

Solarzeitalter-Serie

„Vollversorgung der Gesellschaft mit Erneuerbaren Energien“

Dass der mögliche Beitrag der Erneuerbaren Energien nicht ausreicht, die atomaren und die fossilen Energien zu ersetzen, ist die Standardbehauptung der konventionellen Energiewirtschaft. Dieser folgen bis heute, dem berühmten Gang der Lemminge gleich, die allermeisten Meinungsbilder und Entscheidungsträger in Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Medien. Das Herunterspielen der Möglichkeiten Erneuerbarer Energien hat einen Grund: Damit soll die konventionelle Energie als unverzichtbar gelten – trotz aller damit verbundenen Folgen, die damit als nicht vermeidbar, ja als „schicksalhaft“ erscheinen sollen. Die Energiewirtschaft wird damit zum unschuldigen Täter.

Um so wichtiger ist es, die Möglichkeiten eines vollständigen Verzichts auf konventionelle Energien zu beschreiben. In dem Buch „Sonnenstrategie“ von Hermann Scheer sind eine Reihe von 100 %-Erneuerbare-Energieszenarien zitiert: unter anderem das der „Groupe

de Bellevue“, einer französischen Wissenschaftlergruppe, die 1978 das Energieflusskonzept einer Vollversorgung Frankreichs mit Erneuerbaren Energien entwickelte.

Wegen der grundlegenden Bedeutung solcher Perspektiven für die aktuelle Energiedebatte startet die Redaktion die Solarzeitalter-Serie „Vollversorgung der Gesellschaft mit Erneuerbaren Energien“. Wir beginnen mit einem Beitrag von Harry Lehmann, der eine Gemeinschaftsstudie mehrerer Institute unter Federführung des Wuppertal-Instituts zusammenfasst, die 1998 unter der Überschrift „Long-Term Integration of Renewable Energy Sources into the European Energy System“ fertig gestellt wurde. Dieser und die in den nächsten Ausgaben folgende Beiträge werden auch zeigen, dass die Shell-Studie – die immerhin für Mitte des Jahrhunderts 50 % der globalen Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien voraussagt – keineswegs das Maß aller Perspektiven

Erneuerbarer Energien ist.

Die Szenarien in dieser Serie sollten als das betrachtet werden, was alle Szenarien nur sein können – nicht mehr und nicht weniger: ein Denkspiel auf der Basis von Annahmen, die greifbar sind, und von harten Fakten über technische Möglichkeiten. Dass kein Szenario die kommende Entwicklung in all ihren Facetten – einschließlich kommender Krisen, technologischer Sprünge und deren jeweiligen Folgen – tatsächlich prognostizieren kann, zeigt jede historische Erfahrung.

Szenarien sind deshalb nur Möglichkeitsentwürfe. Bezogen auf Erneuerbare Energien kann man sagen: Was heute schon mit den gegebenen greifbaren Möglichkeiten beschreibbar ist, wird mit der laufenden technologischen Optimierung dieser Möglichkeiten technisch und ökonomisch mittel- und längerfristig wahrscheinlich noch günstiger realisierbar sein, als es heute selbst von Optimisten angenommen wird.

Ein solares Energieversorgungskonzept für Europa

Harry Lehmann

Eine zukunftsfähige Energieversorgung für Europa wird sich auf drei Säulen stützen müssen: erstens auf die Erneuerbaren Energien, zweitens auf eine effiziente Nutzung der verfügbaren Ressourcen und drittens auf eine bewußte Entscheidung über Grenzen des Konsums, die Suffizienz. Sonne-Effizienz-Suffizienz sind die Eckpfeiler einer zukunftsfähigen Energiewirtschaft. In Anbetracht der Tatsache, daß die meisten für eine solche Entwicklung benötigten Technologien bereits

entwickelt und erprobt sind, stellen sich zum jetzigen Zeitpunkt die folgenden Fragen:

- * Wie können regenerative Energien in das europäische Energiesystem mit einem ausreichend hohen Verbreitungsgrad integriert werden und funktioniert solch ein System das ganze Jahr?
- * Wie kommen wir dorthin?
- * Wie hoch sind die Kosten und der Nutzen einer solchen Strategie?
- * Welche weiteren ökonomischen,

ökologischen und soziale Ziele können realisiert werden?

- * Welches sind die wesentlichen Hindernisse und Hemmnisse für solch eine Entwicklung?

Diese Fragen wurden innerhalb verschiedener Projekte – insbesondere dem Projekt „Long-Term-Integration of Renewable Energies into the European Energy System and its Potential Economical and Environmental Impacts“ (LTI-Projekt) – in der Systemanalysegruppe des Wuppertal-Instituts in den letzten

Jahren untersucht. Wir gingen dabei von „Extrem“-Szenarien mit sehr unterschiedlichen aber ehrgeizigen, ökonomischen, sozialen und ökologischen Zielen aus, die in den nächsten Jahrzehnten erreicht werden sollen. Denn wenn ein europäisches Energiesystem auf der Basis Erneuerbarer Energie unter diesen hohen Ansprüchen darstellbar ist, ist die Realisierungswahrscheinlichkeit eines solaren Europas mit weniger ehrgeizigen Zielen und realistischeren Annahmen über die künftige Entwicklung Europas um so höher. So kann auch festgestellt werden ob und unter welchen Bedingungen auch noch andere ökologische, ökonomische oder soziale Ziele zusätzlich zu den klimapolitischen Zielen umsetzbar sind.

