zeigt, dass die erneuerbaren Energien im Laufe der nächsten 40 Jahre fossile Kraftwerke nahezu völlig vom Markt verdrängen (Abbildung 3). Derzeit werden jährlich rund 220 GW/a Kraftwerksleistung neu installiert, wovon gut 65 GW/a von erneuerbare Energien stammen (davon 28 GW/a Wasserkraft; 27 GW/a Windenergie). Obige Technologien, ergänzt um Biomasse, Erdwärme und längerfristig auch

Wellenenergie u. a. führen zu einem stetigen Wachsen des Marktvolumens auf rund 260 GW/a in 2030 und 430 GW/a in 2050. Insgesamt steigt also die weltweit jährlich zu installierende Leistung, einerseits wegen der wachsenden Stromnachfrage, andererseits aber auch wegen der bei erneuerbare Energien deutlich geringeren Volllaststundenzahlen, um etwa das Doppelte.

Ähnliche Wachstumstendenzen, die hier nicht näher erläutert werden können, müssen auch im Wärmemarkt eingeleitet werden, wobei insbesondere im Solarkollektormarkt noch beträchtliche Zuwächse erforderlich sind.

Aus den so abgeleiteten Marktvolumina können in Verbindung mit der angenommenen Kostenentwicklung der Einzeltechnologien die zu erwartenden Investitionsvolumina eines wachsenden globalen erneuerbare Energien-Marktes abgeleitet werden (Abbildung 4). Bereits heute werden jährlich rund 170 Mrd. €/a in erneuerbare Energien-Technologien investiert. Davon stammen allerdings 65 Mrd. €/a von der (großen) Wasserkraft, weitere 30 Mrd. €/a trägt die Windindustrie bei. Bis 2030 wird im Energy-(R)evolution-Szenario, bei etwa gleichbleibenden Investitionen für Wasserkraft, das jährliche

Investitionsvolumen auf knapp 600 Mrd. €/a steigen und bis 2050 auf knapp 900 Mrd. €/a. Den weitaus größten Anteil von 55% werden dann die solaren Technologien bewirken, gefolgt von der Windenergie. Das beträchtliche Wachstum des Investitionsvolumens der erneuerbare Energien um das gut 5-fache kennzeichnet die Abkehr von der heutigen energierohstoffabhängigen Energieversorgung mit völlig ungewissen Preisentwicklungen.

Bei der Windenergie, der Photovoltaik und der Nutzung von Biomasse ist diese Entwicklung bereits in vollem Gang. Solarthermische Kraftwerke erfahren in Südeuropa, Nordafrika und den USA soeben ihre „Wiedergeburt“. Weitere Technologien, wie die Stromerzeugung aus Tiefengeothermie und aus Wellenenergie stehen in den „Startlöchern“.

Bei den Wärmebereitstellungstechnologien muss die Marktdynamik für die bereits vorhandenen Technologien durch geeignete Förderinstrumente verstärkt werden. Die Vielfalt der zu nutzen - den Energiequellen, der hohe technologische Anspruch an effiziente und kostengünstige Systeme und der überwiegend dezentrale Charakter von erneuerbare Energien-Technologien

