
EINE SOLARE ENERGIEVERSORGUNG FÜR EUROPA

Harry Lehmann

Aachen - 14.11.2001

(hl@susi-con.com)

Einleitung

In diesem 21sten Jahrhundert stehen wir vor der Aufgabe eine nachhaltige, zukunftsfähige Energiewirtschaft schaffen zu müssen. Doch was bedeutet „Nachhaltigkeit“ oder „Zukunftsfähigkeit“ ?

Von dem Begriff „Sustainable Development“, der die umweltpolitische Diskussion der neunziger Jahre prägte, hörte eine breite Öffentlichkeit erstmals 1980. Gleiches Recht auf die Erfüllung der Grundbedürfnisse und Lebensansprüche innerhalb einer Generation, innerhalb der Kontinente und über die Generationen und Zeiten hinweg ist Bestandteil der Idee der „zukunftsfähigen Entwicklung“. Grundlage eines solchen gleichberechtigten Strebens nach Lebensglück ist die Erhaltung einer Umwelt, in der der Mensch natürlich leben kann. „Sustainability“ bedeutet also, das System Erde nur derart zu nutzen, daß es langfristig in seinen wesentlichen Charakteristika erhalten bleibt. Individuelle Freiheit, soziale Stabilität und sozialer Ausgleich sind unverzichtbare Voraussetzung für ein gleichberechtigtes Streben nach Lebensglück. Eine zukunftsfähige Gesellschaft bedarf aber auch einer Wirtschaft, die mit den Erträgen dieser Welt mit möglichst wenig Kosten den maximalen Wohlstand, wie auch immer er definiert ist, erwirtschaftet. Die komplexen Zusammenhänge von Ökologie, Sozialem und Ökonomie bedingen, daß „Sustainable Development“ die integrative, gleichberechtigte und gleichwertige Beachtung dieser drei Dimensionen beinhaltet.

Die Wissenschaft kann nur wenige und in den meisten Fällen sogar keine Aussagen darüber machen, wie sich Eingriffe des Menschen auf die Biosphäre auswirken werden; weder darüber wie stark die Ökosphäre reagieren wird, noch über den Zeitpunkt oder den Ort. Die Menschheit muß zur Zeit – und vielleicht für alle Zeiten – im Bewußtsein großer Unkenntnis über ihr „Überlebens“-System Erde und seine Reaktionen auf das Einwirken des Menschen handeln. Vorsorglich sollten wir also durch unser Handeln so wenig wie möglich auf

dieses System einwirken, um Störungen zu vermeiden. Dieses Vorsorgeprinzip muß Leitfaden allen menschlichen Handelns sein, wenn zukunftsfähige Entwicklung erreicht werden soll.

Was bedeutet es also für die Energietechnologien die wir einsetzen, wenn wir, erstens, unsere Unwissenheit in Rechnung stellen, wenn wir, zweitens, das Vorsorgeprinzip berücksichtigen, das von uns verlangt, so wenig Energie- und Materialströme wie möglich zu erzeugen und wenn wir, drittens, nach dem Prinzip der gerechten zukunftsfähigen Entwicklung der Menschheit handeln wollen?

Eine Energiequelle nachhaltig zukunftsfähig zu nutzen, sollte weder direkt noch indirekt Risiken mit sich bringen, die die nächsten Generationen betreffen. Die Materialströme sollten so klein wie möglich sein, auch die von solchen Stoffen, die in der Natur vorkommen und als "unschädlich" gelten. Der Abfall, den eine Energienutzungstechnik hinterläßt sollte, so er nicht vermeidbar ist, aus Naturstoffen zusammengesetzt sein. Also aus solchen, die in der Biosphäre vorhanden sind. Wenn bei der Nutzungstechnik in der Natur nicht vorkommende Stoffe entstehen, sollten sie dauerhaft von der Ökosphäre getrennt lagerbar sein. Um diese Stoffe möglichst weitgehend aus der Biosphäre fernzuhalten, sollten die unvermeidlichen „dissipativen“ Verluste, wie sie etwa durch Abrieb, Lecks oder Verdunstung entstehen, sehr klein gehalten werden. Es sollten sich also nur sehr geringe Mengen der verwendeten Stoffe in der Biosphäre zerstreuen.

Die Energietechniken dürften nicht von endlichen Ressourcen abhängig sein, denn früher oder später sind diese aufgebraucht und stehen späteren Generationen nicht mehr zur Verfügung. Nur von den Erträgen zu leben, heißt, streng genommen, im Bereich der Energiewirtschaft nur die auf der Erde in einem bestimmten Zeitraum "erwirtschaftete" Energie auch nur in diesem Zeitraum zu nutzen.