1. Das Sustainable-Szenario

Das „Sustainable-Szenario“ basiert auf dem Vorsorgeprinzip. Das heißt: Die anthropogenen Einflüsse auf das Ökosystem werden so minimiert, dass komfortable Lebensstandards auf Dauer erhalten bleiben. Dies hat unter anderem zur Folge, dass eine 80-prozentige CO₂-Reduktion und der Ausstieg aus der Atomenergienutzung in Europa Grundlage des Szenarios sind. Weitere Zielvorstellungen wurden bezüglich des Lebensstandards der Europäer, der Art der Landnutzung und in Konsequenz der Landwirtschaft und dem Ernährungsplan der Bewohner, der Ressourcen-Nutzung, der technischen Entwicklung in den verschiedenen Sektoren, den anderen ökologischen Zielen (Biodiversität) und des Verkehrs formuliert.

Lebensstandard:

Für die gesamte Europäische Union werden bis zum Jahre 2050 gleiche Lebensstandards sowie eine Verfügbarkeit von Geräten ähnlich der gegenwärtigen Situation in Dänemark, Deutschland oder den Niederlanden angenommen, das heißt der Wohlstand steigt beträchtlich in vielen Regionen der Europäischen Union. Die Energieeffizienz von Geräten verbessert sich um zirka 60 bis 85 %. Im Gebäudesektor wächst die Wohnfläche pro Kopf auf 42 m², was dem gegenwärtigen

Spitzenniveau in der Europäischen Union entspricht. Die Haushaltsgrößen nehmen auf 2,24 Personen pro Haushalt ab, während die Anzahl der Haushalte in der gleichen Zeit von 140 auf 160 Millionen ansteigt. Der spezifische Raumwärmebedarf des Gebäudebestandes wird durch Sanierungen von derzeit 150 kWh/(m²a) auf 40 kWh/(m²a) in Nord-europa beziehungsweise 30 kWh/(m²a) in Mitteleuropa reduziert.

Wohlstandsbegriff:

Die Gesellschaft in diesem Szenario strebt veränderte Formen des Lebens in der Gemeinschaft an. Immaterielle Dinge wie die Freude an einer intakten Natur oder die Bildung der eigenen Persönlichkeit werden höher eingeschätzt als materielle, gegenständliche Güter wie etwa das eigene Auto. Das Leasing und Mieten von Produkten anstelle Besitz von Gütern, das Recycling und effizienter Ressourcenumgang zur Bereitstellung materieller Güter anstelle Verbrauchswachstum, oder ökologischer Landbau anstatt Nahrungsmittel aus konventioneller Erzeugung fassen immer mehr Fuß fassen und werden Leit-motive vieler Menschen sein. Dies ist natürlich eine Wunschvorstellung, wie später bei der Diskussion der Ergebnisse gezeigt wird, ist eine solare Versorgung auch ohne einen solchen Wertewandel möglich.

Dienstleistungen:

Die Gesellschaft im Jahr 2050 hat einen niedrigeren Verkehrsaufwand und einen anderen Zugang zum Raum und zur Landnutzung. Der Dienstleistungssektor wächst bis zum Jahre 2050 um den Faktor 1,5 und kompensiert zum Teil einige Arbeitsplätze, die in der Industrie verloren gehen (siehe unten). Dies findet hauptsächlich durch zusätzlich entstehende Serviceleistungen in den Bereichen des Recycling, der Reparatur und der Wiederherstellung statt. Der deshalb ansteigende Energiebedarf wird durch die gleichzeitig stattfindenden Effizienzsteigerungen in diesem Sektor begrenzt.

Verkehr:

Die drastischsten Annahmen wurden im Verkehrsbereich gemacht. Der Verkehr nimmt bis zum Jahr 2050 um jährlich 6 % ab (heute wächst er noch jährlich 7 %). Es wird angenommen, dass die Eisenbahn (Europäisches Schnellverkehrsnetz) genutzt wird und keine Passagierflüge auf Kurz- und Mittelstrecken mehr stattfinden (dies wird sich durch die jetzt schon absehbare Überlastung des Luftraumes in Europa von selbst ergeben). Die Luftfracht verringert sich automatisch auf Grund des abnehmenden Materialdurchsatzes der Industrie (siehe unten). Für den Personenverkehr werden gleiche Anteile für private und öffentliche Verkehrsmittel angenommen. Personen legen kürzere Strecken zurück, insbesondere nutzen sie in Ihrer Freizeit mehr regionale Angebote. Ein längerer Urlaub ersetzt mehrere Kurzurlaube. PKW mit einem Benzinverbrauch von 2 l/100 km oder LKW, die 34 % weniger Diesel verbrauchen, bewirken einen Rückgang des Energiebedarfs im Verkehrsbereich um den Faktor 10.

Flächen-/Bodenutzung und Landwirtschaft:

Landfläche ist in der dicht besiedelten Region Europa ein knappes Gut. Sie wird gebraucht für Siedlungen, für den Verkehr, für die Landwirtschaft, für die Gewinnung erneuerbarer Energien und Rohstoffe, und letztlich für die Natur selber. Diese vielfache Inanspruchnahme der Landflächen Europas wurden in einer anderen Studie untersucht; ein Ergebnis dieser Untersuchung war die Formulierung von Rahmenbedingungen und Zielen für die zukunftsfähige Nutzung der Landflächen Europas. Eine nachhaltige Nutzung der Landflächen Europas kann demnach nur erreicht werden, wenn die Erosionsraten gesenkt werden, wenn der Natur genügend Raum zur eigenen Entfaltung und Entwicklung gegeben und die Vergiftung, Verdichtung, Zerschneidung und Zersiedlung der Böden beendet wird. Um dieses auch nur annähernd zu realisieren muss sich die Ernährungsgewohnheiten ändern. Der bedeutendste Faktor ist der geringere Verzehr von

Fleisch als Vorbedingung für eine veränderte Landnutzung, bei der 10 % der gesamten Fläche als vollständig geschützte und vernetzte Regionen für die Natur abgetrennt sowie Dünger, Pestizide und Herbizide um den Faktor 5 reduziert werden können. Angenommen wird auch, dass in der Europäischen Union flächendeckend „ökologische Landwirtschaft“ eingeführt wird, um die Bodenerosion einzudämmen und um die Effizienz des Ernährungssystems Europas zu steigern (heute erreichen nur 50 % der produzierten Kalorien den Konsumenten). Diese Zielvorstellungen schränken die Potenziale an Biomasse, insbesondere Reststoffe, jedoch beträchtlich ein.