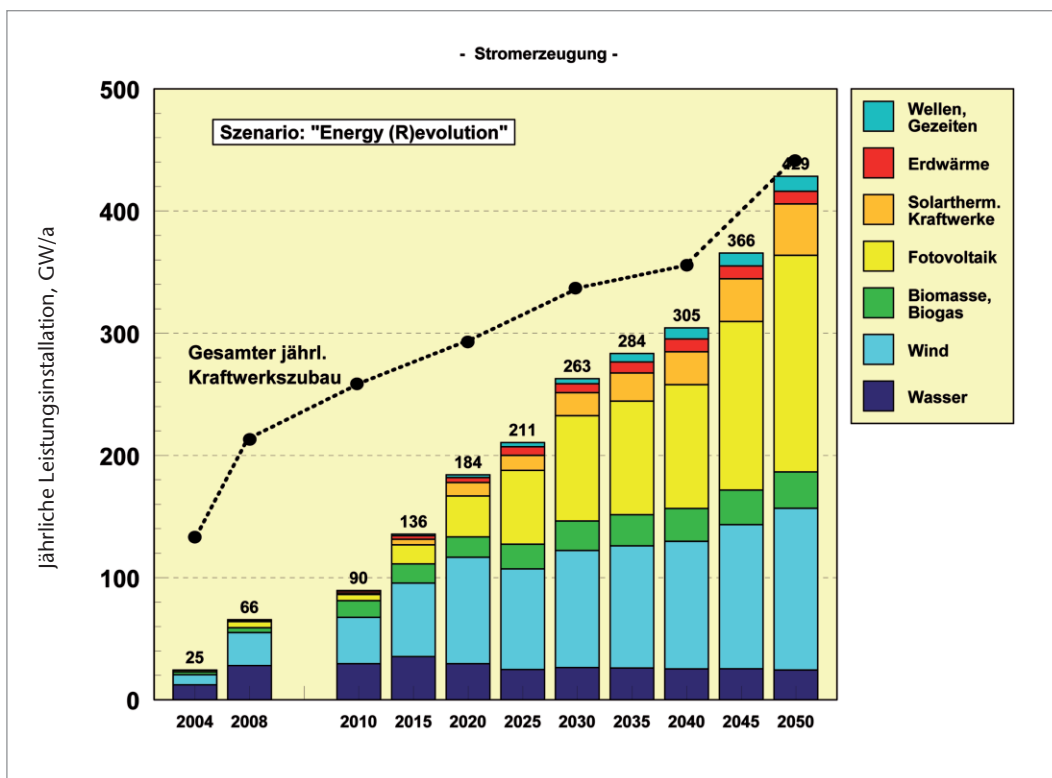
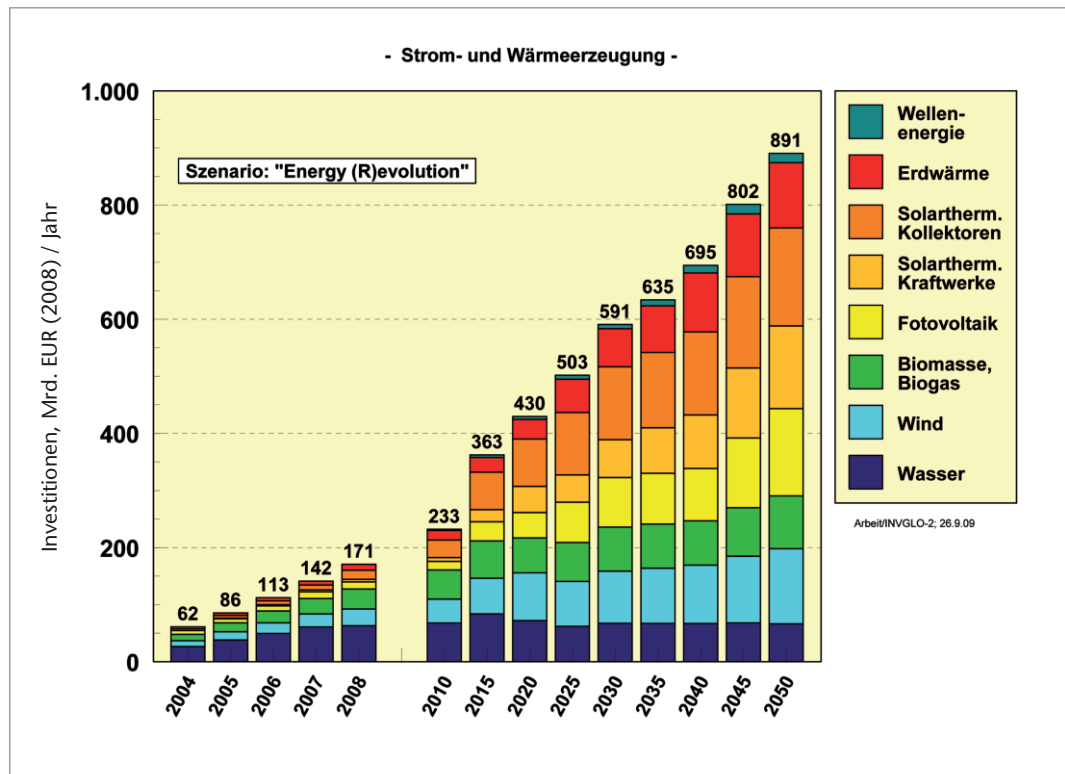


Abbildung 3
Jährliche Leistungs-
installation von EE im
Stromsektor

Abbildung 4
Globale
EE-Investitionen für
Strom und Wärme
nach Energiearten



lassen eine große Branchen- und Unternehmensvielfalt entstehen, die von der Großserienfertigung mit globalen Verflechtungen bis zu regionalen und handwerklichen Strukturen reicht. Diese Eigenschaften in Verbindung mit einer hohen gesellschaftlichen Akzeptanz führen zu einem breit gestreuten Engagement und erleichtern auch die Kapitalbeschaffung.

