

■ Nachhaltigkeit in der Energieversorgung – Überblick und Einführungen

- Forschungspolitische Strategie und Förderung für eine nachhaltige Energieversorgung
- Nachhaltige Entwicklung im Spannungsfeld von Energiebedarf und Umweltschutz
- Forschung und Innovation im ForschungsVerbund Sonnenenergie
- Leitlinien für eine nachhaltige Energieversorgung
- Energiemeteorologie – Das fluktuierende Angebot aus Wind- und Sonnenenergie berechenbar machen

Forschungspolitische Strategie und Förderung für eine nachhaltige Energieversorgung



Bundesminister
Sigmar Gabriel

Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit
(BMU)

Meine Damen und Herren,

nichts wird heißer diskutiert in diesen Wochen und Monaten als die Frage der Klimaprobleme und der Energieversorgung. Am 9. Oktober 2006 findet in Berlin der zweite Energiegipfel statt.

Im April haben wir mit dem ersten Energiegipfel den Startschuss gegeben zu einer Debatte darüber, wie wir zu einer in sich konsistenten Energiepolitik in unserem Land kommen. Denn ich glaube, dass die Menschheit vor zwei zentralen Herausforderungen steht:

Die erste Herausforderung mündet in die Frage: Wie versorgen wir diese Welt mit Energie? Woher kommen die Rohstoffe dafür? 1,8 Mrd. Menschen auf dieser Erde haben schon heute keinen Zugang zur Energie und leiden bitterste Armut. Daneben gibt es ein Anwachsen der Weltbevölkerung von derzeit 6,5 Mrd. Menschen auf demnächst 9 Mrd. in 2050. Auch diese Menschen wollen Zugang zur Energie haben und diejenigen, die heute in relativer Armut leben, wollen ihren Lebensstandard verbessern.

Natürlich sind erneuerbare Energien eine der ganz zentralen Antworten darauf. Sie finden überall auf der Welt in unterschiedlicher Zusammensetzung immer mindestens eine der vorhandenen erneuerbaren Energien – ob Sonne, Wasser, Geothermie, Wind oder Biomasse.

China hat erklärt, dass es bis zum Jahr 2020 den Lebensstandard der Chinesinnen und Chinesen verdoppeln will. Das ist gemessen am Lebensstandard in einer Westprovinz Chinas nicht besonders viel, weil die Leute dort sehr arm sind. Aber gemessen an 1,3 Mrd. Menschen ist es doch eine ganze Menge. Das heißt, man hat eine gewaltige Nachfragesteigerung nach Energie bei begrenzten fossilen Rohstoffen mit den entsprechenden Entwicklungen auf der

Preisseite. Es gibt Umweltpolitiker, die sagen: „Energie kann nicht teuer genug sein“, weil erstens dadurch die erneuerbare Energien wirtschaftlicher werden und weil man zweitens dann nicht so verschwenderisch damit umgeht. Aber man darf andererseits auch nicht unterschätzen, was es bedeutet, wenn Menschen mit einem mittleren Einkommen immer mehr für die warme Wohnung ausgeben müssen oder für die Tankfüllung, um zum Arbeitsplatz zu kommen. Das ist schon aufgrund der Einkommensdisparität in unserem Land für viele Menschen ein erhebliches Problem. Aber es trifft andere Länder noch viel stärker. Wenn die Energiepreisentwicklung ungebremst so weiter geht, ist sie katastrophal für die Länder, die heute Entwicklungshilfe brauchen. Zur Zeit wird die gesamte Entwicklungshilfe, die für Afrika zur Verfügung gestellt wird, „aufgefressen“ durch die steigenden Ölpreise. Der deutsche Steuerzahler zahlt eigentlich Entwicklungshilfe, um den Ärmsten der Armen zu helfen. Tatsache ist aber, dass er derzeit den Reichsten der Welt hilft, noch reicher zu werden.

Wie können wir derartige Probleme lösen?

Die zweite riesige Herausforderung, die damit untrennbar verbunden ist und jeden betrifft, ist „Wie schützen wir unser Klima?“ Wir haben heute bereits eine dramatische Entwicklung bei 0,6/0,7 Grad Erwärmung gegenüber der vorindustriellen Zeit, die bei uns dazu führt, dass der letzte deutsche Gletscher im Jahr 2020 verschwunden sein wird – auf der Zugspitze.

Viel dramatischer ist es aber in den Ländern, die nichts für den Klimawandel können. Das Unfaire ist, das beispielsweise die Völker Afrikas, viel stärker unter dem Klimawandel zu leiden haben, obwohl sie ihn nicht verursacht haben. Die Folgen können wir täglich in den Nachrichten sehen: Ausbreitung von Wüsten, Dürre, Entwaldung. Die Flüchtlingsbewegungen an der

Küste Nordafrikas, die wir jetzt erleben, sind ein leiser Hauch dessen, was noch kommen wird, wenn es so weitergeht. Denn stellen Sie sich vor, was das für die Trinkwasserversorgung in Asien bedeuten würde, wenn die Gletscher des Himalajas schmelzen.

Nachhaltigkeit ist auch ein Kriterium für die Politik

Die Frage ist: Wie gehen wir mit den Herausforderungen um? Wie können wir die Energieversorgung sicherstellen und wie können wir den Klimawandel stoppen? Bisher sind wir noch weit von dem Ziel entfernt, die Erderwärmung bis zum Jahre 2100 unter 2 Grad zu halten. 2100 hört sich vielleicht weit weg an, aber unsere Enkel werden das vermutlich schon erleben.

Die eigentliche Herausforderung in der Beantwortung der Frage besteht darin, beides zu leisten: Energieversorgung und Klimaschutz. Damit sind wir wieder beim Energiepipfel.

In drei Arbeitsgruppen haben Vertreter der Bundesregierung gemeinsam mit Akteuren aus Wirtschaft und Gesellschaft Konzepte und Strategien erarbeitet. Auf dieser Grundlage wollen wir am 9. Oktober einen deutlichen Schritt weiterkommen. Denn es geht auch um die Frage, wie wir uns mit unserer Politik in die Europäische Union und in den internationalen Prozess der Energiepolitik weltweit einbinden.

Wenn wir mehr investieren wollen in Forschung und Entwicklung für Energieeffizienz und für erneuerbare Energien, dann müssen wir vorher eine gesellschaftliche Mehrheit dafür haben. Doch die öffentliche Debatte leidet generell unter einer Geringschätzung zukünftiger Güter. Die Frage, wie wir eigentlich mit dem umgehen, was schon in einigen Jahren für uns selber enorm wichtig werden wird – und allemal für unsere Kinder und Enkelkinder – ist etwas, was in der politischen und der wirtschaftlichen Debatte und auch in der ökologischen Debatte oft gering geschätzt wird. So dass häufig das Handeln eben doch nach dem Sprichwort läuft „Das Hemd ist uns näher als der Rock“. Wir brauchen in der

Gesellschaft eine Diskussion, in deren Ergebnis sich dann auch Mittelverteilungen ändern, politische Beschlüsse sich neu ausrichten und Gesetze neu formuliert werden. Wir brauchen eine Diskussion, die klarer macht, dass das, was da noch so weit entfernt scheint, Ihr eigenes Leben, sicher aber das Ihrer Kinder und Ihrer Enkelkinder ganz enorm beeinflussen wird.

Meine Damen und Herren, diese Themen betreffen uns also alle. Meistens aber ist uns gar nicht klar, wie abhängig wir von Strom, Wärme oder Treibstoffen sind – so selbstverständlich erscheint ihre permanente Verfügbarkeit. Nur wenn etwas schief läuft, wird uns bewusst, wie sehr wir am Tropf hängen. Wir merken es aber, wenn die Preise für Strom, Gas, Heizöl oder Benzin wieder einmal steigen. Oder denken Sie nur an den mehrtägigen Stromausfall im Münsterland im letzten Winter. In solchen Situationen spüren wir: Energie ist das Lebenselixier unserer modernen Gesellschaft. Und sie ist Motor unseres wirtschaftlichen Fortschritts.

Deshalb muss die Energieversorgung der Zukunft zwei Dinge erfüllen:

- Sie muss sowohl verlässlich und bezahlbar sein
- als auch klimafreundlich und nachhaltig.

Weltweit wird der Energiebedarf weiter steigen. Der Kampf um die knapper werdenden Ressourcen Öl und Gas ist längst entbrannt. Deutschland und die meisten europäischen Länder sind in hohem Maße abhängig von Energieimporten aus politisch instabilen Regionen. Es ist höchste Zeit, in Alternativen zu investieren.

Dabei ist für mich ganz klar: Auf dem Weg zur klimafreundlichen Energieversorgung ist die Atomkraft keine Alternative. Der Unfall im schwedischen Kernkraftwerk Forsmark hat wieder einmal gezeigt: Die Nutzung der Atomkraft ist auf Dauer nicht verantwortbar. Und ich halte es für eine schwierige Wahl zwischen den Gefahren der Radioaktivität und der CO₂-Zerstörung wählen zu müssen. Es ist ein bisschen wie die Wahl zwischen Pest und Cholera. Und ich finde, dass die eigentliche Aufgabe ist, gesund zu werden und nicht zwischen zwei Krankheiten zu wählen.

Ich glaube, um Herrn Asbeck zu zitieren, dass es interessanter ist, sich über die Restlaufzeit der Sonne, die immerhin 4 Mrd. Jahre beträgt, Gedanken zu machen als über die Restlaufzeit von Kernkraftwerken.

Die Bundesregierung hält am Atomausstieg fest, wie im Koalitionsvertrag festgeschrieben.

Energieverbrauch senken – Energieeffizienz steigern

Unsere Antwort auf die Herausforderungen Klimaschutz und Versorgungssicherheit ist eine Doppelstrategie:

- Wir müssen die Energieeffizienz massiv steigern, bzw. den Energieverbrauch senken und
- Wir müssen die erneuerbaren Energien konsequent ausbauen.

Zunächst einmal geht es darum, den Energieverbrauch massiv zu senken. Die günstigste, sicherste und umweltfreundlichste Energie ist die, die man gar nicht erst braucht. Und davon gibt es reichlich. Energieeffiziente Technologien sind der Schlüssel zur Nutzung dieser „Energiequelle“. Deutschland befindet sich hierbei in einer guten Ausgangsposition. Wir nehmen international eine Spitzenstellung bei der effizienten Nutzung von Energie ein. Und wir verfügen über ein hohes Know-how.

Aber auch wir können noch viel Energie einsparen:

- Noch immer laufen bei uns Kraftwerke aus den 50er Jahren. Sie haben Wirkungsgrade von gerade mal 30%.
- Ein weiteres Beispiel sind unsere Wohnungen. Mehr als drei Viertel aller Wohngebäude sind über 25 Jahre alt. Durch konsequente Sanierung kann bei Altbauten die Hälfte des Energieverbrauchs oder gar mehr eingespart werden.

Solche Beispiele gibt es in Hülle und Fülle. Die Bundesregierung will die Energieproduktivität bis 2020 gegenüber 1990 verdoppeln. Dies bedeutet, dass im Jahr 2020 pro Einheit

Bruttosozialprodukt nur halb so viel Energie verbraucht werden soll wie im Jahr 1990.

Dieses Ziel wollen wir gemeinsam mit der Wirtschaft und anderen Akteuren erreichen. Mir ist bewusst, dass dieses Ziel sehr ambitioniert ist.

Um das Energieangebot effizienter zu gestalten, müssen wir unseren Kraftwerkspark modernisieren und die Kraft-Wärme-Kopplung ausbauen. Mit dem Emissionshandel setzen wir dafür wirkungsvolle Anreize.

Noch wichtiger ist für mich die Nachfrageseite. Sie wurde in der Vergangenheit zu wenig beachtet. Zwei Drittel der deutschen Strombetriebe haben Anlagen in unserer Industrie haben nicht einmal eine Drehstromregelung, mal ganz abgesehen von den Stand-by-Schaltungen. Ich finde es erstaunlich, dass keinem auffällt, dass die Hersteller zwar 10 Cent für den Knopf zum Ausschalten sparen aber wir das dann über den Strompreis zahlen müssen.

Auf dem zweiten Energiegipfel der Bundesregierung werden wir uns mit einem eigenen Energieeffizienzprogramm befassen und uns auf einen Aktionsplan Energieeffizienz verständigen. Er wird Maßnahmen für die Angebots- und die Nachfrageseite enthalten.

Im Gebäudebereich haben wir bereits Akzente gesetzt. Die Mittel für das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) wurden verdreifacht. Einen zusätzlichen Schub wird die Weiterentwicklung der Energieeinsparverordnung bringen.

Außerdem können wir unseren Stromverbrauch noch drastisch senken. Ob in industriellen Prozessen, bei Kühlschränken, Computern oder der Beleuchtung – überall können mit vorhandenen Technologien erhebliche Einsparungen erreicht werden.

Diese Maßnahmen sparen nicht nur Energie, sondern auch bares Geld. Sie rechnen sich. Vielen Verbrauchern ist das gar nicht bewusst. Die verstärkte Information und Beratung der Verbraucher ist daher ein wichtiges Element des Aktionsprogramms Energieeffizienz.

Ausbau der erneuerbaren Energien

Die zweite Säule unserer Doppelstrategie bilden die erneuerbaren Energien. Es sind weitestgehend heimische Energien. Wir müssen sie nicht importieren. Und sie emittieren keine Treibhausgase. Durch ihren Einsatz konnten 2005 rund 84 Millionen Tonnen Kohlendioxid in Deutschland eingespart werden. Es gibt also viele gute Gründe, die erneuerbaren Energien auszubauen.

Auch hierfür hat die Bundesregierung anspruchsvolle Ziele gesetzt: Bis 2020 sollen mindestens 20% des Strombedarfs und mindestens 10% des Gesamtenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Vielleicht schaffen wir auch 25% des Strombedarfs. Bis 2050 wollen wir die Hälfte des Energieverbrauchs erneuerbar decken. Das sind Riesenziele, die nicht einfach zu erreichen sind. Wir sind damit übrigens auf diesem Weg der Umstellung weltweit führend.

Die Erfolgsgeschichte der erneuerbaren Energien in Deutschland verdanken wir vor allem dem Erneuerbare-Energien-Gesetz. Das ist ein richtiger Quantensprung. Mit dem EEG haben wir ein überaus effizientes und erfolgreiches Markteinführungsinstrument geschaffen. Und es ist mehr als ein Markteinführungsprogramm. Wir haben damit eine Industrieentwicklung in Gang gesetzt. Die darin verankerte Abnahmegarantie und die festen Mindestvergütungen über 20 Jahre schaffen Planungs- und Investitionssicherheit für Herstellerfirmen, Anlageninvestoren und Kreditinstitute. Im Koalitionsvertrag steht, dass wir das EEG in seiner Grundstruktur weiterführen werden. Daran halten wir uns. 2007 werden wir die Vergütungssätze überprüfen. Danach entscheiden wir, ob die Vergütungen ab 2008 angepasst werden.

Genauso wichtig wie die Stromerzeugung ist der Wärmemarkt. Hier haben die erneuerbaren Energien ein noch großes ungenutztes Potenzial. Daher wird dieser Bereich zu Recht als „schlafender Riese“ bezeichnet. Langfristig kann etwa die Hälfte des Wärmebedarfs aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden. 50 bis 54% des Energieverbrauchs eines Haushaltes dienen der Wärmeenergie und bei den

Gebäuden, die vor der Wärmeschutzverordnung von 1978 gebaut wurden, strahlt mindestens ein Drittel durch die Wände ab und der Rest geht durch den Schornstein. Das heißt, da haben Sie ein Riesipotenzial zum Thema Energieeffizienz. Deswegen ist dieses Programm der Bundesregierung mit 1,4 Mrd. Euro ein Renner. Damit geben wir Zuschüsse für Leute, die ihre Häuser sanieren und neue Heizungsmodelle einbauen, Solarthermieanlagen nutzen, Pelletheizungen nehmen, Wärmedämmung, neue Fenster. Das Programm ist so gut, das wir schon 350 Mio. € zusätzlich aus dem nächsten Jahr vorziehen mussten, weil der Bedarf gigantisch steigt. Es gibt drei Gewinner:

- das Klima, weil weniger Abgase emittiert werden
- den Verbraucher, weil der weniger Energiekosten tragen muss
- den Arbeitsmarkt, weil neue Arbeitsplätze für Handwerksbetriebe kreiert werden.