Ein letzter wichtiger Punkt: Dauerhaft nutzbare Energietechniken sind solche, die nicht politisch destabilisieren, das heißt solche, die zum einen kein Sicherheitsrisiko darstellen und die zum anderen in vielen Regionen der Erde eingesetzt werden können. Hinsichtlich des Sicherheitsrisikos gilt dies insbesondere dort, wo Giftstoffe ins Spiel kommen oder wo Stoffe für militärische Zwecke mißbraucht werden können. Beides verlangt einen hohen Überwachungsaufwand, der teuer ist und gesellschaftlich und politisch leicht mißbraucht werden kann. In Bezug auf die Einsetzbarkeit in vielen Regionen darf eine zukunftsfähige Energietechnologie auf internationaler Ebene nicht destabilisierend sein, das heißt, die Ressourcen sollten allen Regionen der Welt in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen und dadurch Monopolbildungen oder Abhängigkeiten einer Region von anderen verhindern.

Alle diese Bedingungen erfüllen heute benutzte Energieversorgungsstechnologien nur teilweise oder gar nicht. In vollem Umfang lassen sie sich wahrscheinlich nie erfüllen, doch sie sollten den Hintergrund bilden, d.h. die Meßlatte für Entscheidungen, welche Techniken oder Technikkombinationen in einer zukünftigen Energiewirtschaft eingesetzt werden sollten. Legt man diese Meßlatte an die heutigen Energietechnologien an, so sind die fossilen und nuklearen Nut-

zungen aus vielerlei Gründen nicht zukunftsfähig. Nur die erneuerbaren Energietechnologien erfüllen, bei richtiger Anwendung, die geforderten Bedingungen.

Von einem zukunftsfähigen Umgang mit den Ressourcen der Welt kann in der momentanen Weltwirtschaft keine Rede sein. Der durch die fossile industrielle Revolution möglich gewordene Warenkonsum - und der damit verbundene Ressourcenverbrauch (ca. 80 Tonnen Ressourcenverbrauch pro Jahr und Bürger in Deutschland ohne Wasser [Bringezu, Schütz; 1996]) - sowie die gestiegene Anzahl an Menschen haben inzwischen Grenzen dieser Art des Wirtschaftens aufgezeigt. Hinzu kommt, daß dies daraus erwirtschaftete(n) Reichtümer, Bildung, Lebenserwartung und Lebenschancen weltweit zwischen den Industrieländer und dem der übrigen Ländern, als auch innerhalb vieler Länder extrem ungleichgewichtig verteilt sind. Von politischer oder sozialer Stabilität können große Teile der Welt nur träumen. Letztlich ist die Umwelt in zunehmender Weise bedroht, beginnend mit dem bekannteren Problem der Veränderung des Klimas durch den Menschen, der Erosion der fruchtbaren Böden und der Wasserverschmutzung bis hin zu den verschiedenen Auswirkungen menschgemachter Gifte.

Merkmale einer zukunftsfähigen Gesellschaft sind von verschiedenen Autoren schon skizziert, diskutiert aber kaum umgesetzt worden. Dazu gehört:

- die ressourcenoptimierte Bereitstellung von Dienstleistungen (Faktor 10)^{<1>},
- die Umstellung auf erneuerbare Ressourcen/Energien und die effiziente Nutzung dieser Ressourcen,
- den erhaltenden Umgang mit Böden^{<2>},
- die Hinterfragung und Neubewertung dessen was wir Wohlstand nennen und wieviel davon genug ist.

1. siehe auch: F. Schmidt-Bleek, F. "Wieviel Umwelt braucht der Mensch – MIPS das Maß für ökologisches Wirtschaften", Birkhäuser Verlag, Basel (1994)

2. siehe auch: H. Lehmann, T. Reetz "Sustainable land use in the European Union – Actual status and a possible scenario for 2010", Wuppertal Paper, November 1994