Zudem wird die Nutzung der heimischen erneuerbare Energien im Verbund mit einer rationellen Energienutzung zahlreiche Länder weniger abhängig von Energieimporten machen. Diese Kombination von klimapolitischen und volkswirtschaftlichen Vorteilen verschafft einem verstärkten erneuerbare Energien-Ausbau (in Kombination mit einer verbesserten Nutzungseffizienz) typische Merkmale einer „win-win“-Strategie. Dies alles zusammen genommen sollte geeignet sein, eine stabile energiepolitische Unterstützung zu gewährleisten und dauerhafte Wachstumsimpulse zu erzeugen.

Deutschland liegt in Entwicklung, Marktwachstum und energiepolitischer Unterstützung von erneuerbare Energien an der Spitze der Industrieländer. Im deutschen Inlandmarkt werden derzeit (2008) Investitionen von etwa 12 Mrd. €/a

getätigt. Wegen der guten Ausgangsbedingungen für deutsche Unternehmen (der heutige Auslandsumsatz liegt derzeit bei ca. 8 Mrd. €/a, womit etwa 20 % des Weltmarktolumens abgedeckt werden), dürften bis 2030 Auslandsmärkte in einer Größenordnung von 60–80 Mrd. €/a entstehen. Bis 2050 sind bei einer Entwicklung gemäß dem Energy-(R)evolution-Szenario Umsätze der deutschen Erneuerbare-Energien-Branche zwischen 80 und 100 Mrd. €/a möglich, was dann einem mittleren Anteil am Weltmarkt von 12 bis 15 % entspricht.

Aus der breiten Anwendung einer großen Zahl neuer Energietechnologien entstehen enorme Impulse für neue Wirtschaftsfelder und Arbeitsplätze. Bis 2030 kann die Zahl der Bruttoarbeitsplätze der Erneuerbare-Energien-Branche so auf 500.000 bis 600.000 anwachsen. Eine ähnliche Größenordnung ist für den verstärkten Einsatz von Technologien einer verbesserten Energieeffizienz zu erwarten.

Um diese Ziele zu erreichen, bedarf es allerdings permanenter und eher noch steigender Anstrengungen der deutschen erneuerbare Energien-Industrie, aber auch der sie flankierenden Energiepolitik, die jetzige gute Ausgangsposi-

tion auf dem erneuerbare Energien-Weltmarkt zu halten und zu stabilisieren. Wird in einem eher pessimistischen Szenario von einem Nachlassen dieser Bemühungen ausgegangen, so kommen die zukünftig zu erwartenden Umsätze der deutschen erneuerbare Energien-Branche auch bei deutlich wachsenden Weltmärkten nicht über 40 Mrd. €/a hinaus.

Ein wirksamer Klimaschutz und in Verbindung damit eine weitgehend auf erneuerbare Energien aufbauende globale Energieversorgung werden verstärkt auf internationalen Partnerschaften aufgebaut sein müssen. Dies kommt der Liberalisierung und Globalisierung der Energiemärkte entgegen und bietet zahlreiche Chancen für konstruktive politische Kooperationen. Die weltweit sehr großen Potenziale von erneuerbare Energien können nur mittels internationaler Verbundlösungen in ausreichendem Maße für eine globale, nachhaltige Energiebedarfsdeckung mobilisiert werden. Solche internationale „Solaren Energiepartnerschaften“ haben eminente geopolitische Vorteile. Sie sind eine ideale Möglichkeit, wirtschaftliche Ungleichgewichte zwischen Nord und Süd zu mindern und weltweite Märkte für zukunftsfähige Energietechnologien entstehen zu lassen, ohne Konflikte um knappe Ressourcen befürchten zu müssen. So ist beispielhaft die Erschließung der großen Solar- und Windpotenziale im Mittelmeerraum unter dem Gesichtspunkt einer wirtschaftlichen Entwicklung und politischen Stabilisierung dieser Region und seiner Beziehungen zu Europa für die globale Energiepolitik von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Es fehlt nicht an Lösungsansätzen für die drängenden Probleme der Energieversorgung und des Klimaschutzes. Erforderlich ist es aber, die bisher erfolgreichen Bemühungen rasch und umfassend auszubauen und den bisher erst in wenigen Ländern eingeschlagenen Weg auf möglichst viele Länder auszudehnen und beherzt weiter zu beschreiten. Nationale Egoismen sollten dabei hintan gestellt werden. Die Europäische Union, die sich beim Voranbringen des Klimaschutzes mit Recht in einer Führungsrolle sieht, kann hier beispielgebend tätig werden und würde dabei ökonomisch und politisch erfolgreich sein.