

Einstieg in ein neues Energiezeitalter?

VDI-Gesellschaft Energietechnik analysierte Wasserstoffwirtschaft

Am 11. und 12. März 1987 fand in Stuttgart die Tagung „Wasserstoff-Energietechnik“ statt. Fachliche Träger waren die VDI-Gesellschaft Energietechnik, die Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) und der Arbeitskreis Energie des Württembergischen VDI-Bezirksvereins. 350 Tagungsteilnehmer informierten sich über den derzeitigen Entwicklungsstand der Wasserstofftechnologie und ihren Stellenwert für eine zukünftige Energiewirtschaft. 17 wissenschaftliche Vorträge beleuchteten Fragen der Erzeugung, des Transports, der Speicherung und der Nutzung von Wasserstoff sowie werkstoff- und sicherheitstechnische Aspekte der Wasserstoff-Energiewirtschaft. Im Rahmen einer Podiumsdiskussion diskutierten namhafte Energiefachleute die Perspektiven der Wasserstoffenergie.

Immer haben sich im Verlauf der Energiegeschichte die einzelnen Energieträger bzw. Energiequellen ergänzt oder in bestimmten Einsatzbereichen abgelöst. Dieser Prozeß, der von Kohle über Öl zu Erdgas und Kernenergie verlief, prägte die Struktur des heutigen Energiesystems. Sonnenenergie und Wasserstoff könnten diese Reihe fortsetzen. Der Rohstoff Wasser ist auf der Erde nahezu unbegrenzt vorhanden. Mit Hilfe von Sonnenenergie kann daraus Wasserstoff für die Strom- und Wärmeerzeugung und als Treibstoff für Fahrzeugmotoren gewonnen werden – ohne die Umweltbelastungen der herkömmlichen Energieträger.

Die Initiatoren der Tagung betonten, daß die wirtschaftliche Nutzung der Sonnenenergie und ihres Speicher- und Transportmediums Wasserstoff „nicht schon morgen“ zu erwarten ist. Wie jeder der bereits etablierten „Pfeiler“ des derzeitigen Weltenergiesystems würden auch sie sich erst nach Jahrzehnten der Forschung und Entwicklung als tragfähiger Bestandteil der Energieversorgung durchsetzen können. Mittelfristig dürften eher ökologische denn energiewirtschaftliche Aspekte den Wasserstoffeinsatz vorantreiben.

Die DFVLR-Wissenschaftler Dr.-Ing. Joachim Nitsch und Prof. Dr.-Ing. Carl-Jochen Winter formulierten

These 3

Die Endlichkeit der endlichen konventionellen Energieträger ist unterschiedlich: Gas und Öl reichen – bei konstantem Verbrauch auf derzeitigem Niveau – noch Jahrzehnte, Kohlen Jahrhunderte; kommt es nicht zur Einführung der Brütertechnologie, so scheidet Kernenergie nach einigen Jahrzehnten aus. Dem steht das technische Potential der erneuerbaren Energien gegenüber. Es hat – gemessen am heutigen Welt-Endenergieverbrauch und konservativ eingeschätzt – die fünffache Größe.

Künftige Verfügbarkeit der konventionellen Energie ist das Ergebnis ihres zeitlichen Verbrauchs und des Marktpreises. Die „Reichweite“ nimmt zu, wenn der Verbrauch sinkt oder der Preis steigt.

Dieses „Gesetz“ dürfte gleichwohl gebrochen werden, wenn geringe verbleibende Mengen und damit hoher Preis nur mehr den Einsatz als chemischen Rohstoff zulassen, denn dort gibt es keinen Ersatz.

Kohle statt – zur Neige gehendes – Öl oder Erdgas vermehrt zu nutzen, setzte weltweite Etablierung erst in Ansätzen vorhandener Kohleveredelungstechnologien und globale Transportsysteme voraus, welche die vier Hauptlieferregionen der Welt mit den Verbrauchern verbinden müßten. Viel wichtiger hingegen – und vermutlich prohibitiv – wäre die dann auch vermehrte CO₂-Beladung der Atmosphäre und die vermehrte Umweltschädigung durch SO₂, NO_x, Schwermetalle u.a..