Raumplanung:

Die Charta von Athen hatte zum Grundinhalt, menschenfreundliche Wohngegenden zu schaffen, weil man erkannte, dass Leben in direkter Umgebung industrieller Anlagen Gesundheitsrisiken birgt. Dies führte zur systematischen Trennung von Arbeits- und Wohnwelt, ja geht heute sogar so weit, dass eine räumliche Dreiteilung von Industrie, Gewerbe und Wohnen angestrebt wird. Letztendlich führt dies zu einem erheblichen Transportvolumen von Gütern und Menschen sowie zu Zersiedelung und hoher Flächennutzung. Die Charta von Athen, so menschenfreundlich ihre Absicht war, wurde kontraproduktiv mit der zunehmenden Lärm- und Emissionsbelastung durch den Verkehr.

Die Vision des Sustainable Szenarios sieht hier eine deutliche Veränderung vor. Durch Reduzierung des Umsatzes von Naturressourcen in der Industrie nehmen die Umweltbelastungen in Industrienähe drastisch ab, unterstützt durch weitere Maßnahmen zur Minderung der Industrieemissionen. Hieraus entsteht eine Renaissance der gemeinsamen räumlichen Strukturen von Industrie, Gewerbe und Wohnen. Ein solches Umdenken, wie in der Charta von Florenz auf der Europäischen Solararchitektur Konferenz von 1993 erstmals formuliert, ist schon heute bei Raumplanern und Architekten zu beobachten.

„Flächenimport“:

In diesem Szenario wird auch angenommen, dass die Länder der Europäischen Union eine ausgeglichene Export-/Import-Bilanz an genutzten Flächen haben. Dies bedeutet, dass für alle importierten landwirtschaftlichen Güter im Ausgleich landwirtschaftliche Güter exportiert werden, die gleich viel Flächenbedarf für ihre Erzeugung darstellen. Das hat unter anderem zur Folge, dass kaum Tierfutter importiert wird; eine weitere Konsequenz ist, dass in diesem Szenario keine außereuropäische Flächen zur Energieerzeugung genutzt werden können.

Material-Intensität:

Die von Menschen bewegten Stoffströme stiegen seit Beginn der Industrialisierung exponentiell an. Das führte dazu, dass durch die industrielle Produktion verursachten Stoffströme auf den Kontinenten die durch die Geosphäre bewegten Massen bei weitem übertreffen. Zu den von Menschen verursachten Stoffströmen gehören insbesondere Abräume, Aushebungen, Bohrungen, gepflügte Erde, Erdreich für Dämme, Terrassen- und Straßenbau, geologische Roh- und Baumaterialien (einschließlich Energieträger, Sand, Kies, Mineralien, Erze), Luft und Wasser, land- und forstwirtschaftliche Produkte. Diese massiven und wachsenden Materialverschiebungen verändern die durch die Evolution ausgebildeten Stoffstromgleichgewichte der Erde. Dadurch, dass der Mensch in die natürlichen Stoffflüsse an irgendeiner Stelle der Ökosphäre eingreift, zwingt er diese, sich auf die neue Situation einzustellen. Je großflächiger und materialintensiver diese Eingriffe sind, desto umfassender fällt die ökologische Reaktion aus. Nicht die Verfügbarkeit von natürlichen Ressourcen begrenzt die wirtschaftliche Entwicklung von morgen, sondern die ökologischen Folgen der gegenwärtig minimalen Ressourcenproduktivität. Oder anders gesagt: Die ökologischen Folgen des sorglosen Umgangs mit Stoffen limitieren die langfristige Wirtschaftsentwicklung.

Erste Abschätzungen zeigen, dass der durch den Menschen verursachte Materialstrom, mindestens halbiert werden

muss. Dadurch, dass in den industrialisierten Ländern wesentlich mehr Materialien in der Wirtschaft umgesetzt werden als in den Entwicklungsländern, ist eine Reduktion der Stoffströme in den Industrieländern von 80 bis 90 % notwendig, um diese Forderung einzuhalten. Daher ist es ein zunehmend allgemein anerkanntes Ziel, eine Reduktion der Materialströme um mindestens einen Faktor 10 für das nächste Jahrhundert zu erreichen.

Im Rahmen dieses Szenarios wurden einige grobe Zielvorstellungen dieser derzeit schon stattfindenden Steigerung der Ressourcenproduktivität abgebildet. Für die Industrie wird angenommen, dass der Einsatz neuer Materialien um den Faktor 4 reduziert wird. Dies kann durch Produktdesign erreicht werden, zum Beispiel dass die Produkte eine längere Lebensdauer besitzen, oder durch eine Änderung des Verbraucherverhaltens. Letzteres beinhaltet beispielsweise das Teilen von Produkten die selten gebraucht werden. Zusammen mit einer Recyclingrate von 50 % kann so der Materialeinsatz insgesamt um den Faktor 8 reduziert werden.

Für einige Industriebereiche wurden jedoch spezielle Annahmen getroffen: Wegen der andauernden Vergrößerung der Wohnfläche pro Kopf und der Notwendigkeit von Sanierungen im Gebäudebestand wurde ein konstanter Zementverbrauch und eine 20 %ige Steigerung des Glasverbrauchs angenommen. Eine Teilstudie des Projektes, welche die Energiesparmöglichkeiten im Bereich der Industrie Sektor für Sektor untersuchte, ergab im Mittel Einsparpotentiale im Bereich der Brennstoffe von 20 bis 50 % und im Bereich der Elektrizität von 10 bis 50 %. In einigen Bereichen sind durch den Einsatz rezyklierter Materialien noch größere Einsparungen möglich.