Das zeigt, wie wichtig in dem Bereich die Kombination ist von staatlicher Hilfe und Investitionsanreizen im Umweltschutz, wie wichtig das auch für Beschäftigungseffekte ist.

Das Gleiche haben wir auch beim Marktanzreizprogramm zur Förderung regenerativer Wärme. Das ist um fast 40 Mio. Euro besser ausgestattet als in der Vergangenheit. Wir diskutieren parallel dazu, wie wir den Ausbau erneuerbarer Energien im Wärmemarkt, insbesondere die Industrieentwicklung in diesem Bereich vorantreiben können. Aber wir wissen, dass die Kilowattstunde Wärme, die wir erneuerbar produzieren, zur Zeit noch teurer ist als auf fossiler Basis mit Gas. Wenn Sie in der derzeitigen Debatte durch ein „zweites EEG“, die Energiepreise weiter nach oben bringen, dann ist das Diffamierungspotenzial hoch. Das Richtige zum falschen Zeitpunkt kann auch falsch sein. Mit anderen Worten, dafür muss dann auch zusätzlich Geld aus dem Bundeshaushalt zur Verfügung gestellt werden. Derzeit sucht die Bundesregierung nach dem besten Weg. Im Rahmen eines Konsultationsprozesses haben wir Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen und Verbände befragt. Die Ergebnisse werden wir in Kürze präsentieren.

Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien

Unsere Unterstützung für die erneuerbaren Energien geht über die Markteinführung hinaus. Ein zentrales Anliegen ist mir die Förderung von Innovation und technischem Fortschritt.

Das EEG leistet auch hier einen wichtigen Beitrag. Die jährliche Degression der Vergütung schafft einen äußerst wirksamen Anreiz. Nämlich den, die Kosten permanent zu senken. Dazu brauchen wir technischen Fortschritt.

Technischer Fortschritt fällt nicht wie Manna vom Himmel. Er wird erreicht durch intensive Forschung und Entwicklung. Deutschland nimmt auch hier weltweit eine Spitzenposition ein. Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus Universitäten, Forschungsinstituten und Unternehmen sind Basis und Garant für unsere technologisch führende Rolle. Dafür möchte ich an dieser Stelle meine aufrichtige Anerkennung aussprechen!

Durch Ihre Visionen, Ihre Neugierde, Ihren Mut und Ihre hohe fachliche Kompetenz gehören Solarzellen und Windräder „made in Germany“ weltweit zur Spitzenklasse. Diese Position müssen wir halten und weiter ausbauen, damit wir auch morgen wettbewerbsfähig sind.

Die Bundesregierung hat daher die Forschungsmittel für erneuerbare Energien erhöht und wird sie in den nächsten Jahren weiter steigern. Im Durchschnitt der letzten vier Jahre flossen 66 Mio. € in die vom BMU geförderten Projekte. 2009 werden wir knapp 100 Mio. € erreichen. Dies bedeutet eine Steigerung um 50 Prozent!

Diese Steigerung konnten wir im Rahmen der High-Tech-Strategie umsetzen, die das Bundeskabinett am 29. August verabschiedet hat. Bis zum Jahr 2009 werden 6 Milliarden € zusätzlich für die Forschung und Verbreitung von Zukunftstechnologien investiert werden. Die Energieforschung ist für mich ein zentraler Bereich der High-Tech-Strategie.

Auf dem Energiegipfel werden wir diskutieren, wie wir ihn weiter stärken können.

Das Bundesumweltministerium fördert Forschung und Entwicklung von erneuerbaren Energien mit klaren Zielen. Diese lauten:

Erstens: Kosten senken
Zweitens: Kosten senken
Und drittens: Kosten senken

Ich wiederhole das nicht umsonst. Klar ist: Die erneuerbaren Energien können ihren Siegeszug nur fortsetzen, wenn sie kontinuierlich billiger werden. Denn: Mit zunehmendem Ausbau steigen auch die Anforderungen an ihre Wirtschaftlichkeit. Erneuerbare Energien werden nicht allein dadurch wettbewerbsfähig, dass Öl, Gas und Kohle teurer werden, sondern vor allem indem sie selbst billiger werden. Wir müssen unseren Beitrag dazu leisten. Und ich denke, dass wir das auch schaffen.

Neue Akzente in der Forschungsförderung

Im Dialog mit Wissenschaft und Wirtschaft, hat das Bundesumweltministerium neue Ziele zur Ausrichtung der Forschungsförderung entwickelt. Diese sind in eine neue Förderbekanntmachung eingeflossen, die heute in Kraft tritt. Mit dieser Förderbekanntmachung setzen wir neue Akzente in der Forschungsförderung. Sie sind zum Teil übergreifend, zum Teil betreffen sie einzelne Technologien.

Ich möchte dabei auf folgende Punkte besonders eingehen:

- Erstens geht es darum, erneuerbare Energien und Einspartechnologien optimal miteinander zu verknüpfen. Ich glaube, dass das auch die Mehrzahl der Wissenschaftler, auch in der Europäischen Union, so sieht. Die Energieeffizienz ist ein zentrales Thema und wir brauchen dafür natürlich Forschung und Entwicklung. Eine erfolgreiche Energiepolitik muss über den berühmten Tellerrand hinausschauen, sie muss „im System denken“. Nehmen wir zum Beispiel ein Einfamilienhaus mit Solaran-

lage. Wir betrachten nicht die Solaranlage allein, sondern wir sehen das gesamte Gebäude. Wir suchen die optimale Kombination von Gas-, Öl- oder Pelletheizung, Solaranlage, intelligenter Dämmung und energiesparender Geräte. Und auch bei der Windenergie geht es um die Frage: Wie kommen wir zu einer systematischen Zusammenarbeit von Stromerzeugung, der Nutzung des Netzes und von Einsparpotenzialen?

- Zweitens geht es uns angesichts des starken Wachstums der erneuerbaren Energien um die Optimierung der Energieversorgungssysteme. Wir müssen die Stromnetze optimieren, damit sie die zunehmenden Mengen beispielsweise an Windstrom überhaupt verkraften können. Wie können wir die Verbraucher in eine solche Optimierung stärker einbinden? Wichtig ist in diesem Zusammenhang natürlich die Weiterentwicklung von Speichertechnologien. Sowohl bei Strom als auch bei Wärme brauchen wir bessere und vor allem deutlich kostengünstigere Speicher.
- Drittens wollen wir noch stärker als bisher die Gewinnung und Nutzung von Wärme berücksichtigen. Auch in der Forschung dürfen wir nicht nur den Strom im Auge haben. Neben Heizwärme geht es dabei auch um Prozesswärme für industrielle Verfahren.
- Viertens müssen wir schon heute an die Technologien von morgen denken. Der Schwerpunkt der Forschungsförderung des Bundesumweltministeriums liegt auf anwendungsorientierten, marktnahen Projekten. Das wird so bleiben. Aber in begrenztem Umfang und mit Beteiligung der Industrie wollen wir auch Zukunftstechnologien fördern. Diese besitzen ein hohes Innovationspotenzial. Sie sind noch nicht marktnah, aber wir sollten, so glaube ich, sie trotzdem weiter verfolgen. Ich denke zum Beispiel an die Kombination von erneuerbaren Energien und Nanotechnologie oder an Mikrospiegel für die solarthermische Stromerzeugung.
- Fünftens wollen wir noch stärker als bisher über Landesgrenzen hinausblicken. Das gilt einerseits für grenzüberschreitende Forschungsprojekte, andererseits für Technolo-

gien, deren Anwendungsgebiete vorrangig in anderen Regionen der Welt liegen werden. Wir haben damit schon ganz gute Erfolge erzielt. Zum Beispiel das erste solarthermische Kraftwerk Andasol 1 in Spanien. Es wird das erste solarthermische Kraftwerk in Europa sein. Baubeginn war in diesem Sommer und deutsche Unternehmen sind in erheblichem Umfang daran beteiligt. Das sichert Arbeitsplätze bei uns und gleichzeitig können wir sonnenreichen Ländern helfen, sauberen Strom zu erzeugen und etwas für den Klimaschutz zu tun. Beide Seiten tragen so zum Schutz des Klimas auf unserem gemeinsamen Globus bei. Ich denke auch an Entwicklungsländer. Hier gibt es einen riesigen Nachholbedarf in der Energieversorgung Solar-Home-Systeme für den netzfernen Einsatz oder Meerwasserentsalzungsanlagen mit Solar- oder Windenergie schaffen Entwicklung ohne das Klima zu belasten.

Meine Damen und Herren, wir setzen klare Schwerpunkte bei den einzelnen Technologien der Erneuerbaren:

Photovoltaik

Die Photovoltaik besitzt unter allen erneuerbaren Energien das größte Innovationspotenzial. Bis zum Jahr 2020 wollen wir die Stromgestehungskosten für PV-Strom auf circa 10 Cent pro Kilowattstunde senken. Derzeit kostet die Kilowattstunde noch über 40 Cent. Dazu wollen wir unter anderem die Wirkungsgrade bei den verschiedenen PV-Technologien deutlich steigern.

Den mit Abstand größten Anteil am Weltmarkt hat nach wie vor die Silizium-Wafer-Technologie. Hier wollen wir unsere Technologieführerschaft sichern und weiter ausbauen. Dazu müssen alle Kostensenkungspotenziale konsequent umgesetzt werden. Zum Beispiel wollen wir bis 2020 den Siliziumbedarf von Wafern von heute 12 auf 5 Tonnen pro Megawatt reduzieren.

Neben der Silizium-Wafer-Technik wächst das Interesse an Dünnschichttechnologien. Diesen wollen wir zum Durchbruch verhelfen.

Windenergie

Die Windenergie ist nach wie vor das Zugpferd der Erneuerbaren-Branche. Deutschland ist Spitzenreiter bei der Stromerzeugung aus Windkraft.

Bei der Windenergie wird ein bisschen zu ein-dimensional über Offshore geredet. Dahinter steckt der Ärger in weiten Teilen Deutschlands über die vielen „Spargel“, die da im Land stehen. Aber ich glaube wir müssen aufpassen, dass wir nicht aus Angst über Onshore zu reden, nur noch über Offshore sprechen. Ich glaube, dass Repowering Onshore mindestens ebenso wichtig ist und viel schneller Ergebnisse bringt. Aber wir sind dort zur Zeit an einem Punkt, wo es Widerstand in den Kommunalparlamenten gibt. Das ist durch den Bund nur sehr schwer zu beeinflussen. Also geht das nur durch Überzeugungsarbeit. Zum Beispiel indem man klar macht, dass man durch das Repowering eine ganz große Anzahl von Windenergieanlagen reduzieren kann, also weniger Anlagen mit höherer Leistung.

Trotzdem wollen wir natürlich das Testfeld für Offshore endlich realisieren. Das ist keine ganz einfache Angelegenheit, aber wir haben ein Riesopotenzial, gerade an der deutschen Nordseeküste und auch in Teilen der Ostsee. Daher hat die Errichtung eines Testfeldes für Offshore-Windenergieanlagen hohe Priorität. Beim ersten Energiegipfel haben wir hierbei einen Durchbruch erzielt:

Wir werden das Testfeld und begleitende Forschungsprojekte über einen Zeitraum von fünf Jahren mit rund 50 Millionen Euro unterstützen. Ich bin davon überzeugt, dass wir damit einen entscheidenden Schritt zur Erschließung der enormen Offshore-Potenziale machen.

Schwerpunkte der Windenergieforschung sind außerdem: die Integration des Windstroms ins Strom-Netz und die ökologische Begleitforschung. Mir ist es ein großes Anliegen, dass der Ausbau der Windenergie umwelt- und naturverträglich erfolgt.

Geothermie

Bisher nutzen wir diese Energieform zu wenig. Daher gibt es kaum belastbare Aussagen über das mittel- bis langfristig wirtschaftlich nutzbare Potenzial. Wir brauchen mehr Kenntnisse über das, was wirklich möglich ist. Und wir brauchen Erfahrung. Die sammeln wir in Demonstrationsprojekten an Standorten mit unterschiedlichen geologischen Formationen. Daher fördern wir Projekte wie Groß Schönebeck oder Landau.

Neben den Demonstrationsprojekten geht es auch darum, das Fündigkeitsrisiko zu senken. Beispielsweise durch bessere Explorationstechniken und Informationssysteme. Durch technologische Weiterentwicklung werden wir für die Erschließung und Nutzung der Geothermie die Kosten senken.

Biomasse

Wir brauchen für die Biomasse eine Strategie, bei der Sie als Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker gefragt sind:

- Wie erzeugen wir synthetische Kraftstoffe?
- Welche Raffinerieprozesse brauchen wir auf der Basis nachwachsender Rohstoffe?
- Wie können wir die gesamte Pflanze, im Grunde jedes organische Produkt, nutzen, um biologische Kraftstoffe zu erzeugen, die dann nicht mehr 400 Inhaltsstoffe haben, sondern nur noch 12. Biogene Kraftstoffe, die Sie dem normalen Benzin beimischen können und die definierte Qualitäten liefern – eine industrielle Strategie zum Ersatz von Öl mit einer Reduktion von CO₂ um 90%.

Was und wie sie staatlich zu fördern sind, entscheidet über die Frage, wohin die Kapitalströme fließen. Dabei ist es nicht so sehr die Frage, in welchem Ministerium das läuft, sondern welche Interessen vertreten werden. Wollen Sie eine industrielle Strategie haben, die Ihnen ermöglicht, weg vom Öl zu kommen oder wollen Sie eine zweite Form der Landwirtschaftssubvention organisieren? Und ich glaube, dass die einzige Chance darin besteht, den Bereich nachwachsende Rohstoffe als industrielle Strategie betreiben. Es geht darum, Industriepolitik mit ökologischem Anliegen zu koppeln, den Scheinwiderspruch zwischen Ökonomie und Ökologie zu überwinden.

Niedertemperatur-Solarthermie

Im Bereich der Niedertemperatur-Solarthermie haben wir in den letzten Jahren umfangreiche Demonstrationsvorhaben gefördert. Diese Projekte haben eine große „Leuchtturmwirkung“. Wir werden die Unterstützung der Demonstrationsprojekte fortsetzen.

Darüber hinaus werden wir künftig verstärkt Forschungsprojekte fördern. Bei Solarkollektoren müssen wir die Effizienz deutlich steigern, um die Kosten weiter zu senken. Zudem wollen wir neue Anwendungsgebiete erschließen: solares Heizen und Kühlen sowie solare Prozesswärme.

Gerade bei der Solarthermie kommt es auf einen systemorientierten Ansatz an. Wir wollen nicht nur den Kollektor optimieren, sondern das Gebäude und die Gebäudetechnik insgesamt.

Solarthermische Kraftwerke

Auf zunehmendes Interesse stoßen solarthermische Kraftwerke. Deutschland hatte hier vor einigen Jahren die Forschungsförderung drastisch zurückgefahren. Das Bundesumweltministerium hat dies revidiert.

Mit Erfolg: In Spanien und den USA werden die ersten Projekte realisiert. Deutsche Firmen sind maßgeblich daran beteiligt. Wir werden die Weiterentwicklung dieser Technologie weiterhin fördern und so unseren Technologievorsprung sichern. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Parabolrinne. Mit dem Solarturm in Jülich wollen wir aber auch die Turm-Technologie voranbringen.