Selbst wenn es zur nationalen Einführung der Brütertechnologie kommt, ist die Langzeitnutzung von Kernenergie (Größenordnung 1000 Jahre) nur mit vollständiger Schließung des (übrigens weltweit) derzeit offenen nuklearen Brennstoffkreislaufs möglich.

Die aus den grundsätzlich inhärenten Risiken kerntechnischer Anlagen und der dann weltweiten Verfügbarkeit über Plutonium resultierenden Sicherheitszwänge könnten sich als politisch nicht mehr verantwortbar erweisen. Ein einmal etablierter Brennstoffkreislauf jedoch ist kaum mehr „abstellbar“.

Die erneuerbaren Energien, die gegenwärtig mit 13 % zum Weltenergieverbrauch beitragen (Wasserkraft, Biomasse), haben ein technisches Potential – gemessen am Weltenergieverbrauch von 1980 – von 2,8 (Solarstrahlung auf 1 % der globalen Landfläche), etwa 1 (Biomasse), 0,5 (Wind), 0,35 (Wasserkraft) und 0,5 (übrige). Ein sehr konservatives Gedankenexperiment zeigt, daß der derzeitige Endenergieverbrauch der Welt in Höhe von 7,3 · 10⁹ t SKE p.a. auf nur 0,5 % der globalen Landfläche solar zu decken wäre. – Nutzung erneuerbarer Energien ist auch eine Einübung in die „Langsamkeit der Natur“, auf deren Zeitkonstan-

12 Thesen zu Sonnenenergie und Wasserstoff

These 1

Immer haben Energien einander ergänzt oder abgelöst. – Für apodiktische Haltungen für oder gegen die eine oder andere besteht kein Anlaß.

Die Industrialisierung vor 200 Jahren wäre ohne den Übergang von der Holz-, Wind- und Wasserkraftnutzung und der menschlichen und tierischen Muskelkraft zur Kohle nicht denkbar gewesen.

Vor 100 Jahren begann Öl die Kohle überall dort zurückzudrängen, wo der flüssige, leicht speicher- und transportierbare neue Energieträger Vorteile versprach.

Das stürmische Eindringen von Erdgas in den Wärmemarkt – beginnend vor 25 bis 30 Jahren und noch nicht abgeschlossen – hätte so nicht stattfinden können, wenn Erdgas nicht auf der etablierten Stadtgas-Infrastruktur hätte aufbauen können.

Motive für die Entwicklung der Kernenergie waren: erwartete Kostengünstigkeit, quasi-nationale Verfügbarkeit, verringerte Ressourcenprobleme (Brüter), technologische Herausforderung und Vermeidung der fossilen Energieträgern eigenen Schadstoffbelastung der Biosphäre.

Ein alle Energiewandlung begleitender Schritt ist die rationelle Verwendung jeglicher Energie. Nicht benötigte Energie schont zur Neigung gehende Reserven und die Umwelt. Technisches Wissen um bessere Energieverwertung und Kapital sind daher gleichfalls „Energie“, besonders eines energiearmen Industrielandes.

Konsequente nächste Energiequelle ist die Sonnenenergie und ihr Speicher- und Transportmedium Wasserstoff, der energiegeschichtlich am Ende einer Skala abnehmenden Kohlenstoff- und zunehmenden Wasserstoffanteils steht.

These 2

Lange Explorations- und Einführungszeiten sind für jede neue Energiequelle typisch. Jede neue Energie braucht Jahrzehnte, um einen ersten spürbaren Beitrag zur Energieversorgung einer industriellen Volkswirtschaft zu leisten.