2. Eine solar Vollversorgung für die Europäische Union

Ein solares Energieversorgungssystem beinhaltet zum einen die konsequente Nutzung der vor Ort verfügbaren Ressourcen an Erneuerbaren Energien: an den Küsten oder in windigen Regionen

mehr die Windkraft, in ländlichen Gebieten mehr die Biomasse, in bebauten Gebieten Photovoltaik sowie die passive und aktive Wärmenutzung, in sonnenreichen Regionen solarthermische Kraftwerke zur Stromerzeugung und dort, wo es möglich ist, die Wasserenergie. Zum anderen ist der intelligente Austausch von Energie zwischen den Regionen ein weiteres Merkmal einer solchen Energieversorgungsstruktur. Dieser Austausch kann über ein Stromnetz, ein Gasnetz oder aber über den Transport von Biomasse erfolgen. Das überregionale Netz dient neben dem Energieaustausch auch der Speicherung von Überschüssen. Das Speichermedium kann Biogas sein oder auch solar erzeugter Wasserstoff.

Die unterschiedlichen Technologien zur Nutzung der Erneuerbaren Energien und die Potenziale der verschiedenen Regionen werden sich dabei mit ihren unterschiedlichen Stärken und Schwächen gegenseitig zu einer ganzjährig funktionierenden Energieversorgung ergänzen. Insbesondere werden die zeitlichen Schwankungen bei der Bereitstellung von Energie, wie sie bei einem Teil der erneuerbaren Energietechnologien (wie etwa Wind) auftreten, durch diesen Ansatz ausgeglichen. Wenn etwa in einer Region kein Wind weht, kommt der Strom zuerst aus anderen regionalen Quellen, beispielsweise den vor Ort installierten Biomasse-Kraftwerken oder der Photovoltaik. Reicht dies nicht, so liefern Anlagen aus anderen Regionen. Eine solche Energieversorgungsstruktur wird viel „intelligenter“ sein müssen als die heutige. Das fängt bei der Regelung des Systems an, das mittels Wettervorhersagemodellen die Energieproduktion plant, und endet bei Verbrauchern, die ihren Energieverbrauch dem Angebot an Energie anpassen. Die in den nächsten Jahren auf den Markt kommenden kleinen Brennstoffzellen, die aus der Verbrennung von Wasserstoff oder Biogas Wärme und Strom produzieren können, werden eine neue Form des „intelligenten“ Verbrauchers ermöglichen. Der Verbraucher benötigt dann nur eine Gasversorgung (mehr oder weniger basierend auf solar erzeugtem Wasserstoff) und kann sich selbst mit Wärme und Strom versorgen. Er kann aber noch

mehr: Dieses „persönliche Kraftwerk“ kann auch Strom ans Netz liefern, zum Beispiel auf Anfrage einer Leitstelle die eine Spitzenlast abfangen möchte oder im Rahmen eines Zusammenschlusses von mehreren „persönlichen Kraftwerken“, die dann ein virtuelles größeres Kraftwerk darstellen (diese persönlichen Kraftwerke sind im folgenden Szenario nicht benutzt worden).

Ein solches „vorausschauendes“ Management ermöglicht, dass Technologien, deren Energieproduktion wetter- und jahreszeitabhängig ist, und solche, deren Energie zeitlich jederzeit verfügbar ist, zusammen mit dem überregionalen Austausch, eine stabile Energieversorgung der Verbraucher garantieren. Dies ist erst heute – durch die Kommunikationstechnologien, die dem Internet zu Grunde liegen, und durch die modernen Computertechnologien – möglich geworden.

Die im Sustainable Szenario betrachteten erneuerbaren Energiequellen sind Biomasse, Wasserenergie, Solarthermie, Photovoltaik und Windenergie. Andere Quellen wie Geothermie, Wellen- und Gezeitenenergie wurden nicht einbezogen, da Verfügbarkeit und Kosten nur kleine EU-weite Potenziale ergaben. Dies bedeutet allerdings nicht, dass diese Technologien keine Beachtung finden sollen; sie sollen vielmehr bei geeigneten lokalen Potenzialen genutzt werden. Des Weiteren wurde die heute durch verschiedenen Studien dargestellten Effizienzgewinne in den verschiedenen Sektoren als Nachfragesenkung mit einberechnet.

Folgende Technologien wurden ausschließlich zur Stromproduktion herangezogen: Windturbinen, solarthermische Kraftwerke, Photovoltaik, existierende Großwasserkraftwerke und zusätzlich Kleinwasserkraftwerke. Wärme wird durch Solarkollektoren, feste und flüssige Biobrennstoffe, Wasserstoff, Wärmepumpen oder elektrischen Strom erzeugt und in Warmwasserstanks gespeichert. Die Solararchitektur wurde aus systematischen Gründen als „Effizienz“-Gewinn dargestellt. Umgebungswärme wird durch Wärmepumpen genutzt. Kombinierte Strom- und Wärmeproduktion erfolgt durch Kraftwärmekopplung

und Brennstoffzellen. Biomasse wird zu verschiedenen gasförmigen Brennstoffen, wie Biogas oder Wasserstoff für reversible Brennstoffzellen, verarbeitet. Außerdem wird Biomasse in Form von Flüssigbrennstoffen im Verkehrssektor genutzt. In einigen Fällen, wo Effizienzmaßnahmen und Erneuerbare Energien die Energienachfrage noch nicht ausreichend abdecken können, werden fossile Brennstoffe eingesetzt. Dies ist hauptsächlich im Verkehrssektor und für einige übriggebliebene Backup-Systeme der Fall. Solare Kraftwerke werden für die Elektrolyse zur Produktion von Wasserstoff eingesetzt; dieser wird entweder über Pipelines verteilt, direkt verbrannt oder in Brennstoffzellen zur Stromproduktion genutzt.