Zukunftsfähige Energieversorgung

»The sign of a truly educated man, is to be deeply moved by statistics.«

George Bernhard Shaw

Die Umstellung auf erneuerbare Ressourcen muß insbesondere in der Energiewirtschaft schnell stattfinden, da durch den stattfindenden Klimawandel hier ein rascher Handlungsbedarf existiert. Doch dies ist nicht der einzige Grund auf Sonnenenergie umzustellen. Die Sonnenenergie, die Geothermie und die durch die Gravitation bedingten Gezeitenkräfte (Wind, Wasser) sind die einzig wirklichen Energie-Einkommen der Erde. Die Ausbeutung der in der Erde gelagerten Materialspeicher an Kohle, Öl und Erdgas, die über sehr lange Zeiträume aus diesen Energien entstanden, ist nichts weiter als eine riesige Umverteilung zu Lasten zukünftiger Generationen. Verschärft wird dieses durch die Menschen, die heute noch gar nicht teilhaben an dem energetischen Überfluß eines Teils der Welt. Jeder dritte, mit steigender Tendenz, ist weltweit an kein Stromnetz angeschlossen. Diese Menschen mit Strom und damit mit Information, Licht, Kühlung und andere Grunddienstleistungen zu versorgen, wird angesichts des dezentralen Charakters dieser Versorgungsproblematik und der schwindenden fossilen Energiereserven nur mit erneuerbaren Energietechnologien stattfinden können. An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, daß es hinreichende Anzeichen für eine in den nächsten zwei Jahrzehnten anstehende Knappheit an Öl und Gas^{<3>} gibt. Aus all diesen Gründen sind die erneuerbaren Energien weit mehr als nur alternative, umweltfreundlichere Energietechnologien - sie sind die energetische Basis für ein zukunftsfähiges Zivilisationsmodell.

Eine zukunftsfähige Energieversorgung für Europa wird sich also 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?

3. Schindler J., Zittel H. : "Wie lange reicht das billige Öl", Scheidewege, Jahresschrift für skeptisches Denken, 28, 1998/99, Baiersbrunn 1998

-
- 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?

Solche Szenarien und Energieversorgungsstrukturen 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) – in den letzten Jahren untersucht. Im LTI-Projekt wurde dabei von “Extrem”-Szenarien - mit sehr unterschiedlichen aber ehrgeizigen, ökonomischen, sozialen und ökologischen Zielen - ausgegangen, die in den nächsten Jahrzehnten erreicht werden sollen. Denn wenn ein europäisches Energieversorgungssystem auf der Basis erneuerbarer Energien unter diesen hohen Ansprüchen darstellbar ist, ist die Realisierungsmöglichkeit eines solaren Europas mit weniger ehrgeizigen Zielen größer.^{<4>}

Ausgehend von zwei Archetypen des Bürgers – dem ökologisch motivierten Bürger und dem konsumorientierten Bürger – wurden zwei Szenarien entwickelt die zu einer 80% CO₂ Reduktion für Europa bis ins Jahr 2050 führen. Im „Sustainable“ Szenario sorgt der Staat dafür, dass der aus ökologischer Sicht beste Mix an Technologien genutzt wird und der Bürger unterstützt ihn durch entsprechende Konsumänderungen. Im anderen Szenario, dem „Fair Market“ Szenario, gibt es einen Markt an denen die verschiedenen Energietechnologien unter Berücksichtigung Ihrer externen Kosten miteinander konkurrieren können.

Beide Szenarien benutzen nur Technologien aus dem Jahr 1995 – neuere Entwicklungen (z.B. Windkraftanlagen der Megawattklasse, kleine Brennstoffzellen oder virtuelle Kraftwerke) sind nicht genutzt worden. Beide Szenarien versuchen nur mit innereuropäischen erneuerbaren Energiequellen auszukommen. Für die gesamte EU werden bis zum Jahre 2050 gleiche Lebensstandards sowie eine Verfügbarkeit von Geräten ähnlich der gegenwärtigen Situation in Dänemark, Deutschland oder den Niederlanden angenommen, d.h. der Wohlstand steigt beträchtlich in vielen Regionen der EU.

Im „Sustainable“ Szenario sind anspruchsvolle Annahmen über die Umsetzung ökologischer und sozialer Ziele gemacht worden (wie z.B. flächendeckende Einführung ökologischer Landwirtschaft, 10% der Flächen Europas als Naturschutzgebiet, ausgeglichene Import/Export Bilanz der außereuropäischen Flächennutzung - d.h. Ernährung vom eigenen Flächenpotential). Diese haben die Gestaltung eines funktionierenden Energiesystems erschwert, da u.a. Potentiale bei Biomasse und Wind eingeschränkt wurden.