Nicht anders als bei Kohle, bei Öl, auch bei der Kernenergie – deren technisch-energiewirtschaftlicher Entwicklungsbeginn gut 30 Jahre zurückliegt und die gleichwohl nur 10 % des Primärenergieverbrauchs der BR Deutschland deckt (weltweit 4 %) – muß erwartet werden, daß auch Sonnenenergie und solarer Wasserstoff Jahrzehnte der Forschung und Entwicklung sowie der Markteinführung und Anpassung an das etablierte Welt-Energiesystem benötigen werden, bevor ihre Wachstumsdynamik nicht mehr unterbrochen werden kann. So gesehen haben Sonnenenergie und solarer Wasserstoff seit der Mitte der 70er Jahre jedoch erst zehn Jahre Forschung und Entwicklung und damit vielleicht ein Fünftel bis ein Viertel ihrer Entwicklungsgeschichte hinter sich. Um ihre Einführung voranzutreiben, benötigen sie daher eine kontinuierliche politisch-positive Grundhaltung, angemessene Förderung und breiten Konsens in der Bevölkerung.

ten sich rückzubedenken die Menschheit auch in anderen als in Energiebereichen schmerzhaft gezwungen werden wird.

These 4

Sonnenenergienutzung und solarer Wasserstoff stellen das einzige geschlossene Kreislauf-Energiesystem dar, dessen sich Menschen bedienen werden.

Alle etablierten fossilen oder nuklearen Energiesysteme sind offene Systeme, die irgendwo etwas begrenzt verfügbares aus der Biosphäre entnehmen und es andernorts – häufig mehrere tausend Kilometer entfernt – wieder an sie zurückgeben; gelegentlich giftig, immer chemisch oder isotopisch verändert, bei nuklearen Systemen immer radioaktiv, immer mit einer Abwärmelast der Umwelt in Höhe der gesamten umgesetzten Energie verbunden. Die globale Energie- und Materialbilanz wird von Menschenhand gestört.

Sonnenenergienutzung demgegenüber findet in einem geschlossenen Energiesystem statt; Sonnenenergie ist weder vermehrbar, noch verminderbar. Alles, was der Mensch tut, ist die in den Erscheinungsformen Strahlung, Umgebungswärme, Biomasse, Wasserkraft und Wind ohnedies auf die Erde übertragene Sonnenenergie für seine Zwecke zu nutzen, indem er das Sonnenenergieangebot durch zeitliche und örtliche Konzentration an den anthropogenen Energiebedarf anpaßt. Die globale natürliche Energiebilanz über einen endlich langen Zeitraum bleibt erhalten.

Nicht anders ist es mit einem globalen solaren Wasserstoffenergiesystem, das nicht mehr und nicht weniger Energie den Menschen nutzbar machen kann, als von der Sonne angeboten wird: Wärme und Strom aus Sonnenkraftwerken werden über die elektrolytische Zersetzung von Wasser in den speicherbaren und transportierbaren chemischen Energieträger Wasserstoff umgewandelt, der am Ort der Nutzung unter Energieabgabe wieder zu Wasser rekombiniert. Das anfallende Wasser wird an die Atmosphäre zurückgegeben, womit der Kontinuitätsbedingung Genüge getan ist. Die Atmosphäre sorgt für den globalen Ausgleich im Wasserhaushalt der Erde, wobei der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre nur im Promille-Bereich verändert wird.

These 5

Sonnenenergie und solare Wasserstoffenergiesysteme sind ökologisch neutral. Potentielle irreversible Schädigungen der Biosphäre, auch Langzeitschädigungen, sind ausgeschlossen. Sonnenenergie und Wasserstoff bergen keine außergewöhnlichen Gefährdungsrisiken und damit keine Akzeptanzprobleme für die Menschen.