Mit diesen Annahmen beträgt der Gesamtenergieverbrauch innerhalb der Europäischen Union im Jahre 2050 nur noch 38 % des Verbrauchs des Jahres 1990. Dabei sind die Endanteile der verschiedenen Technologien durch heuristische Bewertungen von möglichen Werten normativ gesetzt worden. Die zeitlichen Verläufe wurden durch im Jahre 2000 beginnende logische S-Kurven bestimmt. Die Endanteile wurden so variiert, dass am Ende ein System mit stabiler zeitlicher und räumlicher Versorgung des europäischen Gebietes mit Strom und Wärme entstand. Die Markteinführung der verschiedenen Technologien wurde detailliert auf ihre Realisierbarkeit hin untersucht und die S-Kurven, die diese Einführung widerspiegeln, angepasst.

Nachdem nun eine solare Energieversorgung geschaffen worden ist, die unter vielen anderen Zielen auch den Zielen der Klimapolitik genügen kann, sind einige kritische Fragen an dieses Szenario zu stellen.

3. Konsistenzüberprüfung: Funktioniert dieses System das ganze Jahr?

Die Konsistenzüberprüfung durch ein Simulationsmodell auf Stundenbasis zeigte, dass das „Sustainable Szenario“ ein mögliches Problem bei der Bereitstellung von ausreichend Niedertemperaturwärme für Heizzwecke im Winter

hat. Dieses Defizit könnte durch die Versorgung mit fossilen Brennstoffen gedeckt werden und würde dem Ziel einer 80-prozentigen CO₂-Reduktion nicht entgegenstehen. Ein Simulationslauf offenbart, dass nur zusätzliche 450 W/Kopf dieses Problem lösen würden, die in dem Szenarium auch mit nicht-fossilen Maßnahmen bereit gestellt werden können. Es könnten mehr Wasserstoff und mehr aus Biomasse gewonnene Brennstoffe produziert oder die Wohnungen besser isoliert werden; es könnte aber auch die Kapazität der Photovoltaik reduziert (es gibt im Sommer einen Überschuss an Strom) und die frei werdenden Dachflächen für solarthermische Nutzung genutzt werden, welche dann aber auch mehr saisonale Wärmespeicherkapazitäten erfordern würde. Damit ist das erarbeitete Endszenario in der Lage, ganzjährig Energie (Strom, Wärme und Brennstoffe) in ausreichender Menge bereit zu stellen.

Fluktuationen der Stromversorgung innerhalb einer Stunde lassen sich durch eine entsprechende Führung der zuschaltbaren Kraftwerke (zum Beispiel Brennstoffzellen) ausgleichen. Kürzlich durchgeführte Simulationen mit einer höheren zeitlichen und räumlichen Auflösung zeigen, dass die Probleme der Fluktuationen viel geringer sind als erwartet.

Sind die Einführungskurven für effizientere Energietechnologien realistisch?

Bei den Effizienzsteigerungen im Industriesektor, im Verkehrssektor und bei den Geräten der Haushalte wurde mit vorsichtigen Werten gerechnet. Als durchschnittliche Steigerung der Effizienz wurde 1,6 % pro Jahr angenommen (ein Drittel höher als der langjährige Durchschnitt der letzten Jahre von 1,2 %). Betrachtet man den Gebäudesektor so ändert sich das Bild. Um die klimapolitischen Ziele einzuhalten, mussten in diesem Sektor technologisch realisierbare aber dennoch starke Steigerungen in der Effizienz und der Nutzung solarer Gewinne angenommen werden. Diese müssen auch im Baubestand umgesetzt werden. Hier müsste die Sanierungsrate europaweit verdoppelt werden um die in diesem Szenario dargestellte Entwicklung auch nur annähernd abbilden zu können. Diese Zahlen zeigen erneut, wie wichtig der Gebäudesektor für die zukünftige Entwicklung ist.

Reichen die Potenziale?

Selbst unter den für die Potenziale der Erneuerbaren Energien restriktiven Annahmen des Sustainable-Szenarios sind genügend Potenziale der einzelnen Technologien vorhanden. Weicht man die anderen ökologischen Ziele (insbesondere die der Landnutzung und der

ökologischen Landwirtschaft) etwas auf, so erhöhen sich die Potenziale (insbesondere der Biomasse) drastisch. Dieses schafft „Reserveraum“ um etwa die Probleme bei der Steigerung der Effizienz in Gebäudesektor aufzufangen. Gibt man die wenig realistische Annahme einer „Eigenversorgung“ Europas mit Energie auf, so können andere Quellen hinzugezogen werden, die eine solare Versorgung Europas sehr erleichtern würden. Ob dies solarthermische Kraftwerke in Nordafrika, Wasserenergie aus Kanada oder Biomasse aus Russland bedeutet, ist offen und der zukünftigen Geschichte überlassen. Macht man weniger konservative Annahmen über die Effizienz der erneuerbaren Energietechnologien (so wurde als größtes Windrad eine 600 kW-Anlage angenommen) so steigen die Potenziale drastisch. Dies hilft auch die Probleme im Gebäudebestand zu lösen.

Sind die Markteinführungszyklen realistisch?