4. "Long-Term Integration of Renewables Energy Sources into the European Energy System", The LTI Research Team, Physica Verlag (1998)

Energieversorgung 2050

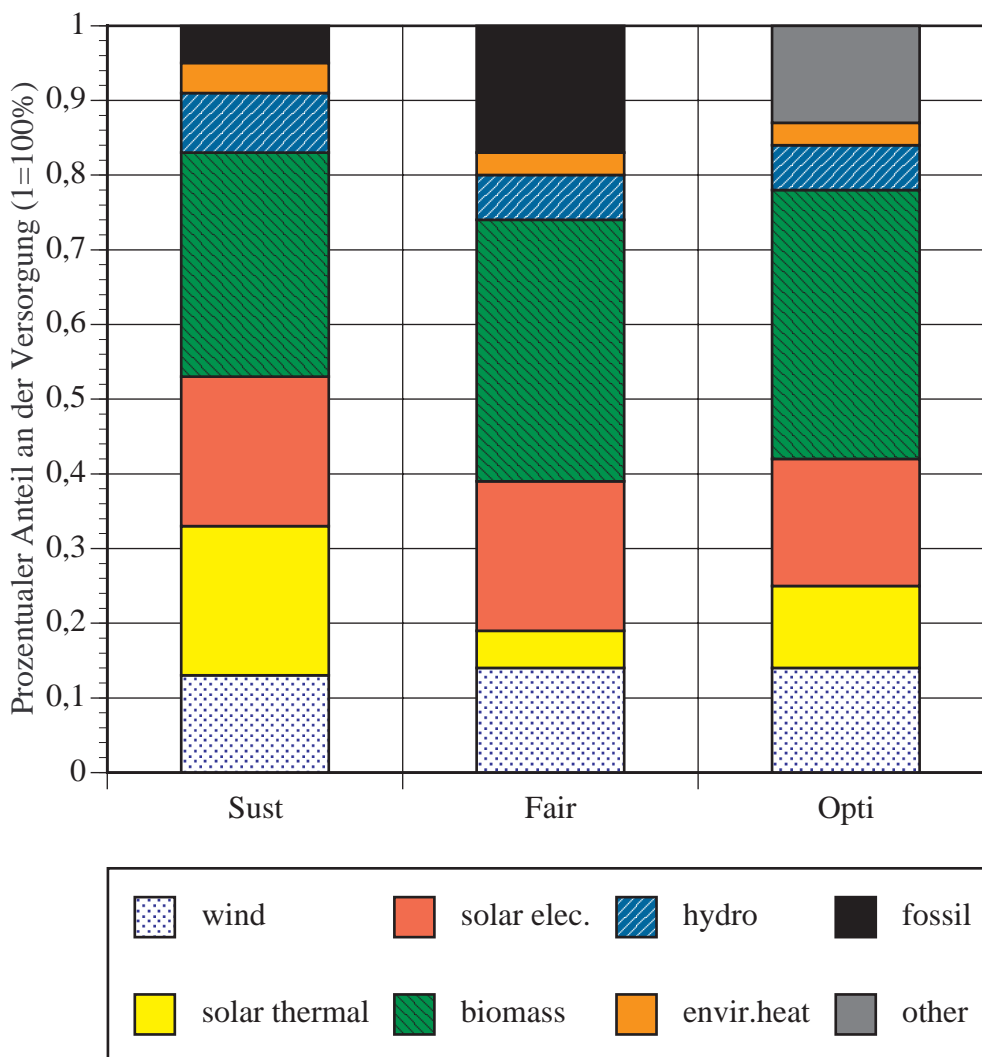


Abb.: 1.) Anteil der Energieträger an der Versorgung 2050 in drei verschiedenen Szenarien. Die Wirkung der Anwendung der passive Solararchitektur ist in diesen Szenarien nur durch Verringerung der Energienachfrage im Gebäudebereich dargestellt. Insgesamt ist durch Effizienz und Energie sparen die Nachfrage zwischen 38 und 62% gesenkt worden. Geothermie, importiertes Solarwasserstoff u.a. sind in den Szenarien „Sustainable“ und „Fair Market“ nicht mitbetrachtet worden und im „Opti“ Szenario unter „other“ zusammengefaßt; Quelle : "Long-Term Integration of Renewables Energy Sources into the European Energy System", The LTI Research Team, Physica Verlag (1998) und eigene Berechnungen.

Weitere Szenarien (siehe Szenario „Opti“) an denen momentan gearbeitet wird, können dank verbesserter Simulationstechnik (erhöhte räumliche und zeitliche Auflösung) andere und neuere Technologien (insb. dezentrale Brennstoffzellen und Geothermie) mitbetrachten.

Die untersuchten Szenarien stellen aufgrund der extrem verschiedenen Annahmen „Leitplanken“ einer möglichen Entwicklung dar. Diese Szenarien sind keine Prognosen einer möglichen

Entwicklung. Die Realität wird sich als ein Mix verschiedener Trends ergeben^{<5>}. Die Szenarien sind gestaltet worden um möglichst viel über eine solare Versorgung der europäischen Staaten zu lernen.