Mit der Veröffentlichung der neuen Förderbekanntmachungen wollen wir die Forschungsförderung noch effektiver und effizienter machen. Wichtig dafür ist ein rascher Transfer der Forschungsergebnisse in den Markt. Am besten wird das durch Vorhaben gewährleistet, in denen Forschungseinrichtungen und Unternehmen unmittelbar zusammenarbeiten. So ist sichergestellt, dass sich die Projekte am konkreten Bedarf orientieren und die Ergebnisse auch unmittelbar genutzt werden können. Ein wichtiges Förderkriterium ist daher die Beteiligung von Unternehmen an einem Forschungsvorhaben. Natürlich werden aber auch weiterhin grundlagennahe Projekte

an Hochschulen und Instituten ohne Industriebeteiligung möglich sein.

Nachhaltigkeit als Kriterium für die Wirtschaft

Die Branche der erneuerbaren Energien ist inzwischen zu einem wirklichen Wirtschaftsfaktor geworden. Aber klar ist auch, dass die erneuerbaren Energien ihren Siegeszug nur fortsetzen können, wenn sie kontinuierlich wirtschaftlicher werden.

Die Solarindustrie ist ein gutes Beispiel dafür. Wir haben einen Riesenboom, den wir auch wollen. Aber wir werden Anfang des kommenden Jahres mit der Solarindustrie über die Frage reden, wie gehen wir eigentlich damit um, dass wir ein relativ geringes Potenzial an Sonnenstunden haben, die Solarzellen auch durchaus jedes Jahr 4-5% wirtschaftlicher werden in der Photovoltaik, aber gleichzeitig das Wachstum durch die Förderung des Marktes durch das EEG so groß ist, dass die über den Strompreis zu entrichtenden Mittel in den kommenden Jahren auf etwa 3 Mrd. Euro anwachsen könnten. Ich glaube, dass das ein kritischer Punkt ist, über den wir offen reden müssen. Können wir es uns leisten über eine ganz bestimmte Struktur der Förderung, alleine durch das Wachstum des Marktes, in eine Größenordnung der Förderung über das EEG zu kommen, die mit Sicherheit zu öffentlichen Diskussionen führen wird? Oder müssen wir nicht schauen, wie wir schneller zur Wirtschaftlichkeit kommen? Müssen wir da mehr investieren? Oder müssen wir möglicherweise mit der Industrie reden, welche eigenen Spielräume sie hat?

Wir wollen diese Fragen mit der Solarbranche diskutieren, nicht gegen sie, das ist meine Zusage. An der Förderung des EEGs wird sich in seiner Struktur nichts ändern. Das ist in der Koalitionsvereinbarung abgesichert.

Alles andere wäre eine Katastrophe für die Branche und würde uns auch am Arbeitsmarkt dramatische Konsequenzen bescheren und uns aus einem Zweig herausnehmen, wo wir

weltweit führend sind. Denn die Unternehmen setzten mit regenerativen Energien im Jahr 2005 16,4 Mrd. Euro um in unserem Land, und sie sichern damit 170.000 Arbeitsplätze – Tendenz steigend. In Sachsen-Anhalt, in Thalheim und Bitterfeld, in einer Region, wo ausschließlich Jobs verloren gegangen sind, gibt es inzwischen weit über 1.000 Arbeitsplätze im Bereich der Photovoltaik.

Auch durch unsere Forschungsförderung schaffen wir Arbeitsplätze: Die Förderung der angewandten Forschung kommt unmittelbar den in Deutschland ansässigen Unternehmen zugute. Sie können so ihre technologisch führende Position ausbauen.

Nachwuchsförderung

Für besonders wichtig halte ich persönlich die frühzeitige Begeisterung von Kindern und Jugendlichen für erneuerbare Energien. Wir müssen jetzt schon durch geeignete Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen an die Qualifizierung des Nachwuchses im Wachstumsmarkt Erneuerbare denken. Den Organisatoren der begleitenden Ausstellung „Nachhaltigkeit im Unterricht“ spreche ich mein Lob aus: Sie haben ein wichtiges Zukunftsthema erkannt und ansprechend umgesetzt.

Ich glaube, dass die Technologie der erneuerbaren Energien das beste Beispiel ist, wie wir eine intelligente Forschungs- und Industriepolitik verbinden können mit wirtschaftlichem Erfolg, mit Beschäftigungsperspektiven, aber eben auch mit der Lösung riesiger Herausforderungen auf unserem Globus.

Ich danke Ihnen herzlich dafür, dass Sie dabei mithelfen. Denn wir können nur die Forschungsförderung bereitstellen. Die Kompetenz sitzt bei Ihnen.

Und ich danke Ihnen, dass Sie mir zugehört haben. Alles Gute!



Nachhaltige Entwicklung im Spannungsfeld von Energiebedarf und Umweltschutz



Dr. Irene Freudenschuss-Reichl
Österreichisches Bundesministerium für Auswärtige Angelegenheiten
Irene.freudenschuss-reichl@bmaa.gv.at

Abbildung 1
Verteilung der Energie am Beispiel der Lichtabstrahlung in das Weltall

Quelle: Prof. Nebojsa Nakicenovic, IIASA, TU Wien

Vorbemerkung

Die Perspektive dieses Vortrags ist fokussiert auf die Entwicklungszusammenarbeit für den ich derzeit im österreichischen Außenministerium als Generaldirektorin zuständig bin.

- Der Energieverbrauch der verschiedenen Regionen ist zu ungleich.
- Rund 2 Mrd. Menschen haben keinen Zugang zu modernen Energiedienstleistungen.
- Die gegenwärtigen Energiesysteme üben eine inakzeptable Belastung auf lokale, regionale und globale Umweltsysteme aus.

Abbildung 2
Unterschiedlicher Pro-Kopf-Energieverbrauch nach Regionen

Quelle: UNDP, World energy Outlook Assessment 2004

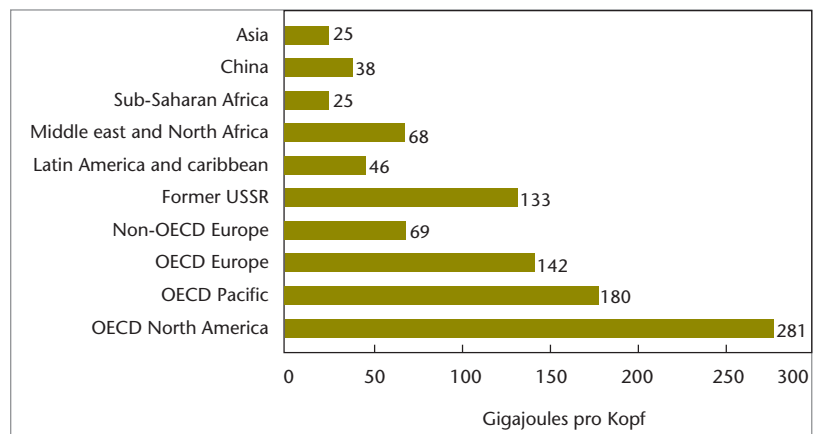
I. Das Spannungsfeld

Das Spannungsfeld, das sich zwischen Energiebedarf und Umweltschutz aufbaut, soll in vier Thesen beschreiben werden.

These 1:

Es besteht ein internationaler Konsens, dass die gegenwärtigen Energiesysteme nicht nachhaltig sind.

Die UN-Kommission für Nachhaltige Entwicklung anerkannte bei ihrer 9. Sitzung im Jahre 2001 ausdrücklich, dass die gegenwärtigen Energiesysteme nicht nachhaltig sind:



Die allgemeine Anerkennung dieser Tatsachen war ein schwer erkämpftes Ergebnis der ersten globalen Energieverhandlungen im Rahmen der Vereinten Nationen. Es stellt wenigstens außer Streit, dass die Dinge so wie sie sind, nicht akzeptabel sind.

**These 2:
Die globalen Entwicklungsziele, wie die Millennium-Ziele, sind nur verwirklichbar mit Veränderung der Energie-Situation**

Der Weltgipfel über nachhaltige Entwicklung von Johannesburg 2002 betont die Bedeutung der Korrelation zwischen Zugang zu Energie und Armutsbekämpfung. Letztlich sind die Millennium-Ziele (Abb. 3) insgesamt nur verwirklichbar, wenn auch die Energie-Situation drastisch verändert und für die betroffenen Armen verbessert wird.



Ohne Energie keine Erreichung der Millenniumsziele

1. Extreme Armut und Hunger beseitigen
2. Grundschulausbildung für alle Kinder gewährleisten
3. Gleichstellung und größeren Einfluss von Frauen fördern
4. Kindersterblichkeit senken
5. Gesundheit von Müttern verbessern
6. HIV/Aids, Malaria und andere Krankheiten bekämpfen
7. Nachhaltige Umwelt gewährleisten
8. Globale Partnerschaft für Entwicklung schaffen

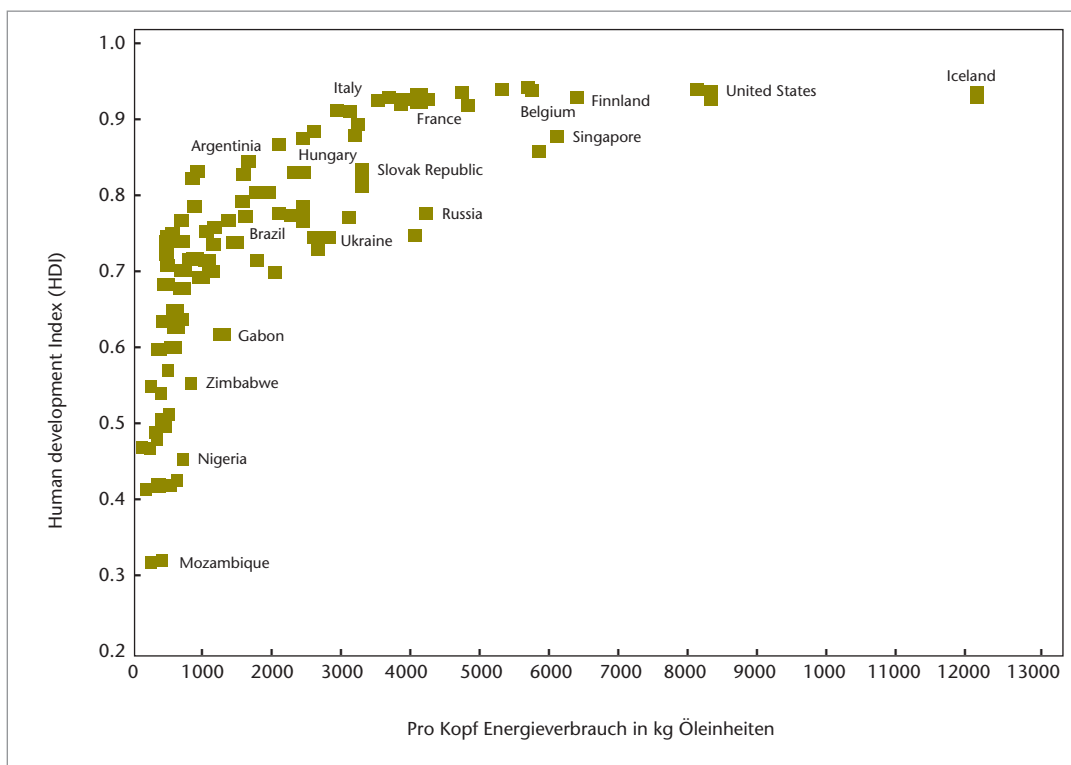
Abbildung 3
Millennium-Ziele für das 21. Jahrhundert

Um den Entwicklungsaspirationen der Entwicklungsländer Rechnung zu tragen, muss der Verbrauch insgesamt und auch der Pro-Kopf-Verbrauch in den armen Ländern steigen. Es liegt auch an der internationalen Gemeinschaft, durch geeignete Programme der Energie-Kooperation sicherzustellen, dass dies auf eine

Art und Weise geschieht, die die Umwelt nicht auf unverantwortliche Weise belastet (Abb. 4).

Nach allen gängigen Vorhersagen wird in den nächsten Jahrzehnten die Nachfrage nach Energie ansteigen, wobei die stärksten Anstiege von

Abbildung 4
Index von Energieverbrauch und menschlicher Entwicklung (HDI – Human Development Index)



den Entwicklungsländern kommen werden. Laut dem Business-As-Usual-Szenario des IEA World Energy Outlooks 2004 wird der globale Energieverbrauch zwischen 2002 und 2030 um rund 60% wachsen (Abb. 5). Nach dieser Studie werden die fossilen Brennstoffe rund 80% des globalen Energiemixes im Jahr 2030 ausmachen.

These 3:

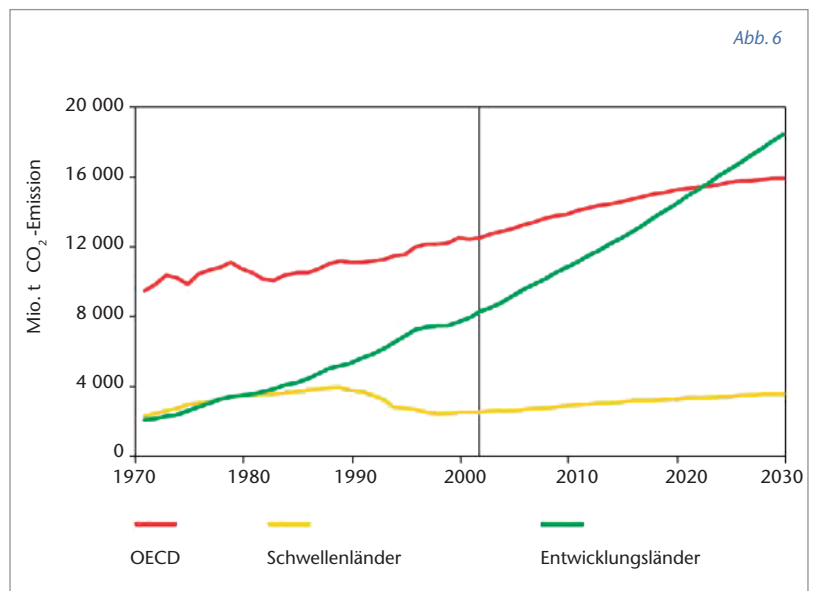
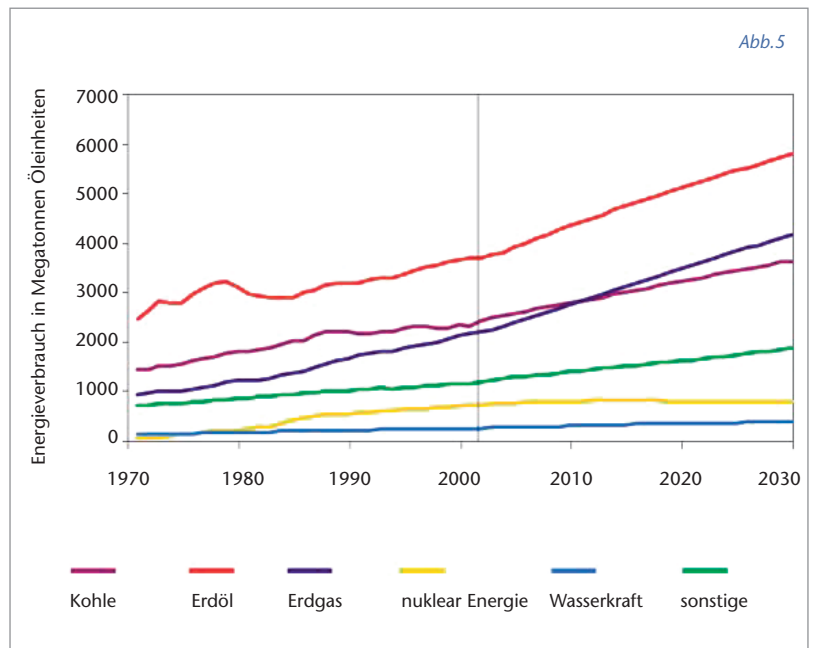
Ohne Veränderung unserer Energie-Systeme sind die globalen Umweltziele, wie die Stabilisierung des globalen Weltklimas auf einem Niveau, das Anpassung an die Klimaveränderung erlaubt, nicht verwirklichtbar.