Vergleicht man die errechneten Markteinführungskurven mit historischen Beispielen (beispielsweise Automobil, Lufttransport), so gibt es in der Geschichte der Technologieentwicklungen Markteinführungen schneller als über 50 Jahre. In dem Szenario wird nur eine 16fache Steigerung der Installationen der

Erzeugungsbeitrag der verschiedenen Energieträger (in Watt Jahr pro Kopf der Bevölkerung) und der konventionellen Energieträger einschließlich Atomenergie

	1990	2000	2010	2020	2030	2040
2050						
Energiepflanzen	0	0	12	69	174	264
280						
Abfall-Biomasse in der Industrie	0	64	70	94	129	160
186						
Abfall-Biomasse in anderen Bereichen	0	96	160	108	63	37
34						
Umgebungswärme	0	7	40	59	78	73
67						
Wärme aus Solarthermie	10	0	68	165	260	318
326						
Strom aus Solarthermie	0	0	35	86	138	171

Erneuerbaren Energien bis 2050 (Basis 1990) angenommen. Dies bedeutet aber nicht, dass die Markteinführung deshalb „von selbst“ kommt, in einigen Fällen (insbesondere Photovoltaik) sogar noch besonders starker Anstrengungen bedarf. Die nötige Effizienzsteigerung liegt bei 1,6 % pro Jahr, dies ist nur wenig mehr als die sogenannte natürliche Effizienzsteigerung von 1,2 % pro Jahr. Wieder ist der Gebäudebestand mit einem angenommenen durchschnittlichen Energieverbrauch von 30 kWh pro Quadratmeter und Jahr (die passiven Gewinne sind hier bereits eingerechnet) im Jahr 2050 der problematische Bereich (Energieverbrauch 1990: 150 kWh/m²a).

Ist eine 100 % Versorgung realisierbar ?

Die fehlenden 10 % an einer vollen solaren Versorgung sind im Wesentlichen durch den Verkehr verursacht. Da wir bei der Formulierung der Szenarien nur auf Technologien zurück gegriffen haben, die schon auf dem Markt sind, konnten einige für eine solare Energieversorgung wichtige Technologien wie etwa Brennstoffzellen (mobil und dezentral als persönliche Kraftwerke) nicht in dem Szenario mit berücksichtigt werden.

Mit diesen Technologien und den oben ausgeführten zusätzlichen Potenzialen ist eine volle solare Versorgung Europas möglich, auch wenn die Ziele im Gebäudebestand nicht vollständig erreicht werden.

4. Kosten und Arbeitplatzeffekte einer solaren Versorgung Europas

Die Schätzungen basieren auf Literaturstudien, Expertenbefragungen und Berechnungen. Die Kostendegression für die Biomassenutzung ist schwieriger,

da viele verschiedene Technologien involviert sind. Dennoch wurde ein repräsentativer Technologieeinsatz anhand zahlreicher Studien ermittelt.

Verwendet man die Kostenschätzungen der Tabelle, so belaufen sich die jährlichen Betriebskosten der existierenden regenerativen Energieanlagen im Jahre 1990 in der Europäischen Union auf etwa 42 Mrd. ECU. Im Sustainable-Szenario wird dieser Wert bis zum Jahr 2050 auf 253 Mrd. €/a ansteigen. Dies erscheint auf den ersten Blick recht hoch, es beträgt allerdings nur 4,8 % des Bruttoinlandsproduktes (BIP) der Europäischen Union von 1990. Er beträgt weniger als 700 € pro Einwohner und Jahr. Während die Kosten innerhalb der betrachteten 60 Jahre um den Faktor 6 ansteigen, wird die installierte Leistung von 144 GW_p auf 2300 GW_p um den Faktor 16 zunehmen. Die Tabelle auf der folgenden Seite zeigt die prozentualen Anteile der verschiedenen Technologien im Jahre 2050, aufgeteilt nach bereitgestellter Energiemenge, installierter Leistung und jährlichen Kosten.

Letztendlich wird ein Referenzfall für das Jahr 2050 angenommen, bei dem der Energiebedarf des Sustainable Szenarios ausschließlich mit den fortschrittlichsten und billigsten fossilen Energietechniken gedeckt wird. Die entsprechenden Technologien sind gasgefeuerte Kombi-Kraftwerke, Brennwärmtauscher, Heizkraftwerke und ölbefeuerte Kessel. Die gesamten jährlichen Kosten eines solchen Systems belaufen sich auf 201 Mrd. €/a und ist somit 25 % billiger als das im Sustainable Szenario entwickelte System aus Erneuerbaren Energien. Die Kosten hierfür belaufen sich auf 253 Mrd. €/a zuzüglich 19 Mrd. € für die verbleibenden Kosten für fossile Brennstoffe

im Verkehrssektor. Die Differenzkosten in Höhe von 71 Mrd. €/a können als Aufwendungen für die Verminderung der globalen Erwärmung und anderer externer Kosten angesehen werden. Berücksichtigt man, dass die Berechnung künftiger Kosten große Unsicherheiten in sich birgt und die Annahmen für die fossilen Kraftwerke bewusst optimistisch waren, so kann man feststellen, dass trotz der spezifischen Energiepreissteigerung bis zum Jahre 2050 um etwa 50 % die Gesamtkosten für die Energieversorgung nicht übermäßig ansteigen. Eine wichtige Erkenntnis aus dem Sustainable Szenario ist, dass die Effizienzsteigerung und die Markteinführung Erneuerbarer Energien parallel stattfinden muss. Nur dann kann die Verringerung des Verbrauchs an Energien die gleichzeitige Steigerung an Kosten durch die Markteinführung kompensieren, so dass negative Effekte für die Wirtschaft vermieden werden können. Eine parallele Einführung vermeidet auch das Entstehen von Investitionsbarrieren.