Buchstäblich keinerlei Schadstoffe verlassen Sonnenenergieumwandlungssysteme: Kein CO, kein CO₂, weder C_nH_m noch SO₂, keine Stäube, kein

Ruß, keine Radioaktivität, weder Schwermetalle, noch Aschen. Einzig im Nutzungsbereich, wenn Wasserstoff mit Luft als Oxidator verbrannt wird, entstehen bei hohen Temperaturen Stickoxide, deren Menge und Spezies durch geschickte Verbrennungsführung minimiert werden können.

Durch Radioaktivität begründetes Schadenspotential besteht nicht.

Alle Abwärmelast der Atmosphäre durch Sonnenenergieumwandlungssysteme, welcher Art immer, kann per se nicht über das Maß natürlicher Insolation hinausgehen. Sie wird allenfalls regional konzentriert und zeitlich verzögert.

Ähnliches gilt für Biomassekonversion und die mit ihr verbundene CO₂-Belastung der Atmosphäre.

Aufwendungen mithin, welche bei konventionellen Energiewandlungssystemen zur Verhinderung oder Verminderung von Umweltbeeinträchtigungen entstehen, mögen Solarenergie- und solaren Wasserstoffenergieanlagen „gutgeschrieben“ werden.

Beeinträchtigungen der Umwelt entstehen, wie bei jeder Fertigung von Industriegütern, bei der Herstellung von Sonnenenergie- und Wasserstoffanlagen. Hohe Materialintensität verlangt daher besondere ökologische Aufmerksamkeit. Bedarf an Kenntniszuwachs und Verbesserungen besteht bei:

- Wirkungsgraden von Energiewandlungsschritten
- Lebensdauern von technischen Komponenten
- Verringerung des Material- und Energieaufwandes bei der Fertigung
- unbedingtem Recyclinggebot der Roh- und Fertigungsstoffe
- lokalen Albedo-Veränderungen, die möglichst positiv, eventuell landwirtschaftlich genutzt werden sollten.

Es gibt keinen absolut sicheren Energieträger. Das Maß an inhärenter Sicherheit ist von Energieträger zu Energieträger unterschiedlich. Die Sicherheit von solaren Energiewandlungssystemen ist denen fossiler Energiesysteme vergleichbar oder überlegen. Die mit Wasserstoff verbundenen Unfallgefahren sind denjenigen von Erdgas oder Benzin vergleichbar. Sie sind technisch und organisatorisch lösbar. Die deutsche Großchemie betreibt seit 40 Jahren Wasserstoffsysteme. Das frühere Stadtgas enthielt bis zu 60 % Wasserstoff.

These 6

Ein solares Wasserstoff-Energiesystem bedarf keines grundsätzlichen technischen Durchbruchs mehr; seine Komponenten sind verfügbar. Technische Unwägbarkeiten sind dadurch eingegrenzt.

Sonnenkraftwerke, Elektrolyseure, Pipelines, Verflüssiger, Kryotankschiffe, Wasserstoffbrenner, Wasserstoffheizer, Wasserstoff/Sauerstoff-Dampferzeuger, Metallhydridspeicher, LH₂-Speicher, Brennstoffzellen u.a.m. sind verfügbar und werden betrieben. Einige sind am Markt.

Sie sind nicht ausgereift, sie bedürfen der Weiterentwicklung und Optimierung, sie brauchen die Anpassung an realistische Einsatzbedingungen.

Das Risikopotential hingegen, technisch Schiffbruch zu erleiden, ist klein und überschaubar.

Modularität und – nach heutiger Einsicht – sehr weitgehende Rezyklierbarkeit tragen zur Überschaubarkeit des Risikopotentials entscheidend bei.

Der größte Teil zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsarbeit muß sich auf die Reduzierung von Herstellungskosten und die Verbesserung von Wirkungsgraden konzentrieren. Eine Verringerung der Kosten wird auch „automatisch“ mit der Erhöhung von Fertigungsraten einhergehen.