Der vom Weltgipfel 2002 angenommene „Johannesburg Plan of Implementation“ identifiziert die gegenwärtigen Energiegewohnheiten als einen Schlüsselbereich unnachhaltiger Konsum- und Produktionsweisen.

Gemäss der Business-as-Usual Szenarien des World Energy Outlook 2004 würden die CO₂-Emissionen um mehr als 60% wachsen (Abb. 6), was die Verwirklichung der Zielsetzung des Artikels 2 der UN-Rahmenkonvention hinsichtlich der Stabilisierung der Treibhausgas-Konzentrationen in der Atmosphäre völlig unmöglich machen würde.

Auch ein Alternativ-Szenario der IEA, das sich auf höhere Energie-Effizienz und die Förderung von erneuerbaren Energien konzentriert, würde immer noch zu einem Anstieg der Emissionen um 37% bis zum Jahr 2030 führen, bezogen auf 2002. Hoffnungsfrohre Szenarien, wie das des World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) „Wege in das Jahr 2050: Energie- und Klimawandel“- bieten einen Überblick über mögliche Wege, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Dieses Szenario, baut zusätzlich zu den markt-basierten Instrumenten (Grenzwerte und Emissionshandel) auf Technologie-Ansätze wie Forschung, Entwicklung und Demonstration.

Konsultationen über die Zukunft des Klimaregimes nach Ende der ersten Verpflichtungsperiode des Emissionsrechtehandels nach dem Kyoto-Protokoll haben bereits begonnen, etwa im Rahmen der Tagung der Unterorgane der Klimakonvention im Mai 2006 in Bonn;



oder im Zuge informeller Gespräche wie die Climate Dialogues at Pocantico, animiert vom Pew Center on Global Climate Change im Herbst 2005.

Die Rolle, die die 25 größten Wirtschaften der Welt spielen, inklusive die Entwicklung der erwarteten Emissionen in China, Indien und Brasilien, rückt in allen Aspekten der Energiekooperation immer deutlicher in das Gesichtsfeld der politisch Verantwortlichen, auch wenn es darum geht, einen Nachfolgeprozess für die erste Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls anzudenken.

Abbildung 5
Weltenergie bis 2030

Abbildung 6
Weltenergieverbrauch
im Verhältnis zur CO₂-
Emission verschiedener
Regionen

Allgemein betrachtet, sind die Zwischenergebnisse der Emissionsreduktion in den Industriestaaten, inklusive von EU-Staaten (und trotz der politischen Vorreiter-Rolle der EU in den Klimaverhandlungen) unbefriedigend. Denn die Nachfrage nach Strom steigt auch in Industriestaaten z. B. durch:

- Zunahme des Einsatzes von Klimatisierungsanlagen
- Stand-by-Elektronik
- energie-intensive Lebensführung.

These 4:

Das Spannungsfeld zwischen Energiebedarf und Umweltschutz hat sich verschärft seit der erstmaligen Konstatierung 2001, dass die gegenwärtigen Energiesysteme nicht nachhaltig sind.

Beispiele, die diesen Punkt illustrieren:

- Die Irak-Intervention der USA verdeutlicht die Kriegsgefahr im Zusammenhang mit hoher Abhängigkeit von Erdöl.
- Nukleare „Optionen“ werden wieder stärker diskutiert – von Europa und den USA, über Indien (Nuklear-Kooperation mit USA), bis zum Iran; trotz ungelöster Endlager-Problematik, trotz ungelöster Sicherheitsfragen; trotz der Gefahr nuklearer Proliferation¹ unter dem Vorwand der friedlichen Nutzung von Kernenergie.
- Ein kletternder bzw. auf hoher Ebene verharrender Ölpreis bewirkt einen Verdrängungswettbewerb von schwächeren Marktteilnehmern.
- Der vielbeschworene „resource curse“² ist in voller Effektivität – über kollektive Pariser Club Entscheidungen entschuldigen wir Kamerun, Irak und nächstens Nigeria, trotz des großen Ressourcenreichtums dieser Länder.

¹ Proliferation bezeichnet die Weiterverbreitung bzw. die Weitergabe von Massenvernichtungswaffen und ihren Trägersystemen von Staaten, die über derartige Technologien verfügen, an andere Staaten, die noch nicht darüber verfügen. Die internationale Staatengemeinschaft versucht, Proliferation durch Abkommen und Überwachung einzudämmen (Atomwaffensperrvertrag, Chemiewaffenkonvention).

² „resource curse“ benennt das Paradoxon, dass Länder mit einem Überfluss an natürlichen Ressourcen ein geringeres ökonomisches Wachstum haben als Länder ohne diese Ressourcen.

II. Zukunftsfähig leben – Spiritualität und Praxis der Nachhaltigkeit – Handlungsmöglichkeiten für uns

Jeder Einzelne hat Handlungsmöglichkeiten für eine nachhaltige Lebensweise. Individuelle Kauf- und Konsumverzichtsentscheidungen sowie das Geltendmachen von politischen Rechten durch Stimmabgabe bei demokratischen Wahlen oder durch die Beeinflussung des politischen Diskurses werden von unserem politischen Establishment wahrgenommen. Kleine, engagierte Gruppen können oft mehr Einfluss ausüben, als die so genannte „schweigende Mehrheit“.

Ein Bereich, der besonders wichtig ist für alles, was mit Nachhaltigkeit zu tun hat, ist der Zeithorizont für politische und wirtschaftliche Entscheidung. Ich denke, wir müssen uns alle mit allen Kräften dafür einsetzen, dass der extrem kurze Zeithorizont, der in Politik (Wahltermin), Wirtschaft (Vierteljahresbilanzen) und Medien vorgegeben wird, sich zu einem Zeithorizont weitet, in dem sinnvolle nachhaltigkeitsbezogene Entscheidungen getroffen werden können.

Andere Bereiche, in denen es umfassende Möglichkeiten gibt, durch Individualentscheidungen Veränderungen herbeizuführen, sind

- Mobilität: wo es gilt das geliebte Auto sparsam, überlegt und jedenfalls im Verbund mit öffentlichem Verkehr einzusetzen.
- Versorgung mit Lebensmitteln und alltäglichen Gebrauchsgütern: wo die Möglichkeit besteht, regionalen Warenkreisläufen den Vorzug zu geben und damit Transportwege wegfallen zu lassen und lokale Wirtschaftsformen zu unterstützen.
- Temperaturmanagement in privaten und öffentlichen Räumen: wo gerade in den gemäßigten Zonen Mitteleuropas der Verzicht auf Klimatisierung nicht allzu schwer fallen sollte.

Überhaupt geht es vor allem um die Herausbildung eines nachhaltigen Lebensstils, der nicht durch ein WAS in bestimmten Sachfragen bestimmt ist, sondern vor allem durch das WIE der Vorgehensweise.

Einige Haltungen und Vorgehensweisen seien beispielhaft genannt, in der Hoffnung, dass sich bei dem einen oder der anderen Lust aufs Einüben einstellt.

Solidarität und Wir-Gefühl (statt „Jeder ist sich selbst der nächste“) kann aus kleinen, überschaubaren Gemeinschaften in konzentrischen Kreisen in die Welt hinauswachsen. Es verhindert, dass gesamtgesellschaftliche Probleme auf dem Rücken der Schwächsten ausgetragen werden.

Teilhabe und Übertragung von Verantwortung bindet jene in Entscheidungsprozesse ein, die in erster Linie davon betroffen sind. Besonders bei der Mitwirkung von Frauen besteht nach wie vor weltweiter Nachholbedarf.

Subsidiarität siedelt Entscheidungen dort an, wo sie auf der niedrigsten Ebene von Komplexität sinnvoll gefällt werden können.

Vielfalt und Toleranz spiegeln Buntheit und Verästelung von Fauna und Flora; sie ermöglichen Miteinander und Dialog trotz Beheimatung in verschiedenen Kulturen und Traditionen.

Win-Win-Strategien können Verbesserung und somit Vorteile für alle bringen, gerade im

Bereich der öffentlichen Güter; auch in den Bereichen Liebe/Vertrauen/Geborgenheit funktioniert Aufrechnen nicht.

Natürlichkeit bietet Sicherheit. Zunehmend wird deutlich, dass Eingriffe in natürliche Abläufe Auswirkungen haben können, die erst mit großer Zeitverschiebung offenbar werden. Das Vorsorgeprinzip fordert daher behutsames Handeln.

Eine **neue Einfachheit** löst sich aus der Umklammerung der herrschenden Konsum-Ideologie und hilft, das Freisein für das Wesentliche einzuüben.

Diese Haltungen und Vorgangsweisen sind nicht die einzigen, die zu größerer Nachhaltigkeit hinführen können. Wir sollten entdeckend und erfinderisch sein, um andere anzustecken!

III. Möglichkeiten der internationalen Kooperation

1. Bilaterale Entwicklungszusammenarbeit im Energie-Bereich

Die Bedeutung von Energie in der Entwicklungszusammenarbeit wird zunehmend anerkannt. Die EU hat im Rahmen des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung zwei große Energie-Initiativen gesetzt, an deren Zustandekommen Österreich seinerzeit aktiv mitgearbeitet hat und die weiterhin umgesetzt werden:

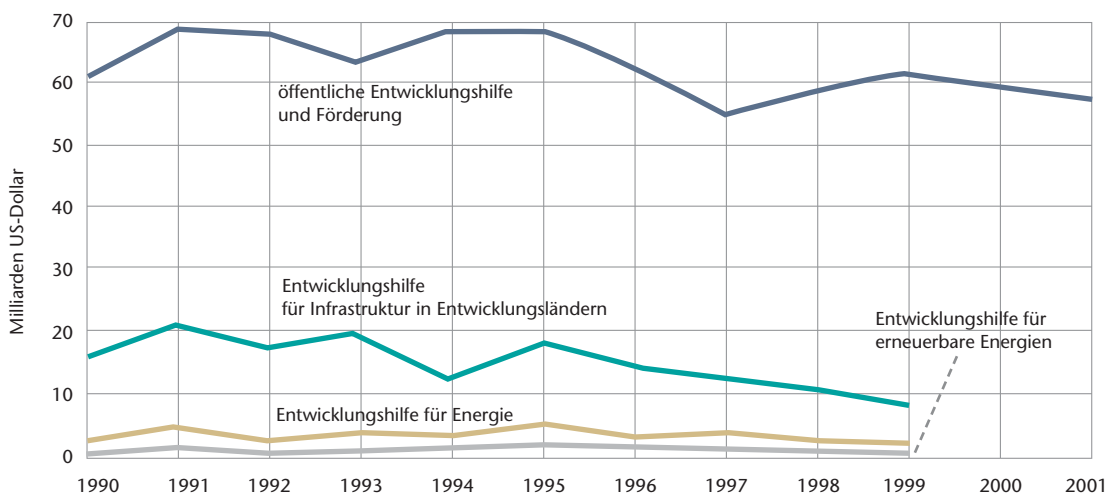


Abbildung 7
Entwicklungshilfe für Energiesysteme.
(Nach 2000 sind nicht alle Daten verfügbar.)

- Die EU Energie-Initiative zielt auf die Überwindung der Energie-Armut ab. Sie hat sich durch die Widmung der Energie-Kredite (dotiert mit 220 Mio. Euro bis Ende 2007) eine Finanzierungsmöglichkeit gegeben (Abb. 7).
- Die Johannesburg Renewable Energy Coalition (JREC) zielt darauf ab, möglichst viele Länder zu gewinnen, um erneuerbare Energie zu forcieren; JREC hat derzeit mehr als 80 Mitglieder und agiert als gleich gesinnte Gruppe mit dem Ziel, Politikveränderungen herbeizuführen.

Im Rahmen des Europäischen Konsensus über Entwicklungspolitik wird Energie nunmehr als ein Sachbereich definiert, in dem die Kommission Vorteile aufweist. Im Rahmen der Afrika-Strategie der EU werden länderübergreifende Infrastrukturen, inklusive im Energie-Bereich eine große Rolle spielen.

In der Zusammenarbeit in Klimafragen tritt die EU dafür ein, sowohl Maßnahmen zur Abschwächung von Treibhausgasereffekten als auch Maßnahmen zur Anpassung an bereits erfolgte Klima-Veränderungen in der Entwicklungszusammenarbeit zu verankern. Ein diesbezüglicher Aktionsplan für die EU-Kommission und die Mitgliedstaaten wurde 2004 formuliert.

Das im Rahmen des österreichischen EU Ratsvorsitzes organisierte hochrangige Beamten-Treffen zu Energie im Kontext der Entwicklungszusammenarbeit am 23.1.2006 wurde von den EU-Mitgliedsstaaten sehr positiv aufgenommen. Auf seiner Grundlage wurden Ratsschlussfolgerungen angenommen, die u. a. zehn von Österreich vorgeschlagene Grundüberlegungen über den Einsatz von Energie-Interventionen in der Entwicklungszusammenarbeit beinhalten.

In der bilateralen österreichischen Entwicklungszusammenarbeit werden energiepolitische Interventionen eingesetzt, um Energiedienstleistungen Armut bekämpfend, Einkommen schaffend und ökologisch verträglich bereitzustellen. Dabei wird auch die österreichische Expertise vor allem in der Wasserkraft und in anderen erneuerbaren Energien positioniert.

2. Neue Energiepolitik für Europa: Dimension der Entwicklungszusammenarbeit und des globalen Dialogs auch mit (energie-) armen Ländern ernst nehmen

Die Beschlüsse des Europäischen Rates im ersten Halbjahr 2006 sind sehr stark an Versorgungssicherheits-Kriterien für die EU-Mitgliedsstaaten orientiert. Dies ist verständlich, jedoch vom Konzept her problematisch, da die ebenso wichtigen Dimensionen der Nachfragesicherheit und der Sicherheit des Energie-Transits vernachlässigt werden. Mittelfristig sollte sich der Blick weiten und die Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern, inklusive mit energiearmen Entwicklungsländern intensiviert werden. Es wäre auch wünschenswert, mittelfristig den Begriff der „Energiesicherheit“ durch den Begriff der „Energie-Interdependenz“³ zu ersetzen.

In der Klimadebatte ist die Stabilisierung des globalen Klimas längst auch als öffentliches Gemeingut klassifiziert. Würde es nicht vielleicht auch Sinn machen, Energie-Interdependenz als öffentliches Gemeingut zu definieren ?