Ein solares Energieversorgungssystem, das eine sichere und ganzjährige Versorgung ermöglicht, 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 Potentiale 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 z.B. Wind) auftreten, durch diesen Ansatz ausgeglichen. Wenn z.B. in einer Region kein Wind weht, kommt der Strom zuerst aus anderen regionalen Quellen, z.B. 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, z.B. 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 in den hier beschriebenen Szenarien nicht benutzt worden).

5. Hier sei insbesondere auf die Veränderungen im Bereich der Landnutzung und Landwirtschaft hingewiesen, die zum Zeitpunkt der Studiererstellung utopisch klangen, heute nach BSE und MKS schon im Trend liegen.

„Vorausschauendes“ Management ermöglicht, daß Technologien, deren Energieproduktion wetter- und jahres-zeitabhängig ist, und solche, deren Energie zeitlich jederzeit verfügbar ist, zusammen mit dem überregionalen Austausch, eine stabile Energie-versorgung der Verbraucher garantieren. Dies ist erst heute - durch die Kommunikationstechnologien, die dem Internet zugrunde liegen, und durch die modernen Computertechnologien - möglich geworden.

Die in den Szenarien betrachteten erneuerbaren Energiequellen sind Biomasse, Wasserenergie, Solarthermie, Photovoltaik und Windenergie. Andere Quellen wie Geothermie, Wellen- und Gezeitenenergie wurden nicht einbezogen. Dies bedeutet allerdings nicht, daß diese Technologien keine Beachtung finden sollen; sie sollen vielmehr bei geeigneten lokalen Potentialen genutzt werden. Desweiteren 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.