These 7

Ein solares Wasserstoff-Energiesystem trägt zur Perpetuierung des bestehenden Welt-Energiehandelssystems über den Zeitpunkt hinaus bei, da Öl und Gas zur Neige gehen werden. Es erweitert es auf sonnenreiche Entwicklungsländer im äquatorialen Gürtel $\pm 30^\circ$ (40°) N/S. Das wäre ein wichtiger Beitrag zur „wirtschaftlichen Zusammenarbeit“ der Nationen und zum Ausgleich des Nord-Süd-Gefälles.

Trotz – oder vielleicht sogar wegen – des Rufs „weg vom Öl“ (der zu Zeiten von 55 % oder mehr Ölanteil an der Energieversorgung unseres Landes nur zu berechtigt war) ist zu konstatieren, daß das bestehende Weltenergie-Handelssystem sich dem Grunde nach bewährt hat, seine Fortsetzung mithin ohne Grund nicht in Frage gestellt werden sollte. Überzeugender konnte durch dieses System in weniger als zehn Jahren die Herausforderung von 1973 und noch einmal von 1978/79 nicht ausgeregelt werden.

Die „Abhängigkeit“ von wenigen Lieferländern wird dadurch aufgehoben, daß Lieferanten solaren Wasserstoffs im ganzen äquatorialen Gürtel $\pm 30^\circ$ (40°) N/S zu finden sein werden.

Und worin besteht der Unterschied, im ausgehenden 20. Jahrhundert Pipelines und Kompressoren über mehrere tausend Kilometer nach Sibirien zu liefern, „gegen“ Erdgas im Gegenzug – oder im 21. Jahrhundert Sonnenkraftwerke und Wasserstoffanlagen zum Äquator zur Kompensation „gegen“ solaren Wasserstoff?

„Abhängigkeit“ von Energielieferländern, ist sie denn wirklich ein Problem für ein europäisches Industrieland hohen Selbstversorgungsgrades an Industriegütern (und – beiläufig – Überversorgung an Agrargütern)? Was sollen denn die Kunden auf dem Weltmarkt der BR Deutschland liefern, wenn nicht Energie (und Rohstoffe)?

Solarer Wasserstoff fördert die „Wirtschaftliche Zusammenarbeit“ der Nationen und stimuliert inhärent den Nord-Süd-Ausgleich: Das Sonnenenergieangebot ist im äquatorialen Gürtel zweibis dreimal größer als in Mitteleuropa.

Wenn mithin ein Industrieland in Mitteleuropa über die intensive heimische Sonnenenergienutzung hinaus weiteren Bedarf an Sonnenenergie hat, kann es ihn nur in Form solaren Wasserstoffs importieren; aus Ländern, die heute teilweise bereits Energieexportländer sind, oder aus Ländern, die mit der Sonnenenergie erstmals ein Gut bekommen, mit dem sie am internationalen (Energie-)Handel teilnehmen können.

Langfristig werden für die Errichtung nicht fossiler Energiesysteme in jedem Fall stabile internationale Verhältnisse und internationale Kooperationsbereitschaft erforderlich sein. Nord-Süd-Ausgleich ist daher ein inhärenter Bestandteil jeder langfristigen Energieplanung.

These 8

Lokale („dezentrale“) Sonnenenergienutzung – wie rationelle Energieverwendung – vermindern die Nachfrage auf dem Energiemarkt; sie dämpfen damit die marktliche Angebotsausweitung und den Ausbau „zentraler“ Energieversorgungsstrukturen.

Wie Maßnahmen zur rationellen Energieverwendung (Wärmedämmung von Häusern, spezifische Verbrauchssenkungen in Industrie und Verkehr, Wärme-Kraft-Kopplung u.a.m.) bewirkt lokale Sonnenenergienutzung eine Minderung der Nachfrage nach Energie, die vom Anbieter auf dem Energiemarkt hinzuzukaufen ist. Energie, welche durch rationelle Energieverwendung oder Sonnenenergienutzung beim Energieanbieter nicht nachgefragt zu werden braucht, reduziert dort die Vorhalteleistung und dämpft den Zubau überregionaler Versorgungseinrichtungen. Der sich rationeller Energieverwendung und lokaler Sonnenenergienutzung bedienende Bürger bestimmt verstärkt selbst das Maß an Energie, das er am Energiemarkt zusätzlich nachfragen muß.