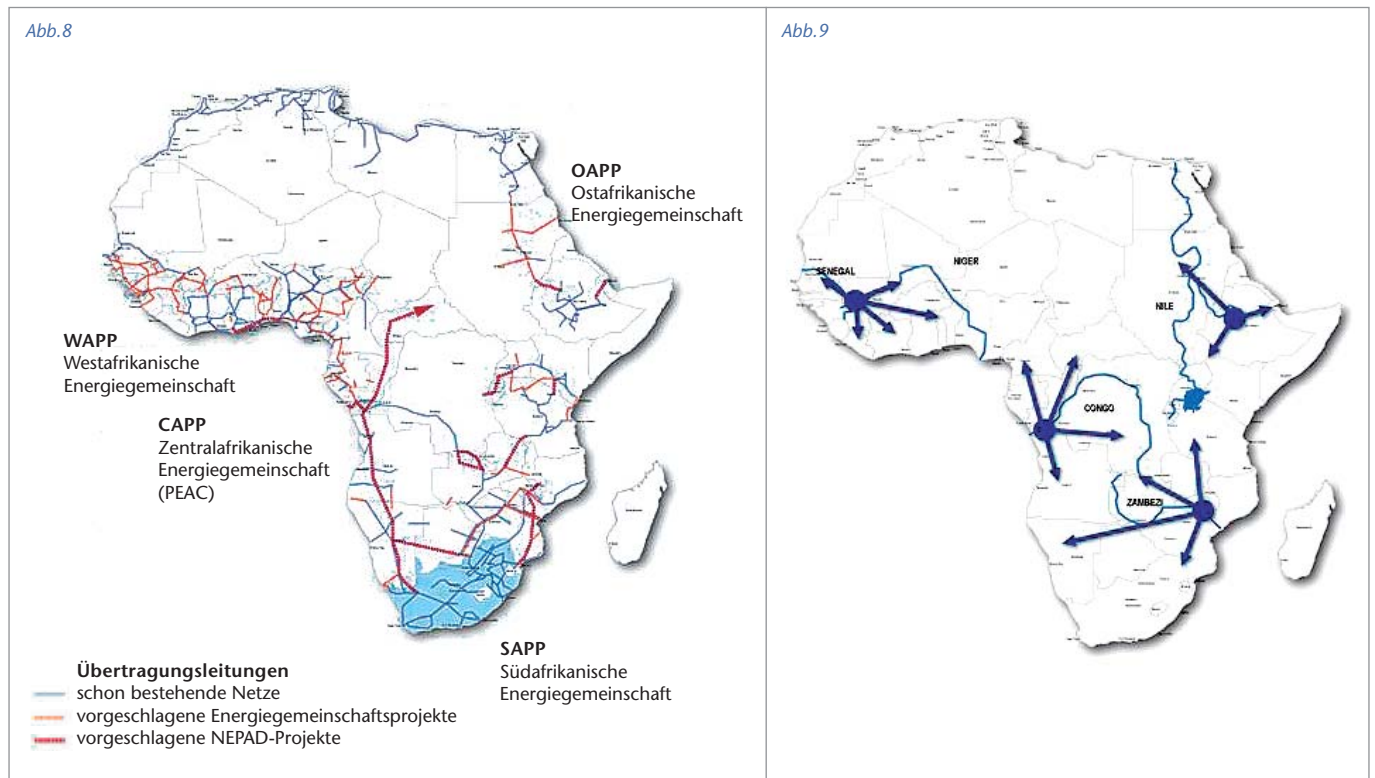
3. Chance von UNO-Prozessen nutzen: insbesondere CSD⁴ 15 und UN-Reform im Entwicklungsbereich

Die Kommission für Nachhaltige Entwicklung (CSD) beschäftigt sich 2006 und 2007 unter anderem mit Energie, Klimawandel, Luftverschmutzung und industrieller Entwicklung. Ich habe an der „Review-Session“ im Mai 2006 (CSD 14) teilgenommen und war sehr positiv berührt von der unglaublichen Aufbruchstimmung, die insbesondere auf dem afrikanischen Kontinent in einer Reihe von regionalen und nationalen Initiativen zu spüren war.

Angesichts dieser Vielfalt an Initiativen haben wir uns entschlossen, das sechste Treffen des Global Forum on Sustainable Energy, das Ende November 2006 in Wien stattfindet, unter der Devise „Africa is Energizing Itself“ ganz den Entwicklungen auf dem afrikanischen Kontinent

³ Interdependenz ist eine wechselseitige Abhängigkeit zweier oder mehr Entscheider, durch Rückwirkung der Entscheidung der einen Person auf die Entscheidung der anderen.

⁴ CSD – Commission Sustainable Development



zu widmen (Abb. 8). Programm, Tagungsunterlagen und eine Zusammenfassung der wichtigsten Punkte sind im Internet aufrufbar: www.gfse.at

Die bevorstehende „Policy Session“(CSD-15) der Kommission für Nachhaltige Entwicklung beinhaltet die Chance, Energie für nachhaltige Entwicklung stärker so zu gestalten, dass auch die Klimafrage mitberücksichtigt wird. Die bessere Zusammenführung von Klimaschutzüberlegungen mit Überlegungen zur Förderung von Energie für Nachhaltige Entwicklung wurde von CSD 14 im Mai 2006 begonnen und sollte von CSD 15 im Mai 2007 weitergeführt werden.

Die Kommission für Nachhaltige Entwicklung sollte auch genutzt werden, um auf bestehende Initiativen in unseren Partnerländern aufzubauen und Hindernisse für die Beschreitung nachhaltigerer Energiepfade aus dem Weg räumen. Damit dies geschehen kann, müssen die Empfehlungen der CSD regional- und themenspezifisch sein.

Besondere Aufmerksamkeit sollte die internationale Gemeinschaft meiner Meinung nach folgenden Punkten widmen:

- dem wiedererwachten Interesse an Wasserkraft in Afrika (Abb. 9);
- den entstehenden Märkten für Bio-Treibstoffe und dem Handel damit;
- der verbesserten Verwendung von Biomasse, um Energie-Effizienz zu erhöhen und Indoor-Verschmutzung zu verringern;
- dem überlegten Schnüren von Finanzierungspaketen, bei denen sich öffentliche und private Gelder vereinigen, um Energie für nachhaltige Entwicklung eine Wirklichkeit werden zu lassen.

Abbildung 8 Elektrische Netze in Afrika

Abbildung 9 Gebiete mit großem Wasserkraftpotenzial in Afrika

Quelle: (zu Abb. 8 und 9) Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, Interconnecting Africa: the EU-Africa Partnership on Infrastructure 13.07.2006

Auch der laufende UNO-Reformprozess beinhaltet die Chance, die institutionelle Unterstützung von Energie im Dienste der nachhaltigen Entwicklung effektiver und effizienter zu gestalten, etwa durch die Kolokation⁵ der mit Energie betrauten UN-Einheiten in geographischer Nähe. Besonders für erneuerbare Energien und Energie-Effizienz besteht Handlungsbedarf.

Literatur

- [1] Irene Freudenschuss-Reichl „Zukunftsfähig leben – Spiritualität und Praxis der Nachhaltigkeit“, Wien 2005, Hrsg. Katholische Sozialakademie Österreichs

⁵ Kolokation– Bereitstellung der technischen Voraussetzungen, um den Anschluss von neuen Marktteilnehmern zu gewährleisten

Forschung und Innovation im FVS für eine nachhaltige Energieversorgung

Forschung und Innovation im Forschungs-Verbund Sonnenenergie verfolgen zwei Ziele:

- Der FVS möchte einen innovativen Beitrag leisten für den zukünftigen Energiemix erneuerbaren Energien.
- Der FVS ist bestrebt, die Forschung und Entwicklung zu beschleunigen um den Herausforderungen einer zukünftigen Energieversorgung und der Klimaproblematik gewachsen zu sein.

Innovationen sind Treiber zur Sicherung und Verbesserung der Lebensumstände. Die Zukunft der Gesellschaft hängt maßgeblich von der Innovationsfähigkeit ab, die Forschung und Industrie hervorbringen. Wie kann Forschung Innovationen erzeugen? Innovationen sind die Endpunkte einer langen Wertschöpfungskette, die mit der Forschung beginnt. Der FVS ist dafür ein sehr gutes Beispiel. Er deckt sowohl die Grundlagenforschung ab und begleitet die Wertschöpfungskette bis in die Produktionstechnologien.

Dies soll am Beispiel der Dünnschicht-Photovoltaik erläutert werden. In und um Berlin bilden sich in der letzten Zeit viele neue Firmen für die Produktion von Dünnschichtsolarzellen. Man hofft, mit diesen Dünnschichtsolarzellen mittel- und langfristig billiger Solarzellen produzieren zu können. Damit lassen sich Nachhaltigkeitskriterien besser erfüllen.

Dies bedeutet, dass die Ressourcen langfristig gesichert werden. Der Verbrauch von Rohstoffen, Umwelt und Energie wird minimiert, so dass auch die nachfolgenden Generationen ausreichend Rohstoffe zur Verfügung haben. Nachhaltigkeit muss auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette erfüllt sein.

Abb. 1 zeigt die Linie von den neuen Forschungsergebnissen und den neuen Konzepten bis hin zur Industrieinnovation. Dafür benötigt man auf dem Gebiet der Solarenergieforschung zunächst Materialien, die die Solarenergie in elektrische Energie umwandeln können.

Deshalb ist die Grundlage aller Bestrebungen, Innovationen auf dem Gebiet der Photovoltaik zu erreichen, ein detailliertes Verständnis der Materialien der Photovoltaik: dazu gehören auch Eigenschaften, die nicht unbedingt und direkt auf die Photovoltaik-Eigenschaften einwirken. Interdisziplinarität ist also hier ein wichtiges Kennzeichen dieser Forschungen. Aus solchen Forschungsarbeiten ergeben sich dann – hoffentlich – neue Konzepte der Photovoltaik, die dadurch billiger, effizienter und materialsparender werden kann als vorher. Solche Konzepte müssen durch zielgerichtete Forschung soweit entwickelt werden, dass ihr Potenzial für einen industriellen Einsatz abschätzbar wird. An diesem Punkt entscheidet sich, ob eine Innovation möglich ist oder nicht.

Prof. Dr. Michael Steiner
HMI
Steiner@hmi.de

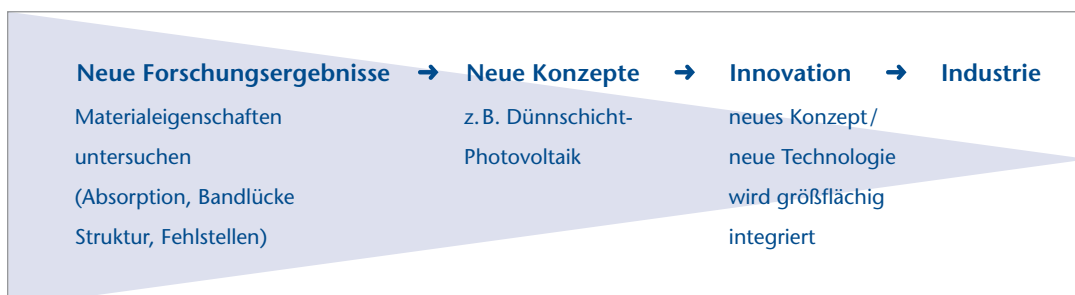
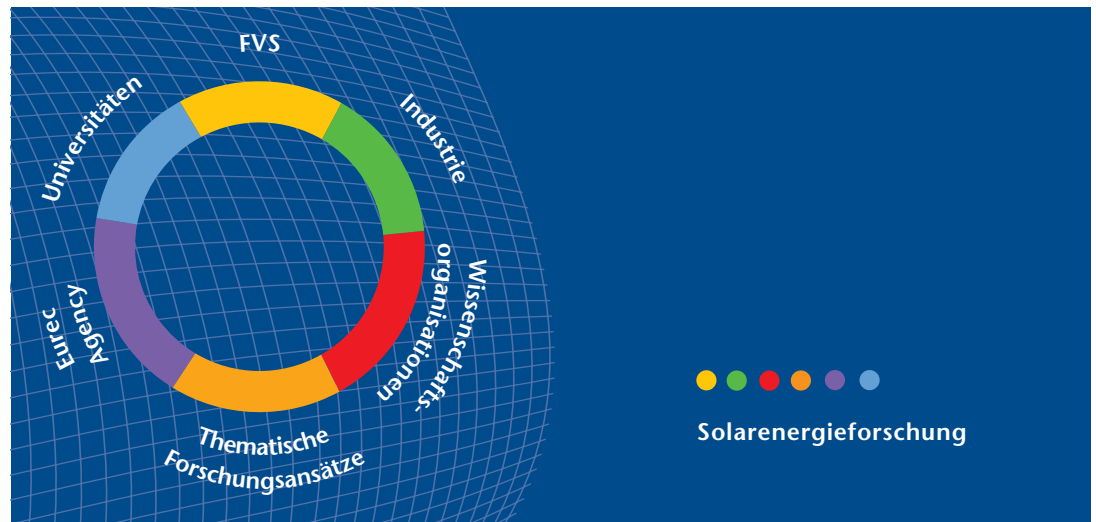


Abbildung 1
Beispiel: Dünnschicht-Photovoltaik von der Forschung zur Industrieinnovation

Quelle: HMI / FVS Jahrestagung 2006

Abbildung 2
Über die Zusammenarbeit seiner Mitglieder hinaus bietet der FVS eine offene Kooperationsstruktur für alle interessierten Partner aus Industrie, Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Politik.



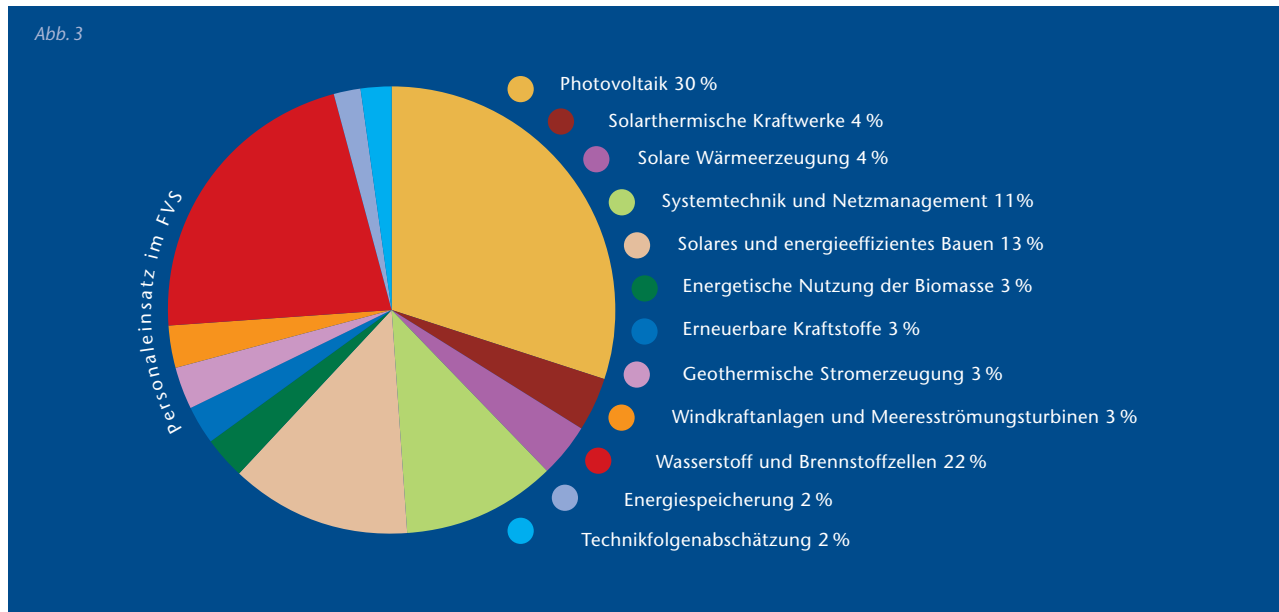
Was jetzt folgt, sind Entwicklungsarbeiten auf vorindustrieller und industrieller Ebene. Danach wird sich zeigen, ob aus der langen Kette von Forschung und Entwicklung eine Innovation entstanden ist, die einen qualitativen Sprung in der Technologie der Photovoltaik ergibt.