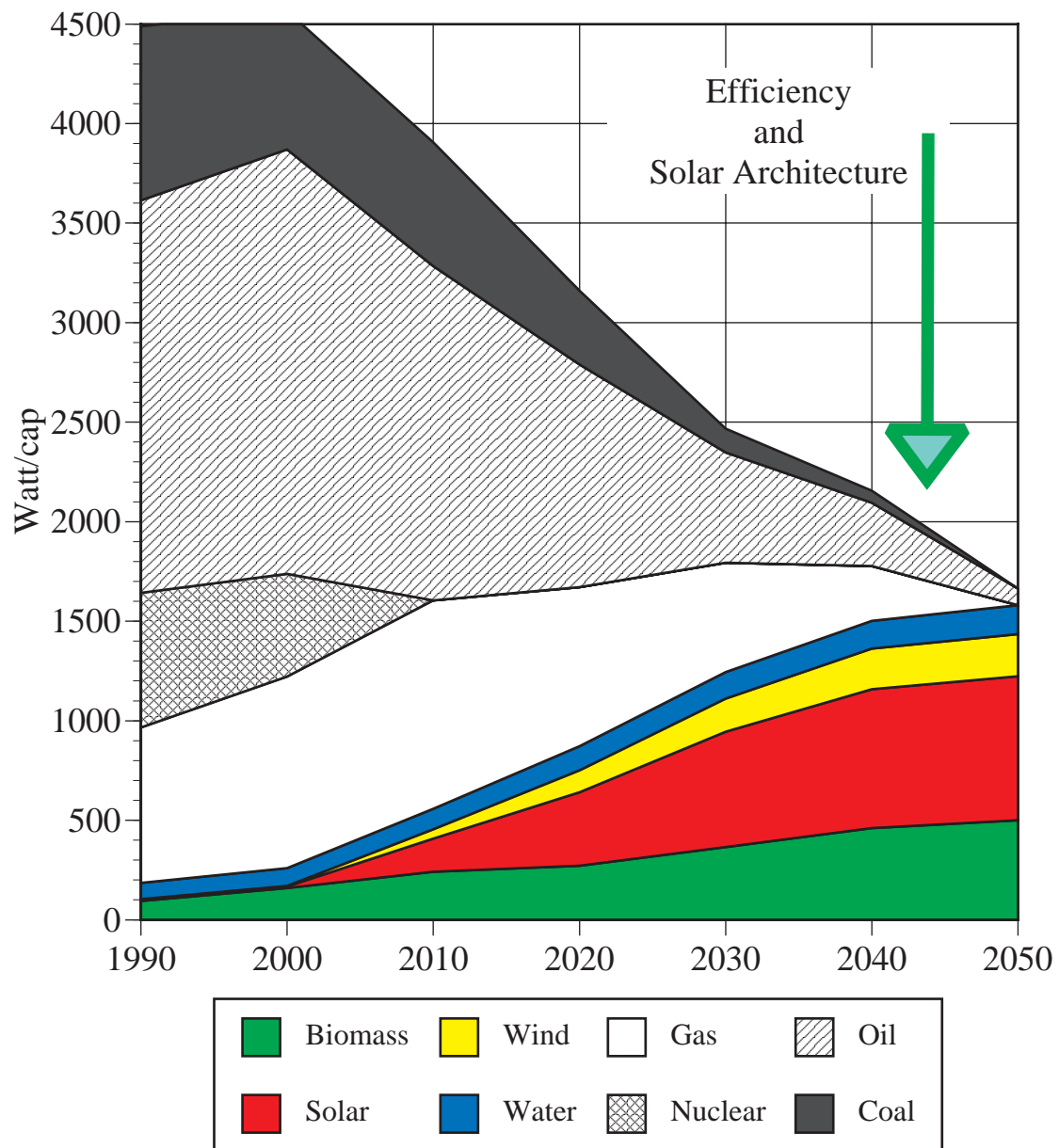


Abb.: 2.) Zeitliche Entwicklung des „Sustainable Szenario“

Quelle : "Long-Term Integration of Renewables Energy Sources into the European Energy System", The LTI Research Team, Physica Verlag (1998)

Konsistenzprüfung

An die entwickelten solaren Energieversorgungsstrukturen und die Einführungsszenarien, sind einige kritische Fragen zu stellen:

- Funktioniert dieses System das ganze Jahr?

Die resultierenden Energiesysteme sind im Detail abgebildet worden und mit realen Wetterdaten simuliert worden (siehe Abbildung 3 auf Seite 11). 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%igen CO₂-Reduktion nicht entgegenstehen. Ein Simulationslauf offenbarte, 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 lassen sich durch eine entsprechende Führung der zuschaltbaren Kraftwerke (z.B. Brennstoffzellen) ausgleichen. Kürzlich durchgeführte Simulationen mit einer höheren zeitlichen und räumlichen Auflösung zeigen, daß die Probleme der Fluktuationen viel geringer sind als erwartet und damit die Notwendigkeit der Speicherung verringern.

In den beiden anderen Szenarien ist es durch den noch hohen Anteil an fossilen Brennstoffen oder importierter Solarenergie (z.B. als Wasserstoff oder Stromimporte) einfacher eine ganzjährig stabile Energieversorgung darzustellen.

- Sind die Einführungskurven für die Energietechnologien realistisch?

Vergleicht man die errechneten Markteinführungskurven für die erneuerbaren Energietechnologien mit historischen Beispielen (z.B. Automobil, Lufttransport, Computer, insbesondere Windenergie nach 1995), so gibt es in der Geschichte der Technologieentwicklungen Markteinführungen die schneller sind. In den Szenarien werden durchschnittliche Steigerung der Installationen der erneuerbaren Energien bis 2050 (Basis 1990) um jährlich 5,8% bis 7% angenommen. Diese bedeutet aber nicht, daß die Markteinführung deshalb „von selbst“ kommt, in einigen Fällen (insbesondere Photovoltaik) sogar noch besonders starker Anstrengungen bedarf. Historisch zufällig, trotzdem erwähnenswert, ist, daß der im „Sustainable“ Szenario errechnete Wert für 2010 nicht weit weg ist von dem im Weißbuch für erneuerbare Energien für Europa formulierten Ziel.

Bei den Effizienzsteigerungen im Industriesektor, im Verkehrssektor und bei den Geräten der Haushalte wurde mit vorsichtigen Werten gerechnet. Im „Sustainable“ Szenario mit den höchsten Effizienzsteigerungen wurde als durchschnittliche Steigerung der Effizienz nur 1,6% pro Jahr angenommen, dies ist nicht viel höher als die derzeitigen durchschnittlichen Effizienzsteigerungen.