Für die Berechnung der Arbeitsplatzeffekte, die durch die Umstrukturierungen des Energiesystems im Sustainable Szenario entstehen, wurde das statische Input-Output-Modell EMI 2.0 verwendet. Leider waren nur Input-Output-Tabellen für West-Deutschland aus dem Jahr 1988 verfügbar, so dass nur diese für eine Annäherung für Gesamteuropa benutzt wurden. Diese Region stellt auf Grund des hohen Rationalisierungsgrades und der großen Arbeitsproduktivität hinsichtlich der angenommenen künftigen Konvergenz der Lebensstandards und der ökonomischen Strukturen in Europa einen geeigneten Referenzfall dar. Für jede der acht betrachteten erneuerbaren Energietechnologien wurden zwei

Tabelle 2: Kostenschätzungen einiger Erneuerbarer Energieträger im Sustainable-Szenario (m€/kWh)

	Kleine Wasserkraft	Windkraft, an Land	Windkraft, off-shore	Photovoltaik	Strom aus Solarthermie	Wärme aus Solarthermie	Biomasse	Wärmepumpen
1990	73	48	63	378	211	107	41	72
2000	73	43	57	268	152	86	39	66
2010	73	39	51	190	109	58	41	66
2030	73	32	41	96	56	39	62	76
2050	73	26	33	48	29	32	65	93

Anteile der verschiedenen erneuerbaren Energietechnologien im Sustainable-Szenario im Jahr 2050

Technologie	bereitgestellte Energie	installierte Leistung	jährliche Kosten
Biomasse	31,8 %	12,0 %	41,4 %
Wärme aus Solarthermie	20,5 %	40,8 %	9,9 %
Windenergie	13,6 %	10,4 %	6,9 %
Strom aus Solarthermie	11,3 %	7,1 %	2,6 %
Photovoltaik	9,8 %	18,2 %	13,3 %
Wasserkraft	8,8 %	7,7 %	21,2 %
Umgebungswärme	4,3 %	3,8 %	4,6 %

Input-Vektoren aus dem Bedarf aus anderen Sektoren zusammen gesetzt. Der erste Vektor beschreibt die Kosten für die Konstruktion für das Jahr, in dem die Investition getätigt wird. Der zweite Vektor beinhaltet die Betriebs- und Wartungskosten und auch die Kosten für Brennstoffe aus Biomasse über die gesamte Lebensdauer der Anlagen. Für die Errichtung und den Betrieb der Erneuerbaren Energien sind im Jahre 2050 Beschäftigungszahlen von 4 Millionen Personen pro Jahr (4 Millionen Personennjahre) notwendig. Diese Arbeitsplätze sind hauptsächlich im Bereich der Biomasse zu suchen. Von den 1,6 Millionen Personennjahren die jährlich für den Betrieb von Biomasseanlagen nötig sind, werden zwei Drittel durch Arbeitsplätze in der Land- und Forstwirtschaft abgedeckt.

Zum Vergleich wurden die Arbeitsplatzeffekte für den Referenzfall berechnet. Dort werden für die Errichtung und den Betrieb des Energiesystems (wiederum ohne den auf fossilen Energien basierenden Verkehrssektor) im Jahre 2050 1,7 Millionen Personen pro Jahr benötigt. Um die beiden Fälle vergleichen zu können, wurde angenommen, dass die Differenzkosten in Höhe von 71 Mrd. €/a im Referenzfall komplett in den privaten Verbrauch fließen. Dies hätte zur Folge, dass die Beschäftigungszahlen auf Grund des höheren privaten Verbrauchs um 1,5 Millionen Personennjahre ansteigen wenn man die durchschnittliche deutsche Sparrate von 14 % und die deutsche ökonomische Struktur von Deutschland im Jahre 1988 zu Grunde legt. Wenn alle zusätzlichen Kosten für den Konsum ausgege-

ben werden, was angesichts des langen Betrachtungszeitraumes wahrscheinlich ist, steigt die Anzahl der Beschäftigten an. Betrachtet man nur ein nationales Wirtschaftssystem, so muss man den Betrag für importierte Güter abziehen. Da aber davon ausgegangen wurde, dass der überwiegende Teil der Handelsaktivitäten der EU-Mitgliedsstaaten auch innerhalb der EU erfolgt, wurde dieser Effekt vernachlässigt. Insgesamt ergeben sich für den Referenzfall Beschäftigungseffekte in Höhe von 3,2 bis 3,4 Millionen Personennjahren.

Für das auf Erneuerbaren Energien basierende Szenario ergeben sich gegenüber dem Referenzfall Beschäftigungsmehreffekte in Höhe von 340 000 bis 580 000 zusätzlichen Personennjahren. Ein Grund für die relativ kleine Differenz ist die Tatsache, dass im Jahre 1988 die Arbeitsintensität im Konsumgüterbereich wesentlich höher ist, als sie im Energiebereich war. Außerdem sind die Annahmen für den fossilen Referenzfall als sehr optimistisch anzusehen. Des weiteren fehlen die Arbeitsplätze die zur Sanierung der Gebäude benötigt werden.

Somit können die hier berechneten Nettowerte als sehr konservative Abschätzungen betrachtet werden. Dies erlaubt, trotz der vielen groben Annahmen in diesen Berechnungen, sicher zu sein, dass ein auf Erneuerbaren Energien beruhendes Wirtschaftssystem mehr Beschäftigung ergibt als ein auf konventionellen Energien basierendes System. Dies Ergebnis wird verstärkt durch die Tatsache, dass mehr Arbeitsplätze zur Produktion von Investitionsgütern innerhalb der Europäischen Uni-

on geschaffen werden, auf Kosten von Arbeitsplätzen außerhalb Europas im Bereich fossiler Energieträger. Rechnet man noch die für die solare Sanierung der Gebäude benötigten Arbeitskräfte dazu, so sind bei einer Umstellung auf eine solare Versorgung leicht positive Arbeitsplatzeffekte in Millionenhöhe zu erwarten.