Zwei Dinge sind klar: ein solcher Prozess dauert lange, erfordert also neben Kreativität und höchster Leistung auch Geduld; es ist aber nicht klar, ob überhaupt eine Innovation erreicht wird: Forschungsergebnisse sind nicht planbar. Aus diesen Feststellungen ergeben sich Konsequenzen für die Arbeit des FVS, die langfristig über seinen Erfolg entscheiden:

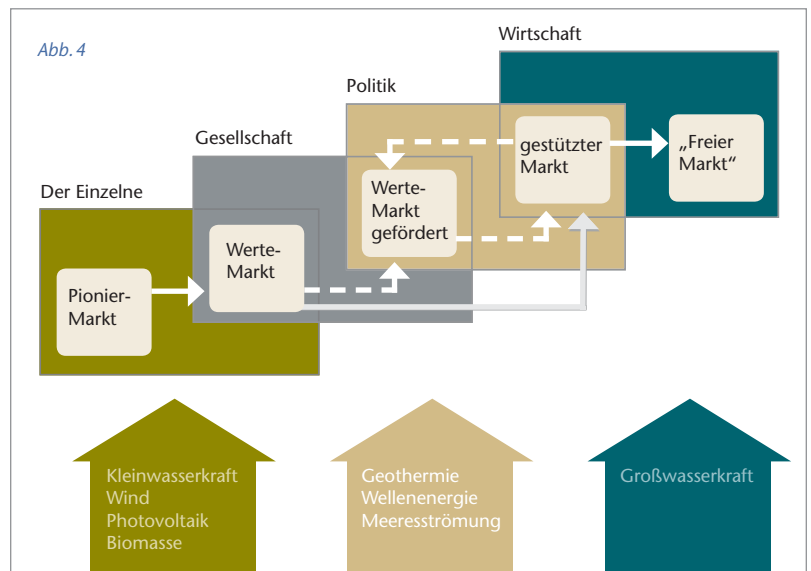
- Nicht nur unsere Ergebnisse müssen zur Nachhaltigkeit beitragen, auch unsere Forschung und Entwicklung muss auf Nachhaltigkeit angelegt werden. Das bedeutet etwa, dass die grundlegenden Arbeiten breit und langfristig angelegt sein müssen. Fokussieren kann und muss man erst im letzten Drittel der Wertschöpfungskette.
- Innovationen sind nicht planbar und deshalb sind breite interdisziplinär angelegte und langfristige Forschung und Entwicklung erforderlich.
- Die Mitglieder des FVS arbeiten arbeitsteilig, sie arbeiten gemeinsam mit Hochschulen und sie suchen die Kooperation mit der Industrie.

Der FVS arbeitet daran, die Energieversorgung der Zukunft nachhaltig sicher zu stellen. Im ForschungsVerbund Sonnenenergie stimmen die Institute die Themen untereinander und miteinander ab. Darüber hinaus brauchen wir die Kooperation mit anderen Instituten, mit Hochschulen und mit der Wirtschaft (Abb. 2). Dabei arbeiten wir auf Gebieten zusammen, die an vielen Stellen komplementär sind. Besonders an den Hochschulen werden oft entscheidende Fortschritte in grundlegenden Fragen gemacht, die auch für uns nützlich sind. Genauso intensiv kooperieren wir mit der Industrie. Denn hier liegt ist ein wesentlicher Teil des Weges vom Forschungsergebnis zur Innovation.

Zur Orientierung nutzen wir die Systemanalyse. Systemanalytische Ansätze dienen dazu, die technologischen, ökonomischen und ökologischen Konsequenzen unserer Tätigkeit zu erkennen. Denn schon im Vorfeld muss man abklären, ob ein bestimmter Weg gangbar ist im Gesamtzusammenhang von Wissenschaft, Technik, Wirtschaft und Ökologie. Und auch während dieser Weg gegangen wird, muss man immer wieder prüfen, ob wir in die richtige Richtung gehen oder ob wir Korrekturen anbringen müssen. Diese Breite und die Vielfalt der Forschungen erfordert dabei auch eine transdisziplinäre Herangehensweise, bei der naturwissenschaftliche Erkenntnisse mit geisteswissenschaftlichen in Wechselwirkung treten.



Die Gesellschaft sucht nach einer sicheren Energieversorgung – einer nachhaltigen Energieversorgung. Der Forschungsverbund Sonnenenergie nimmt diese Herausforderung an. Dafür braucht er eine Förderung, die es den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ermöglicht, in erforderlichem Umfang kontinuierlich zu forschen. Das heißt, die Finanzierung der Forschung muss nachhaltig gesichert sein, um schließlich wirklich in die Nähe der Technologie zu kommen. Wir sind dankbar, dass in den letzten Jahren diese Bedingungen einigermaßen erfüllt werden. Das ist auch ein Erfolg des Forschungsverbunds Sonnenenergie, diese Nachhaltigkeit der Forschung mit zu sichern.



Um die technologischen Komponenten einer nachhaltigen Energieversorgung zu entwickeln ist es wichtig, die Solarenergieforschung mit einem breiten Themenspektrum zu bearbeiten. (Abb. 3).

Auf der FVS-Jahrestagung 2006 wird die ganze Breite der Forschung mit ihren Nachhaltigkeitsaspekten vorgestellt. Wir werden zeigen, an welchen Technologien die Institute des FVS arbeiten, was der Stand von Photovoltaik, Biomasse, Solarthermie und Geothermie ist. Wir werden über Wärme, Brennstoffe und Speicherung vortragen und wie sie zur Nachhaltigkeit beitragen.

Wir werden über Versorgungsstrukturen informieren und welche Anforderungen die erneuerbaren Energien an die Energiesysteme stellen. Denn die fluktuierenden Energiequellen, wie Solarenergie oder Windenergie müssen in die Versorgungsstrukturen integriert werden. Und wir werden darüber berichten, wie die erneuerbaren Energien in Markt, Politik und Gesellschaft zur Wirkung kommen (siehe auch Abb. 4).

Abbildung 3
Themenspektrum des Forschungsverbunds Sonnenenergie

Abbildung 4
Entwicklung des erneuerbaren Energiemarkts (nach Thyge Weller [1])

Abbildung 5
Präsentation des HMI
Schülerlabors auf
der Jahrestagung 2006



Ich freue mich besonders auf die Ausstellung „Nachhaltigkeit im Unterricht“. Denn wir brauchen den Nachwuchs in den Naturwissenschaften und in den Ingenieurwissenschaften und den bekommen wir nur, wenn wir die jungen Leute für diese große Aufgabe begeistern und sie an den Lösungen beteiligen. Die Erfahrungen, die wir mit dem Schülerlabor des HMI haben, sind sehr gut (Abb.5). Sie zeigen, dass es dringend und auch wichtig war, so etwas aufzubauen. Deshalb freue ich mich, dass wir auch hier auf die Möglichkeiten aufmerksam machen können, damit solche Projekte in viel größerem Maße unterstützt werden. Auch dafür brauchen wir den Gedankenaustausch hier auf der Tagung.

Literatur

- [1] Thyge Weller „Die Rolle der Gesellschaft für die Durchsetzung erneuerbarer Energien“
FVS Themenheft 2001 S. 128

Leitlinien für eine nachhaltige Energieversorgung

Nachhaltigkeit und Energieversorgung

Die Suche nach Zielen, Kriterien und Strategien für die Entwicklung der Menschheit ist aufgrund zunehmender Herausforderungen zu einem beherrschenden Thema in den Wissenschaften, der Politik und der Öffentlichkeit geworden.

Der Begriff „nachhaltige Entwicklung“ prägt die Diskussionen, wenn es um einen schonenden Umgang mit unserer natürlichen Umwelt, um eine gerechtere Verteilung des Wohlstands und um eine humane Gestaltung der Lebensgrundlagen für alle Menschen geht. Definiert ist Nachhaltigkeit durch die UN-Kommission für Umwelt und Entwicklung (nach ihrer damaligen Vorsitzenden auch Brundtland Kommission genannt) im Jahr 1987:

„Nachhaltige Entwicklung befriedigt die Bedürfnisse der heutigen Generation, ohne die Fähigkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihre eigenen Lebensstile zu wählen.“

Die Frage der Energieversorgung spielt für eine nachhaltige Entwicklung eine zentrale Rolle. Ihre Verfügbarkeit und die Art ihrer Nutzung wirkt sich praktisch in allen Bereichen des sozialen, ökonomischen, ökologischen und politischen Handelns aus, beeinflusst den Zustand von Umwelt und Klima und hat starken Einfluss auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit eines Landes. Vielfach entscheidet sie auch über ein friedliches oder konfliktbelastetes Zusammenleben von Völkern.

Die Energienutzung ist nachhaltig, wenn sie auf einer ausreichenden und dauerhaften Verfügbarkeit von geeigneten Energieressourcen basiert und zugleich die negativen Auswirkungen von Energiebereitstellung, -transport und -nutzung begrenzt.

Leitlinien und Handlungsanweisungen

Um das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung praktisch umsetzen zu können, bedarf es konkreter Leitlinien und Handlungsanweisungen.

Aufbauend auf Vorschlägen nationaler und internationaler Organisationen zur Konkretisierung des Nachhaltigkeitsbegriffs wurden im Rahmen des von der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungseinrichtungen (HGF) geförderten Verbundprojekts „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ auch energiespezifische Leitlinien definiert (Tab. 1), die als Orientierung für die Entwicklung energiepolitischer Handlungsstrategien dienen. Dem Verständnis von Nachhaltigkeit entsprechend sind diese Leitlinien als Mindestanforderung an eine nachhaltige Entwicklung zu verstehen:

Dr. Wolfram Krewitt
DLR
wolfram.krewitt@dlr.de

Dr. Joachim Nitsch
DLR
joachim.nitsch@dlr.de

Dr. Ole Langniß
ZSW
ole.langniss@zsw-bw.de

Dr. Manfred Fishedick
Wuppertal Institut
manfred.fishedick@wupperinst.org

*Tabelle 1
Leitlinien für eine
weltweit nachhaltige
Entwicklung [1]*

- (1) **Zugang für alle und Verteilungsgerechtigkeit:** Für alle Menschen sind vergleichbare Chancen des Zugangs zu Energieressourcen und zu Energiedienstleistungen zu gewährleisten.
- (2) **Ressourcenschonung:** Kommenden Generationen ist die Nutzungsmöglichkeit für die verschiedenen Energieressourcen offen zu halten oder es müssen vergleichbare Optionen der Bereitstellung von Energiedienstleistungen geschaffen werden.
- (3) **Umwelt-, Klima- und Gesundheitsverträglichkeit:** Die Anpassungs- und Regenerationsfähigkeiten natürlicher Systeme (der Umwelt) dürfen durch energiebedingte Emissionen und Abfälle nicht überschritten werden. Gefahren für die menschliche Gesundheit – etwa durch Akkumulation problematischer Schadstoffe – sind zu vermeiden.
- (4) **Soziale Verträglichkeit:** Bei der Gestaltung von Energieversorgungssystemen ist zu gewährleisten, dass allen Betroffenen die Teilhabe an den jeweiligen Entscheidungsprozessen möglich ist. Die Handlungs- und Gestaltungsspielräume von wirtschaftlichen Akteuren bzw. von Gemeinwesen dürfen durch diese Systeme nicht eingeengt werden, sondern sind möglichst zu erweitern.
- (5) **Risikoarmut und Fehlertoleranz:** Die bei der Energieerzeugung und -nutzung unvermeidlich auftretenden Risiken und Gefahren sind zu minimieren sowie in ihrer räumlichen und zeitlichen Ausdehnung zu begrenzen. Bei ihrer Bewertung sind auch fehlerhaftes Verhalten, unsachgemäße Handhabung, mutwillige Zerstörung und Missbrauchsmöglichkeiten zu berücksichtigen.
- (6) **Umfassende Wirtschaftlichkeit:** Energiedienstleistungen sollen – in Relation zu anderen Kosten des Wirtschaftens und des Konsums – zu vertretbaren Kosten bereitgestellt werden. Das Kriterium der „Vertretbarkeit“ bezieht sich dabei zum einen auf die im Zusammenhang mit der Energieerzeugung oder -nutzung entstehenden einzelwirtschaftlichen Kosten, zum anderen bezieht es sich auch auf die gesamtwirtschaftlichen Kosten unter Berücksichtigung der externen ökologischen und sozialen Kosten.
- (7) **Bedarfsgerechte Nutzungsmöglichkeit und dauerhafte Versorgungssicherheit:** Die zur Befriedigung von Bedürfnissen erforderliche Energie muss dauerhaft, in ausreichender Menge sowie zeitlich und räumlich bedarfsgerecht zur Verfügung stehen. Dies verlangt eine hinreichend diversifizierte Energieversorgung, um auf Krisen reagieren zu können und um Handlungsspielräume für die Zukunft zu erhalten bzw. zu vergrößern. Auch sind leistungsfähige und flexible Versorgungsstrukturen zu schaffen und aufrecht zu halten, die gut mit den bestehenden Siedlungsstrukturen harmonieren.
- (8) **Internationale Kooperation:** Die Weiterentwicklung von Energiesystemen soll durch Verknappung von Ressourcen bedingte Konfliktpotenziale zwischen Staaten vermindern bzw. beseitigen und ihre friedliche Kooperation durch gemeinsame Nutzung der jeweiligen Fähigkeiten und Potenziale fördern.

Misst man die heutige Energieversorgung an diesen Leitlinien, so lassen sich leicht die wesentlichen Nachhaltigkeitsdefizite erkennen, die den dringenden Handlungsbedarf aufzeigen:

- Der übermäßige Verbrauch begrenzter fossiler Rohstoffe führt inzwischen zu spürbaren wirtschaftlichen, sozialen und auch geopolitischen Verwerfungen.
- Der Ausstoß von Klimagasen ist mitverantwortlich für die sich abzeichnende globale Klimaveränderung. Die Industrieländer sind für rund 90% der bis heute durch den Energieeinsatz entstandenen CO₂-Emissionen verantwortlich. Das starke wirtschaftliche Wachstum der Schwellenländer führt zu weiteren deutlichen Anstiegen.
- Die Entwicklungschancen sind global sehr unterschiedlich verteilt. In den ärmsten Ländern der Welt muss die Bevölkerung pro Kopf mit einem Dreißigstel der Energie eines Nordamerikaners auskommen. Nach wie vor haben rund 2 Milliarden Menschen auf der Erde keinen Zugang zu elektrischer Energie, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Bildungs- und Entwicklungschancen.
- Die Kernenergienutzung bringt Risiken mit sich durch die Möglichkeit eines Kernschmelzunfalls, durch die notwendige Behandlung und dauerhafte Lagerung von Abfallstoffen und durch Proliferation. Die gegenwärtige Iran-Krise zeigt, wie schnell ein Konflikt um die Atomenergienutzung die Weltgemeinschaft an die Schwelle einer militärischen Auseinandersetzung führen kann.

Wege zu einer nachhaltigen Energieversorgung

Auch wenn im Detail Interpretationsspielräume bestehen, so können aus der Analyse der bestehenden Nachhaltigkeitsdefizite prinzipielle Schlüsse gezogen werden:

- Die zukünftige Energieversorgung darf sich nicht weiterhin beinahe ausschließlich auf fossile und nukleare Energieträger stützen.
- Um den acht Leitlinien einer nachhaltigen Energieversorgung möglichst nahe zu kommen, ist eine deutlich effizientere Energie-

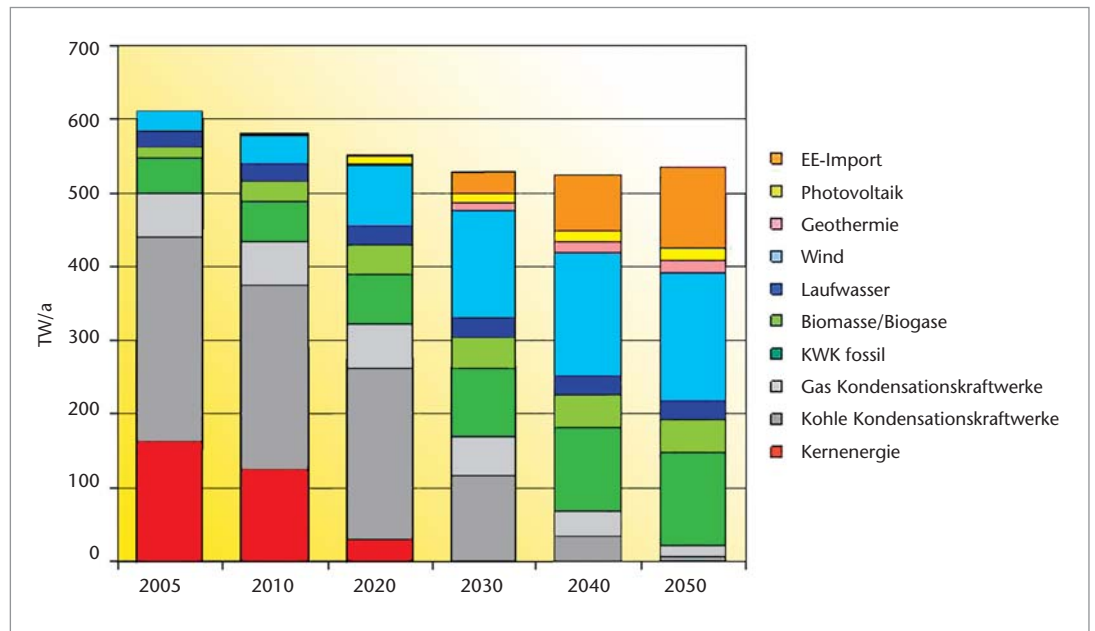
nutzung aller Energieträger und die Substitution endlicher Energieressourcen durch Energien aus natürlichen Energieströmen notwendig.