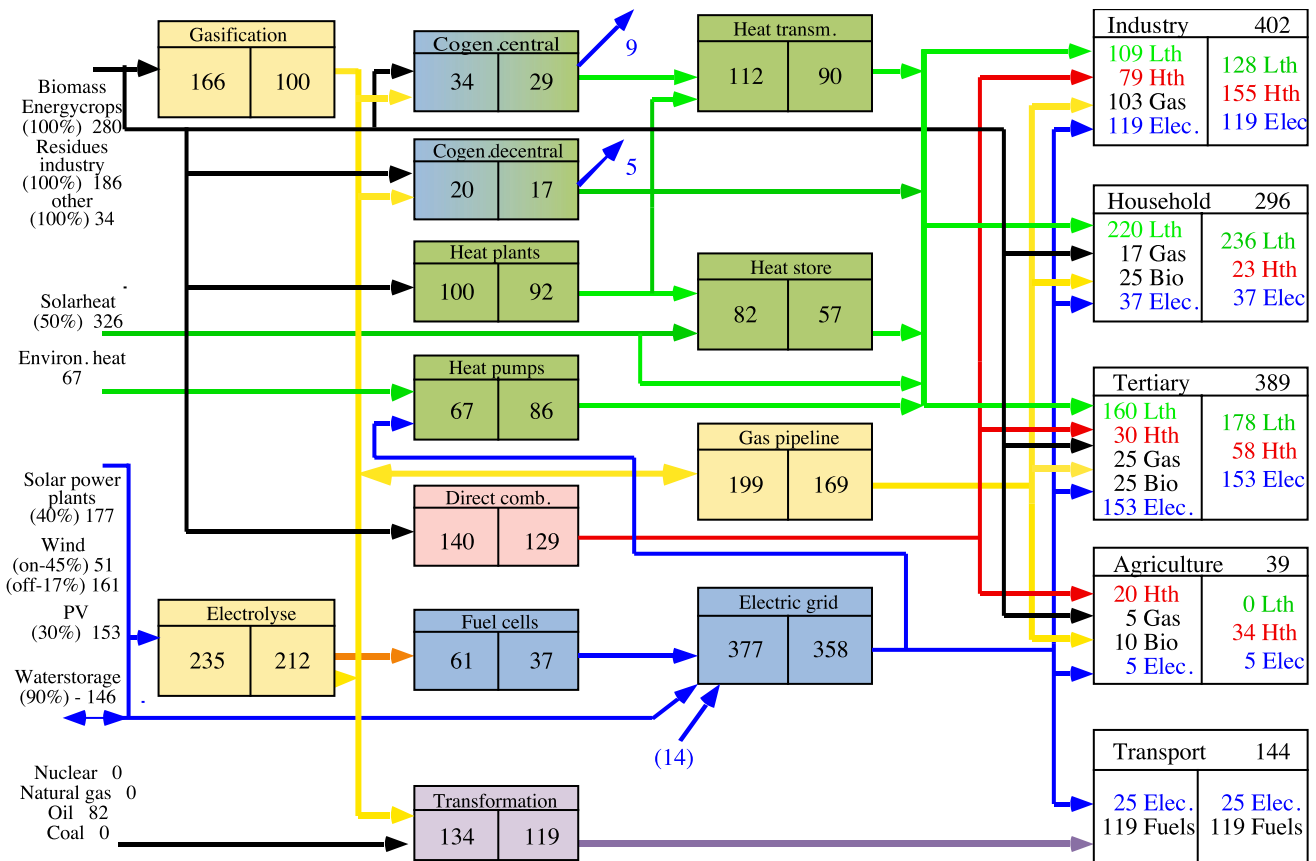


Abb.: 3.) Aufbau des Energieversorgungssystems des „Sustainable Szenarios“ für Europa (2050). Bei den erneuerbaren Energien ist der Anteil der Potentialausnutzung in Prozent angegeben. Alle Größen sind Watt Jahr pro Kopf der Bevölkerung.

Quelle : "Long-Term Integration of Renewables Energy Sources into the European Energy System", The LTI Research Team, Physica Verlag (1998)

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 dem „Sustainable“ Szenario dargestellte Entwicklung auch abbilden zu können. Im „Sustainable“ Szenario wird ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 30 KWh für Heizung und/oder Kühlung pro Quadratmeter und Jahr (die passiven Gewinne sind hier bereits eingerechnet) im Jahr 2050 angenommen⁶. Der Einsatz dezentraler Wärme/Stromproduk-

tion mit kleinen Brennstoffzellen könnte dieses Problem entscheidend lösen. In den anderen Szenarien ist dieses Problem nicht so.

- Reichen die Potentiale?

Selbst unter den für die Potentiale der erneuerbaren Energien restriktiven Annahmen des „Sustainable“ Szenarios sind genügend Potentiale der einzelnen Technologien vorhanden. Weicht man die anderen ökologischen Ziele (insbesondere die der Landnutzung und der ökologischen Landwirtschaft) etwas auf, so erhöhen sich die Potentiale (insbesondere der Biomasse) drastisch. Dieses schafft „Reserveraum“ um z.B. die Probleme bei der Steigerung der Effizienz im Gebäudesektor aufzufangen. Gibt man die wenig realistische Annahme des „Sustainable“ Szenarios 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 Canada oder Biomasse aus Rußland bedeutet, ist offen und der zukünftigen Geschichte überlassen. Macht man weniger konservative Annahmen über die Effizienz der erneuerbaren Energietechnologien (z.B. wurde als größtes Windrad eine 600 KWh Anlage angenommen) so steigen die Potentiale drastisch. Dies hilft auch die Probleme im Gebäudebestand zu lösen.