Letztlich ist nicht die Ausweitung des Energieangebots primäres Ziel aller Energiewirtschaft, sondern die Bereitstellung nach Quantität und Qualität hinreichender Energiedienstleistung.

These 9

„Wirtschaftlichkeit“ von Energiewandlungssystemen ist ein relativer Begriff. Sonnenenergienutzung und solarer Wasserstoff sind – gemessen am derzeitigen Wirtschaftlichkeitsniveau – relativ und unwirtschaftlich. Erst der Abschluß der Entwicklungen für jeden neuen Energieträger und strikte „Internalisierung“ externer und Folgekosten schafft die marktwirtschaftliche Basis für den objektiven Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Energieträger.

„Wirtschaftlichkeit“ eines Energieträgers hängt außer von seinen betriebswirtschaftlichen Kosten und seiner im

Vergleich zu anderen Energieträgern relativen Marktposition auch von Bedingungen nationaler Vorsorgepolitik und staatlichen sozialen Engagements ab, u.a.m.: Die deutsche Steinkohle wäre nicht marktfähig, wenn sie nicht aus nationalen Erwägungen („sichere“ Energie) und gesellschaftspolitischen Gründen dazu gemacht würde. – Entschwefelungs- oder Entstickungsanlagen von Kohlekraftwerken brauchten solange betriebswirtschaftlich nicht kalkuliert zu werden, wie ihre Errichtung qua staatlicher Verordnung nicht vorgesehen war. Auch die Schließung des nuklearen Brennstoffkreislaufs wird – so sie von den Kernkraftwerksbetreibern zu tragen werden wird – zu betriebswirtschaftlich höheren Kosten und damit zu höheren Marktpreisen für Kernenergiestrom führen.

Solange alle diese unmittelbar oder mittelbar dem jeweiligen Energieträger zuzurechnenden externen oder Folgekosten nicht „internalisiert“ sind, solange sind diese Energieträger zu billig; das marktwirtschaftliche Gefüge ist verzerrt.

Werden alle externen oder Folgekosten internalisiert, steigt das Kostenniveau der konventionellen Energieträger. Es nähert sich damit dem von Sonnenenergie-Wandlungssystemen, das als Folge der vergleichsweise hohen Materialintensität (ihrerseits eine Folge der kleinen natürlichen solaren Energiedichte) und der bislang unzureichenden Stückzahlen höher sein wird. Konventionelle Energie wird auch wegen zunehmender Verknappung teurer werden; Sonnenenergie wegen Entwicklungsfortschritts und Zunahme der Stückzahlen billiger, wobei die Dynamik dieser Entwicklung erst in Anfängen sichtbar ist, so daß eine Harmonisierung des Kostenniveaus erwartbar wird.

These 10

Die Etablierung von Sonnenenergienutzungs- und solaren Wasserstoffenergiesystemen sind weitere Schritte einer innovationsfähigen Energiewirtschaft und sind von einer funktionstüchtigen industriellen Volkswirtschaft finanzierbar.

Die Energiewirtschaft der BR Deutschland gibt mehrere $10 \cdot 10^9$ DM/a für Investitionen aus; sie summieren sich – gedanklich – in einem angenommenen Einführungszeitraum von 30 Jahren für Sonnenenergienutzungs- und solare Wasserstoffanlagen auf $750 \cdot 10^9$ DM. Der Import von Öl und Gas erforderte in den letzten acht Jahren Investitionen in Höhe von etwa $400 \cdot 10^9$ DM.