Es hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass nur eine deutliche Steigerung des Beitrags erneuerbarer Energien im Verbund mit der Effizienzsteigerung die Chance bietet, in einen nachhaltigen Energiepfad einzuschwenken (vgl. auch die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung [5]). Dank intensiver Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten stehen uns inzwischen Technologien zur Verfügung, mit denen aus erneuerbaren Energiequellen Energiedienstleistungen auf einem Niveau angeboten werden können, wie wir es von der fossilnuklearen Energieversorgung gewohnt sind. Auch die Kosten hierfür sind zunehmend erschwinglich, insbesondere dann wenn diese Technologien in großem technischem Maßstab eingesetzt und dabei alle Kostensenkungspotenziale ausgeschöpft werden. Erneuerbare Energien bieten einen Ausweg aus stetig steigenden Rohstoffpreisen und Klimaschutzkosten.

Ein besonderes Kennzeichen ist die große Vielfalt der möglichen Energiequellen und -technologien, die in einem Leistungsbereich von wenigen Watt bis zu Hunderten von Megawatt eingesetzt werden können. Dadurch können sie an jegliche Art der erforderlichen Energiedienstleistung angepasst und in enger Verzahnung mit modernen Anlagen konventioneller Energietechniken zur Nutzung fossiler Energien eingesetzt werden.

Einen besonderen Beitrag kann der Ausbau erneuerbarer Energien für den Klimaschutz leisten. Um die Auswirkungen des Klimawandels in akzeptablen Grenzen zu halten, ist eine Stabilisierung der globalen CO₂-Konzentration bei 450 ppm notwendig. Es ist ein wesentliches Nachhaltigkeitsziel der Bundesregierung, bis zur Mitte dieses Jahrhunderts die energiebedingten CO₂-Emissionen um 80% (gegenüber 1990) zu reduzieren. Ein an diesem Ziel orientiertes Langfristszenario, das von Nitsch et al. [3] für das Bundesumweltministerium entwickelt wurde, zeigt, dass eine konsequente Effizienzstrategie bis 2050 eine Reduktion des Primärenergieverbrauchs auf nahezu die Hälfte

Abbildung 1
Entwicklung der
Stromerzeugungsstruk-
turen in dem Szenario
NaturschutzPlus
(aktualisiert [3])



gegenüber 2005 bewirkt. Dies erleichtert, den erneuerbaren Energien einen maßgeblichen Beitrag zur Energieversorgung bilden zu können, wie in *Abb. 1* beispielhaft für den Stromsektor dargestellt.

Folgen andere Länder dieser Strategie, können neben den heimischen erneuerbaren Energiequellen auch ausländische kostengünstige Ressourcen genutzt werden. Mit erneuerbaren Energien können viele der heutigen Entwicklungsländer im Sonnengürtel der Erde zu Energielieferanten werden [4]. Durch die gemeinsame Nutzung der jeweiligen Fähigkeiten und Potenziale geben solche Energiepartnerschaften neue Impulse für eine friedliche Kooperation zwischen dem „Norden“ und dem „Süden“.

Forschung und Entwicklung als Wegbereiter für eine nachhaltige Energieversorgung

Der oben skizzierte Weg in eine nachhaltige Energieversorgung ist mit Herausforderungen an die Gesellschaft verbunden, die nur mit technischen und sozialen Innovationen zu bewältigen sind. Grundlegende Voraussetzung für einen Entwicklungspfad, wie er in dem oben dargestellten Szenario beschrieben wird, ist die Umsetzung neuer Energietechnologien aus dem

Labor in die Marktreife, die sukzessive Verbesserung technischer Parameter, und die Ausschöpfung der Potenziale zur Kostenreduktion.

Abb. 2 zeigt am Beispiel der Photovoltaik, wie durch technisches Lernen die Kosten für eine Schlüsseltechnologie zur Nutzung erneuerbarer Energien über Jahrzehnte hinweg kontinuierlich bis in den Bereich der Wirtschaftlichkeitsschwelle gesenkt werden konnten. Wichtige Voraussetzung für das Durchlaufen einer solchen Lernkurve ist das Zusammenspiel von grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung auf der einen und rechtzeitigen Anreizen für eine Marktentwicklung auf der anderen Seite. Aber auch ein langer Atem und die Bereitschaft, die notwendigen Vorleistungen zu tragen, gehören dazu – die gerechte Verteilung von Kosten und Nutzen über Generationengrenzen hinweg ist ein wichtiger Aspekt nachhaltiger Entwicklung.

Zu den Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung gehört auch die Erhaltung und Verbesserung des Human- und Wissenskapitals. Denn das wesentliche Ziel von Wissensgenerierung für eine nachhaltige Entwicklung liegt im Erwerb von Gestaltungskompetenz, wozu insbesondere die Fähigkeit zu vorausschauendem und vernetzten Denken sowie zur distanzierten Reflexion von Leitbildern gehört [2]. Zu den Kriterien einer am Nachhaltigkeitsbild orientierten Forschungs- und Technologiepolitik gehören:

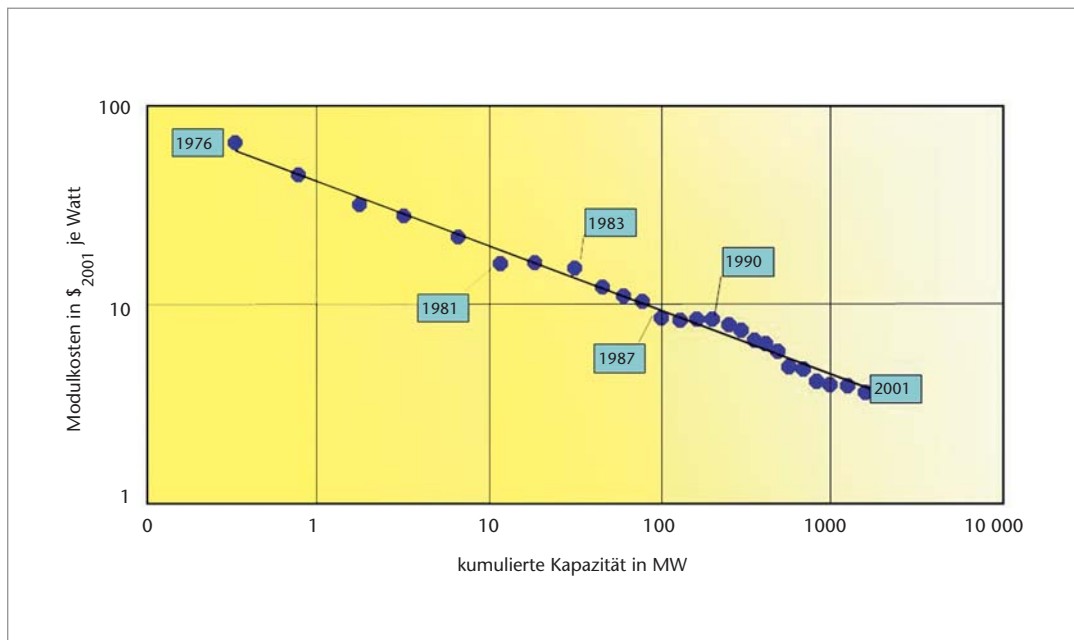


Abbildung 2
Lernkurve für Photo-
voltaik-Module

- problemorientierte Interdisziplinarität
- Verknüpfung von grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung und
- die Orientierung an gesellschaftlichen Bedürfnissen.

Mit seinen Zielen und den Kooperationsstrukturen eines dezentralen Forschungsnetzwerks geht der Forschungsverbund Sonnenenergie auf diese Anforderungen ein und trägt durch die Forschung in allen Bereichen erneuerbarer Energien dazu bei, dem Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung schrittweise näher zu kommen.

Literatur

- [1] Kopfmüller, J., Coenen, R., Jörisen, J., Langniß, O., Nitsch, J. (2000): Konkretisierung und Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltige Entwicklung für das Aktivitätsfeld Energie. Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 6578. Karlsruhe
- [2] Kopfmüller, J., Brandl, V., Jörisen, J., Paetau, M., Banse, G., Coenen, R., Grunwald, A. (2001): Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Edition sigma, Berlin
- [3] Nitsch, J., Krewitt, W., Peht, M., Reinhardt, G., Fishedick, M. u.a. „Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland.“ Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ 901 41 803). DLR, ifeu, WI, Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal, März 2004. <http://www.bmu.de/erneuerbare/energien/doc/5650.php>
- [4] Trieb, F., et al. (2006): Trans-Mediterranean interconnection for concentrating solar power <http://www.dlr.de/tt/institut/abteilungen/system/projects/Stk/TRANS-CSP/>
- [5] Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, Kabinettsbeschluss vom 10. August 2005

Energiemeteorologie – Das fluktuierende Angebot aus Wind- und Sonnenenergie berechenbar machen

Dr. Detlev Heinemann
Universität Oldenburg
detlev.heinemann@
uni-oldenburg.de

Carsten Hoyer-Klick
DLR
carsten.hoyer@dlr.de

Dr. Bernhard Lange
ISET
blange@iset.uni-kassel.de

Einleitung

Die rasante Entwicklung der erneuerbaren Energien hat einen bislang eher verborgenen Einfluss auf die Energieversorgung zu Tage treten lassen: Wetter und Klima bestimmen wegen des räumlich und zeitlich schwankenden Angebots der neuen „Brennstoffe“ Sonne und Wind zunehmend größere Anteile am Energieangebot. Somit spielen meteorologische Informationen eine Schlüsselrolle für einen wirtschaftlichen Einsatz dieser neuen Technologien.

Die Planung künftiger Solar- und Windkraftwerke erfordert detailliertes Wissen über die potenziell verfügbare Energie an einem bestimmten Standort, der wirtschaftliche Betrieb dieser Anlagen bedarf präziser Vorhersagen über das aktuelle Energieangebot, und die Entwicklung kommender Generationen von Anlagen wird nicht ohne eine detaillierte Spezifikation der relevanten meteorologischen Bedingungen auskommen.

Diesem Bedarf an Know-how und Information stellt sich das interdisziplinäre Forschungsgebiet Energiemeteorologie. An der Schnittstelle zwischen Atmosphärenphysik und der Energiesystemforschung angesiedelt, behandelt sie grundsätzlich die vielfältigen Einflüsse von Wetter und Klima auf Umwandlung, Übertragung und Nutzung von Energie.

Merkmal der Energiemeteorologie ist die Verknüpfung von meteorologischen mit physikalisch-technischen Fragestellungen:

- Die Entwicklung neuer, angepasster Methoden und
- die Bereitstellung anwendungsspezifischer meteorologischer Information für den Energiesektor.

Energie und Wetter: meteorologische Information in der Energieversorgung

Der stark zunehmende Bedarf an meteorologischer Information in der Energieversorgung geht einher mit weiteren „informationshungrigen“ Strukturveränderungen. Entflechtung, Stromhandel, Dezentralisierung mit vielfältiger Erzeugungsstruktur, Last- und Netzmanagement stellen neue Anforderungen an die Bereitstellung und Verteilung von energiebezogener Information. In dieser Konstellation sind präzise Informationen über das Angebot von Sonnen- und Windenergie wesentliche Voraussetzungen für einen effizienten Einsatz dieser neuen Technologien.

Grundsätzlich lassen sich energiemeteorologische Methoden entsprechend der Anwendung einordnen:

- Verfahren der Ressourcenabschätzung mit ihrem Bedarf an klimatologischen Zeiträumen; hier können numerische Modelle als auch Fernerkundungsdaten heran gezogen werden.
- Dagegen verlangt der operationelle Betrieb von Energiesystemen zeitnahe Informationen aus der Atmosphäre für Vorhersage und Überwachung.
- Spezielle Informationen sind wiederum nötig, um die Technologie der Energiewandler weiter zu optimieren (hoch aufgelöste Turbulenzdaten in der Windenergie, spektral aufgelöste Solarstrahlung).
- Eine großräumig optimierte Integration verteilter Solar- und Windenergie-Kraftwerke schließlich bedarf statistischer Analysen der fluktuierenden Leistung aus den verschiedenen Quellen und Standorten.

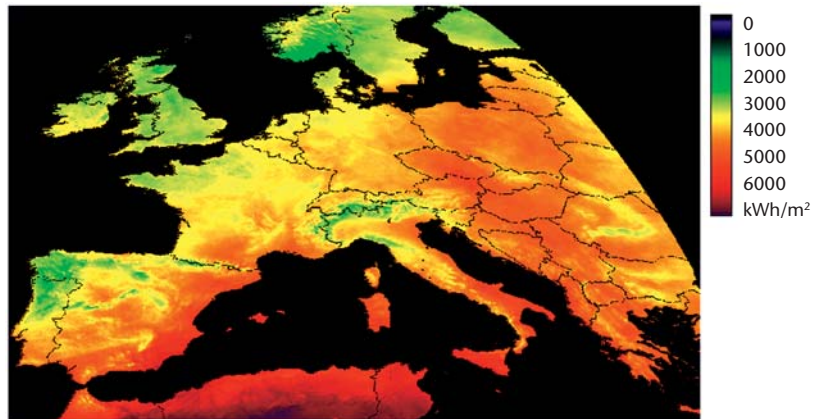
Die Anforderungen an meteorologische Informationen sind dabei durch die Anwendungen bestimmt: räumliche Auflösung (Gebiets- oder Punktinformation), zeitliche Verfügbarkeit (z. B. Near-Real-Time für den Betrieb, Langzeitdaten für die Planung), Vorhersagen, Information zur Unsicherheit der Daten, Kopplung verschiedener Datenquellen (Satelliten- und Bodendaten, numerische Modelle).

Langzeiteinflüsse (z. B. von Vulkanausbrüchen auf die Direktstrahlung) sind ebenso Gegenstand der Energiemeteorologie wie eine Abschätzung von langfristigen klimabedingten Änderungen der Potenziale von Wind- und Solarenergie. Mögliche Veränderungen des lokalen Klimas durch die Energieerzeugung selbst (u. a. durch Reflektion an großen Solaranlagen, Reduzierung der Windgeschwindigkeit im Lee großer Windparks) zeigen einen weiteren Bedarf energiemeteorologischer Forschung auf.

Beispiele aus der Sonnen- und Windenergie

Fernerkundung der Solarstrahlung

Satellitendaten sind für Meteorologie und Klimatologie neben Bodendaten die wesentliche Informationsquelle. So liefern sie auch für die Bestimmung der Strahlungsbilanz in der Atmosphäre die entscheidenden Daten. Über die gemessene Rückstreuung der solaren Einstrahlung am Oberrand der Atmosphäre und der Anwendung der Prinzipien des Strahlungstransportes lässt sich grundsätzlich die Strahlungsflussdichte am Erdboden berechnen. Die hierzu erforderliche genaue Kenntnis über Zusammensetzung und Zustand der Atmosphäre macht weitere Satellitendaten, aber auch Annahmen und Vereinfachungen zur „Modellphysik“ nötig. Mit diesen Verfahren gelingt es, aus den Daten geostationärer Satelliten Abschätzungen des Solarenergieangebotes am Erdboden zu machen, deren Genauigkeit z. B. für Monatsmittelwerte mit Bodenmessungen vergleichbar ist. Die räumliche Auflösung der Satelliteninformation (typisch: 5 km) ist jedoch der der Bodenmessnetze weit überlegen.