Fazit

Energieeffizienzmaßnahmen und umfangreiche Nutzung Erneuerbarer Energien können die Atomenergienutzung beenden und den Einsatz fossiler Brennstoffe zur gleichen Zeit dramatisch reduzieren. Mittel- und langfristig wird das umstrukturierte Energiesystem nicht teurer als das gegenwärtige sein und wird mehr Arbeitsplätze schaffen als ein konventionelles System. In der Anfangszeit werden zusätzliche Investitionen nötig, um diese Entwicklung anzustoßen. Einem Sustainable-Szenario (>90 % Versorgung mit Erneuerbaren Energien in 2050) stehen keine prinzipiellen technischen oder finanziellen Hindernisse entgegen. Die fehlende Deckung (bis 100 %) ist prinzipiell auch mit erneuerbaren Energietechnologien durchführbar.

Ökonomische, rechtliche und institutionelle Rahmenbedingungen des Energiesystems müssen jedoch grundlegend und bald verändert werden. In der Praxis wird man sich auf eine Mischung von Instrumentarien stützen müssen. Der Gebäudebereich ist eine Schlüsselbereich, der bald angegangen werden muss. Jedes heute neu zu bauende oder zu renovierende Haus ohne ausreichen-

de Verbesserung seiner Energieeffizienz und der Nutzung solarer Gewinne wird für die nächsten Jahrzehnte zu einem zusätzlichen Hemmnis beitragen. Die heute anvisierten Ziele (zum Beispiel Verdopplung der Nutzung der Erneuerbaren Energien bis 2010 – Weißbuch der Europäischen Union) sind der richtige erste Schritt in Richtung einer vollen solaren Versorgung, es darf aber nicht dabei bleiben. Von 2010 bis 2020 muss nochmal verdoppelt werden.

Forschung und Entwicklung haben erneuerbare und rationelle Energie-

technologien für eine dauerhafte Energieversorgung geschaffen. Politik und Wirtschaft müssen nun die Maßnahmen ergreifen, um eine „Sonnenstrategie“ zu realisieren. Die oben aufgezählten Maßnahmen skizzieren die Maßnahmen, die denkbar und sinnvoll wären. Wichtigste Maßnahme ist, sofort anzufangen, denn jeder Tag, der vergeht, ohne dass eine „Sonnenstrategie“ verwirklicht wird, macht das Problem nur größer und schwieriger – weil der Energieverbrauch weiter gestiegen ist, weil Gelder weiter in ein „fossiles“ System investiert wurden,

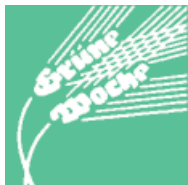
und weil später damit begonnen wird, das Klimaproblem zu lösen.

Harry Lehmann, Leiter der Systemanalyse am Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal, Vizepräsident EUROSOLAR, Mitglied der Enquete Kommission des Deutschen Bundestages „Nachhaltige Energieversorgung unter den Rahmenbedingungen von Globalisierung und Liberalisierung“.

Dritte Internationale Konferenz

Der Landwirt als Energie- und Rohstoffwirt

im Rahmen der Grünen Woche Berlin
26./27. Januar 2001, ICC Berlin



Die von EuroSolar in Zusammenarbeit mit der Messe Berlin auf der Grünen Woche durchgeführte Konferenz „Landwirt als Energiewirt“ ist zur ständigen Einrichtung der Grünen Woche geworden und hat von Jahr zu Jahr größere Aufmerksamkeit gefunden. Informiert wird über den Stand der technischen Entwicklung der energetischen Biomasse-Nutzung, der politischen Rahmenbedingungen sowie über die neuen Chancen der Landwirtschaft.

Auf der nächsten Konferenz anlässlich der Grünen Woche 2001 wird das Themenspektrum auf die Biomasse als Rohstoffquelle ausgeweitet: „Der Landwirt als Energie- und Rohstoffwirt“. Die Frage wird behandelt, welcher Beitrag zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Ertragslage durch die Wind- und Wasserkraft mit ihren Standorten auf landwirtschaftlichem Betriebsgelände geleistet wird.

Schwerpunkt der Konferenz ist jedoch das Erneuerbare-Energien-Gesetz mit seinen Chancen für die Landwirtschaft, die mit der Umsetzung des Gesetzes verbundenen Rechtsfragen, weitere Förderprogramme sowie die Frage, wie administrative Hemmnisse gegenüber der Bio-Energie überwunden werden können. Die Konferenz greift die diesbezüglichen Streitfragen auf und zeigt die Wege zu deren konstruktiver Lösung.

Das Programm der zweitägigen Konferenz umfasst folgende Vorträge:

- Das Erneuerbare Energie Gesetz (EEG) als Erwerbchance für die Landwirtschaft.
- Der Konflikt um die Biomasse-Verordnung zum EEG.
- Integrierte Windkraftnutzung in der Landwirtschaft am Beispiel Dänemarks und Deutschlands.
- Die wirtschaftlichen Chancen von Pflanzenöl und Biogas durch das EEG.
- Stand der Entwicklung der Biomasse-Vergasung.
- Kalkulationsbeispiel für die Verstromung von Bio-Energie.
- UBA-Biomasse-Studien in der Kritik.
- Welchen Energiepflanzen gehört die Zukunft?
- Zu den Unterschieden des Ertragspotenzials der Pflanzen.
- Zum Abbau administrativer Hemmnisse gegenüber Bio-Energie.
- Ernte- und Verarbeitungstechniken der Biomasse.
- Biomasse als Ersatz für fossile Rohstoffe in der chemischen Industrie.

Weitere Informationen und Anmeldeformulare erhalten Sie bei EUROSOLAR e.V., Kaiser-Friedrich-Str. 11, 53113 Bonn, Tel. 0228-36 23 73, Fax 0228-36 12 79, www.eurosolar.org, inter_office@eurosolar.org