- Ist eine 100% Versorgung realisierbar ?

Der fehlende Anteil an einer vollen solaren Versorgung im „Sustainable“ Szenario 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 z.B. Brennstoffzellen (mobil und dezentral) nicht in dem Szenario mit berücksichtigt werden. Mit diesen Technologien und den oben ausgeführten zusätzlichen Potentialen ist eine volle solare Versorgung Europas möglich, auch wenn die Ziele im Gebäudebestand nicht vollständig erreicht werden.

Im „Fair Market“ Szenario braucht nur der noch verbliebene Anteil an fossilen Energieträgern durch importierte Solarenergie ersetzt zu werden. Im „Opti“ Szenario ist eine solare Vollversorgung erreicht worden.

Eine 100% solare/erneuerbare Energieversorgung für Europa ist realisierbar. Ob dieses 2050 oder erst 2100 möglich ist, hängt von den Maßnahmen und der Konsequenz der Einführungsmaßnahmen ab.

6. zum Vergleich Energieverbrauch 1990 in der BRD pro Jahr für Heizung 150 KWh/m²

Kosten und Arbeitsplatzeffekte solarer Versorgung

Die jährlichen Betriebskosten der existierenden regenerativen Energieanlagen im Jahre 1990 in der Europäischen Union wurden im LTI Projekt auf ca. 42 Mrd. geschätzt. Im „Sustainable“ Szenario wird dieser Wert bis zum Jahr 2050 auf 253 Mrd./a ansteigen (unter der Annahme daß die Markteinführung zu Preisenkungen der erneuerbaren Energieträger führen). Dies erscheint auf den ersten Blick recht hoch, es 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 GWp auf 2.300 GWp um den Faktor 16 zunehmen. Verglichen mit heute bedeutet dies eine ca 50% „teurere“ KWh in 2050 - da aber in allen drei Szenarien eine Verringerung der benötigten Energie stattfindet, wird für die Mehrzahl der Sektoren der Gesamtaufwand für Energie gleich bleiben.

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-Model 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 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 Mio. Personenjahre) notwendig. Diese Arbeitsplätze sind hauptsächlich im Bereich der Biomasse zu suchen. Von den 1,6 Millionen Personenjahren 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 einen fossilen 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.ECU/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 Personenjahre 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 ausgegeben 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 Mio. Personenjahren.

Für das auf erneuerbaren Energien basierende „Sustainable“ Szenarios ergeben sich gegenüber dem Referenzfall Beschäftigungsmehreffekte in Höhe von 340.000 bis 580.000 zusätzlichen Personenjahren. Ein Grund für die relativ kleine Differenz ist die Tatsache, daß im Jahre 1988 die Arbeitsintensität im Konsumgüterbereich wesentlich höher ist als im Energiebereich war. Außerdem sind die Annahmen für den fossilen Referenzfall als sehr optimistisch anzusehen. Deseiteren fehlen die Arbeitsplätze die zur Sanierung der Gebäude benötigt werden. Letztlich ist das „Sustainable“ Szenario jenes mit den geringsten Installationszahlen (d.h. mit den höchsten Effizienzsteigerungen).

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 mit einschließt als ein auf konventionellen Energien basierendes System. Dies Ergebnis wird für Europa verstärkt durch die Tatsache, daß mehr Arbeitsplätze zur Produktion von Investitionsgütern innerhalb der EU 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.

Schlußfolgerungen

Es wurde gezeigt, daß das europäische Energiesystem innerhalb der nächsten 60 Jahre verändert werden kann, hin zu einem nachhaltigen Einsatz von Energie. Energieeffizienzmaßnahmen und umfangreiche Nutzung erneuerbarer Energien können die Atomenergienutzung beenden und den Einsatz fossiler Brennstoffe zur gleichen Zeit dramatisch reduzieren und später beenden. 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. Einer vollen solaren/erneuerbaren Energieversorgung stehen keine prinzipiellen technischen oder finanziellen Hindernisse entgegen.

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 ein Schlüsselbereich, der bald angegangen werden muß. Jedes heute neu zu bauende oder zu renovierende Haus ohne ausreichende Verbesserung seiner Energieeffizienz und der Nutzung solarer Gewinne wird für die nächsten Jahrzehnte zu einem zusätzlichen Hemmnis beitragen. Die heute anvisierten Ziele (z.B. Verdopplung der Nutzung der erneuerbaren Energien bis 2010 - Weißbuch der EU) 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 effiziente Energietechnologien 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.