Neueste Verfahren wie das HELIOSAT-3 Verfahren¹ nutzen Daten der neuen Generation geostationärer Satelliten (ab METEOSAT-8) mit deutlich erhöhter spektraler Auflösung, die neben der Rückstreuung im sichtbaren Spektralbereich durch geeignete Infrarot-Kanäle vielfältige weitere Information – insbesondere über die Bewölkung – bereit stellen und ein genaueres Bild der Atmosphäre liefern. Dieser Zuwachs an Information ist verbunden mit einer gegenüber den Vorgängersatelliten verdoppelten räumlichen und zeitlichen Auflösung. Dies sind gute Voraussetzungen, um vielfältige, für die Anwendungen wichtige Solarstrahlungsinformationen zu gewinnen.

Abbildung 1
Solarstrahlungskarte
für Europa (April 2005)

Quelle:
Universität Oldenburg

Satellitendaten in der Solarenergie

Eine nahe liegende Anwendung von satellitenbasierten Solarstrahlungsdaten sind Kartierungen des Solarenergiepotenzials (*Abb. 1*)

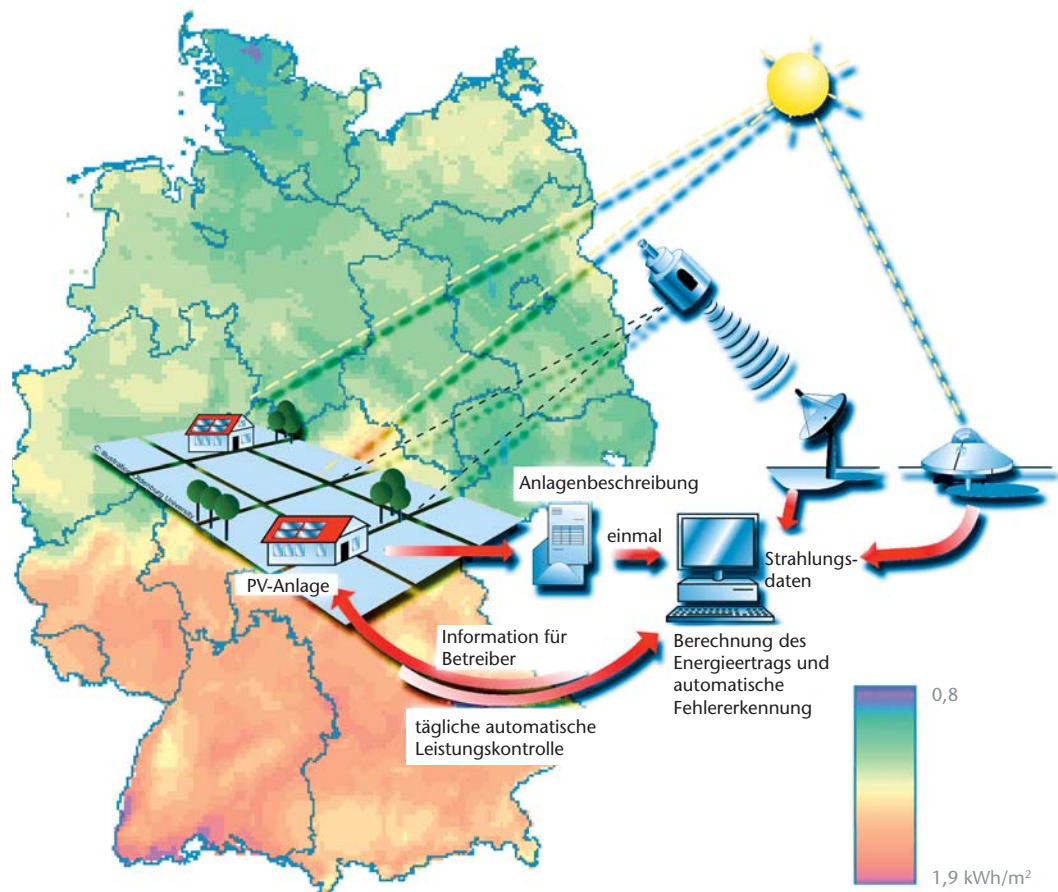
Die hohe räumliche Auflösung liefert Datenprodukte, zum Beispiel für die sonnenreichen Länder Afrikas, in denen verlässliche Bodenmessdaten meist nicht existieren.

Diese Datenquelle erlaubt darüber hinaus die Untersuchung der räumlich-zeitlichen Variabilität der Solarstrahlung in bisher nicht zugänglichem Maße, die für eine statistische Betrachtung der gleichzeitigen Erzeugung in räumlich verteilten, vernetzten Systemen notwendig ist.

¹ Verfahren zur Berechnung der solaren Einstrahlung am Erdboden aus Satellitendaten.

Abbildung 2
Schema der Ertrags-
überwachung von
Photovoltaikanlagen
(PVSAT)

Quelle:
Universität Oldenburg



Zusammen mit kleinskalig verfügbaren Bodenmessungen lässt sich auf diese Weise ein umfassendes Bild der statistischen Eigenschaften der Solarstrahlung gewinnen. Satellitendaten dienen auch zur Sicherstellung eines dauerhaft effizienten Betriebs von Solaranlagen (PVSAT²).

Auf der Grundlage dieser Daten wird die Solarstrahlung auf die Solarmodule in zum Beispiel stündlicher Auflösung bestimmt. Mit den einmalig bestimmten Anlagendaten, wie Geometrie, Modultyp und Wechselrichter wird die entsprechende Anlagenleistung simuliert. Ein automatisierter Vergleich mit dem jeweiligen Ertrag gibt Auskunft über die Qualität des Anlagenverhaltens und über einen Fehlererkennungsalgorithmus über Ursachen einer möglichen Abweichung (Abb. 2).

Hochaufgelöste Solarstrahlungsdaten vom Satellit sind die Grundlage für so genannte GIS³ Standortanalysen. Dabei erhält man Informationen über das Strahlungsmikroklima, die zusammen mit Infrastrukturdaten, geografischer und ökonomischer Daten zu einer umfassenden Darstellung der technischen und ökonomischen Performance von zum Beispiel solarthermischen Kraftwerken verwendet werden (STEPS⁴). Dies ist eine wichtige Voraussetzung für eine systematische Projektentwicklung und Standortwahl für größere Solarkraftwerksprojekte.

Vorhersage von Wind- und Sonnenenergie

Die zeitliche Verfügbarkeit von Energie ist ein wesentlicher wertbestimmender Faktor. Die schwankenden Beiträge aus Wind- und Sonnenenergie erfordern daher Maßnahmen, diese Unsicherheiten grundsätzlich zu reduzieren, indem präzise Informationen über die zu erwartende Erzeugung – anwendungsabhängig in unter-

² Das PVSAT-(PhotoVoltaicSATellite-)Verfahren ermöglicht eine Berechnung der Energieerträge von netzgekoppelten PV-Anlagen auf der Basis von Satellitendaten.
³ GIS – geographisches Informationssystem
⁴ STEPS – Evaluation System for Solar Thermal Power Stations

schiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen – bereit gestellt wird.

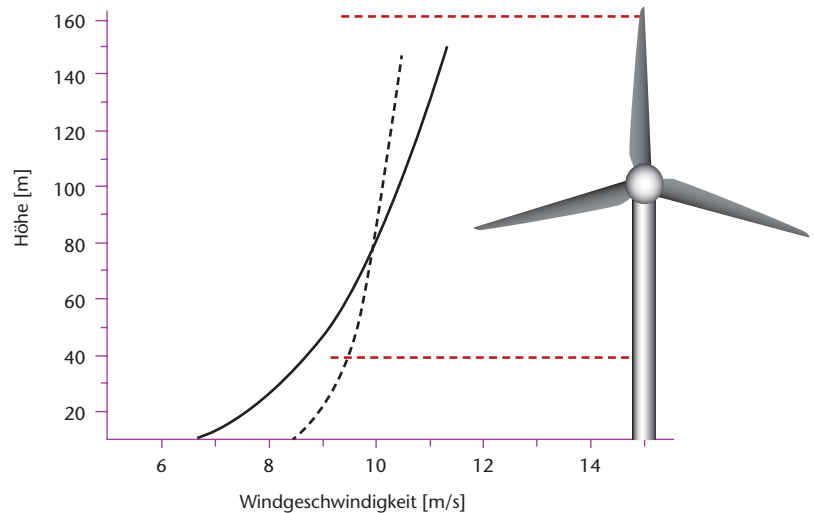
Für die Windenergie sind operationelle Vorhersagesysteme bereits im Einsatz und ermöglichen zunehmend deren effiziente Einbindung in die Stromnetze. Die enormen Zuwachsraten von Photovoltaik mit über 2 GW bislang installierter Leistung in Deutschland machen zuverlässige Vorhersageverfahren auch in diesem Bereich zu einer Notwendigkeit. Die Einstrahlungsabhängigkeit von Beleuchtung, Heizung und Kühlung im Gebäudebereich macht Vorhersageinformation auch dort zu einer zunehmend bedeutenden Größe in entsprechenden Steuerungsalgorithmen.

Wind- und Solarleistungsvorhersagen im Bereich von 1-3 Tagen basieren durchweg auf numerischen Wettervorhersagen, verwenden jedoch unterschiedliche Verfahren, die Ergebnisse dieser Wettermodelle in entsprechende Leistungen der Solar- und Windenergiesysteme zu übertragen. Dies kann durch Ausnutzung von statistischen Zusammenhängen oder auch über weitergehende physikalische Modellierungen geschehen.

Aktuelle Entwicklungen zielen auf die Bestimmung und Einbeziehung der Vorhersageunsicherheiten, die intelligente Verwendung unterschiedlicher Vorhersageinformation und von Ensemble-Vorhersagen, sowie auf die Verbesserung der Methoden zur nachträglichen Bearbeitung von Analysedaten (Post-Processing-Methoden). Im Fall der Solarstrahlung ist die Wolkenvorhersage ein Schlüssel zur Verbesserung.

Solarstrahlungsvorhersagen basieren weitestgehend auf Ansätzen zur automatisierten kleinräumigen Wetterprognose, um möglichst genau Vorhersagen „vor Ort“ liefern zu können (MOS - Model Output Statistics). Dabei werden die gewünschten Größen über statistische Regressionen aus den Ergebnissen numerischer Vorhersagemodelle und weiterer Variablen bestimmt.

Solarstrahlungsvorhersagen für kurze Zeiträume von wenigen Stunden können wiederum aus Satellitendaten gewonnen werden, indem die zeitliche Entwicklung der die Strahlung wesent-



lich bestimmenden Wolkenstrukturen extrapoliert wird. Aus dem vorhergesagten Satellitenbild kann dann mit dem HELIOSAT-3-Verfahren die Solarstrahlung berechnet werden.

Offshore-Windenergie

Die Windverhältnisse in Offshore-Regionen sind weit weniger bekannt als dies für Standorte an Land mit entsprechend zahlreichen Messungen gegeben ist. Eine präzise Potenzialbestimmung für die Planung großer Offshore-Anlagenparks sowie die sichere Vorhersage der Stromerzeugung für den Betrieb sind somit sichtlich erschwert. Veränderte Turbulenzeigenschaften der Offshore-Winde erfordern ein verändertes Anlagendesign, das die veränderte mechanische Belastung der Anlagen berücksichtigt.

Atmosphärische Strömungen in der Grenzschicht über dem Meer verhalten sich abweichend von den Verhältnissen über Land. Die geringe, aber variable Rauigkeit der Wasseroberfläche mit entsprechenden Wechselwirkungen zwischen Wind und Wellen sowie die thermischen Eigenschaften des Wassers sind wesentlich dafür verantwortlich, dass vertikale Flüsse von Impuls und Wärme in der Atmosphäre über dem Wasser verändert sind und zu einem ebenfalls veränderten vertikalen Profil der Windgeschwindigkeit führen (Abb. 3).

Abbildung 3

Die Windgeschwindigkeit nimmt mit der Höhe zu und bestimmt so maßgeblich das Verhalten großer Windenergieanlagen.

Die abrupte Änderung dieser Eigenschaften entlang der Küstenlinie verursacht weitere Störungen der Strömung beim Übergang von Meer zum Land.

Wesentliche Voraussetzung für eine gesicherte Beschreibung der Windverhältnisse sind hochwertige vertikal aufgelöste Messungen. Für die Deutsche Bucht steht seit 2005 mit FINO1 eine Messplattform zur Verfügung, die diesen Ansprüchen genügt. Eine weitere Plattform ist in Vorbereitung.

Die Erweiterung existierender Ansätze auf die Windenergie, wie zum Beispiel das LIDAR-Messverfahren⁵ für eine differenziertere Erfassung des Windfeldes und die Large Eddy Simulation (LES⁶) für eine hochaufgelöste Strömungsmodellierung zum Beispiel in Windparks versprechen künftig zu einer wesentlichen Verbesserung der Kenntnisse der Windverhältnisse gerade in Offshore-Regionen beizutragen. Aktuelle Entwicklungen in der Turbulenzforschung werden ein optimiertes Design künftiger Anlagen ermöglichen.

Zusammenfassung und Ausblick

Meteorologische Randbedingungen werden künftig die Energieversorgung weitaus stärker beeinflussen als bislang. Dabei wird der zeit- und ortsgenaue Verfügbarkeit hochwertiger Information über unterschiedliche Aspekte der neuen Energien aus Sonne und Wind eine besondere Rolle für einen effizienten Einsatz dieser neuen Technologien zukommen. Neben der Bereitstellung anwendungsspezifischer Daten steht die Neu- und Weiterentwicklung von Methoden zur Integration meteorologischen und systemtechnischen Wissens im Vordergrund. Hierfür sind weitere Forschungsanstrengungen notwendig sowohl im anwendungsnahen als auch im Grundlagenbereich.

⁵ LIDAR – Light Detection and Ranging. Strömungsmessverfahren, das sich zu einem bedeutenden Verfahren in der Umwelt- und Atmosphärenforschung entwickelt hat.

⁶ LES ist ein Verfahren zur numerischen Berechnung von turbulenten Strömungen.

Literatur

E.D. Dunlop, L. Wald, M. Šúri (Eds.): Solar Energy Resource Management for Electricity Generation from Local Level to Global Scale. Nova Science Publishers, Hauppauge (2006).

A. Hammer et al.: Solar Energy Assessment Using Remote Sensing Technologies. Remote Sensing of Environment, 86, 423–432 (2003).

D. Heinemann et al.: Energiemeteorologie. Physikalische Blätter, 55 (4), 47–50 (1999).

B. Lange: Offshore Wind Power Meteorology, In: J. Peinke, P. Schaumann und S. Barth (Eds.): Wind Energy - Proceedings of the Euromech Colloquium (2007).

R.W. Mueller et al.: Rethinking Satellite-based Solar Irradiance Modelling: The SOLIS Clear-sky Module. Remote Sensing of Environment, 91, 160–174 (2004).

R. Perez et al.: Solar Resource Assessment: A Review. In: J.M. Gordon (Ed.): Solar Energy - The State of the Art: ISES Position Papers. James & James, S. 497–575 (2001).

E.L. Petersen et al.: Wind Power Meteorology. Part I: Climate and Turbulence. Wind Energy, 1, 2–22 (1998), Part II: Siting and Models. Wind Energy, 1, 55–72 (1998).