Die kumulierten Vorleistungen bis zu Beginn einer nennenswerten Wasserstoffproduktion (nach 2000) lägen mit insgesamt rund 40 Mrd. DM deutlich unter 10 % der im gleichen Zeitraum für den Import von Energie aufzuwendenden Kosten. Der Anstieg der Fertigungskapazitäten bei gleichzeitig sinkenden Preisen führte danach zu gleichbleibenden jährlichen Investitio-

nen von 50 Mrd. DM/a. Damit ließe sich ständig eine Wasserstoffproduktion von 100 Mill. t SKE/a aufrechterhalten, entsprechend rund 40 % des derzeitigen Endenergiebedarfs der BR Deutschland. – Die Ausgaben für den Import fossiler Energie würden gleichzeitig reduziert.

Volkswirtschaftlich wirken sich Investitionen für Sonnenenergienutzung und Wasserstoff entlastend aus bei der Finanzierung von Umweltfolgeschäden und gesundheitlichen Risiken, der gesellschaftlichen Durchsetzung u.a.m.

Zahlreiche Innovationen und eine Stimulanz bereits existierender Technologien (Robotik, Mikroelektronik) sind durch einen breiten Einstieg in das weitgefächerte Feld der Solar- und Wasserstofftechnologien zu erwarten. Kombinationen mit rationeller Energienutzung wirken sich eher wettbewerbs- und arbeitsplatzfördernd aus.

Solar- und Wasserstofftechnologien können von zahlreichen Branchen aufgegriffen und in Betrieben unterschiedlichster Größe gefertigt und gewartet werden. Dies ist für ein gesundes Wirtschaftsgefüge („mittelständische“ Industrie, Handwerker) von größter Bedeutung.

These 11

Sonnenenergienutzung und solarer Wasserstoff sind für eine industrielle Volkswirtschaft keine Frage technischen Könnens. Vielmehr scheint es für ein energiearmes, aber technologie- und kapitalreiches Industrieland in Mitteleuropa vorgezeichnet und zwangsläufig, das solare Kreislauf-Energiesystem zu adaptieren.

Die BR Deutschland ist energiearm; sie wird es bleiben. Energieimport ist unabweislich; Export von Technologien zu Energiewandlung, -speicherung, -transport u.a. hat Tradition.

Frühzeitiges Einphasen von Sonnenenergienutzungs- und Wasserstofftechnologien kann geschickter industrieller Vorsorgepolitik gleichkommen. Daß die derzeit vorherrschende lineare Verbrauchswirtschaft sich längerfristig in eine Kreislaufwirtschaft wandeln muß, daran besteht kein Zweifel. Insoweit ist Wirtschaften mit Sonnenenergie und Wasserstoff nur konsequent.

These 12

Sonnenenergie und Wasserstoff brauchen einen Anwalt im Land; einen Anwalt, der sinnfälligerweise die drei beteiligten Partner vertritt: Energiepolitik, Energiewissenschaft, Energiewirtschaft. Eine 2. Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages, diesmal „Zukünftige Energiepolitik der BR Deutschland“, wird empfohlen.

Es wäre ein Trugschluß anzunehmen, daß Sonnenenergienutzung und solarer Wasserstoff „von selbst“ kämen, auch nicht, wenn sie sich wach-

sender Überzeugung sicher sein könnten. Dazu sind die Zeitkonstanten zu groß; wann schon setzen sich heutige Generationen für die nächste oder gar übernächste ein?

Dazu ist – verständlicherweise – auch die Beharrungstendenz der etablierten Energiestrukturen zu groß. Ein Energieunternehmen geht nicht ohne Not auf einen neuen Energieträger über, solange das Ende der Abschreibungszeit der – immensen – getätigten Investitionen nicht sichtbar ist.

Es gibt auch keinen Lieferanten heimischer Sonnenenergie, und es wird per se keinen geben. Es gibt allenfalls sehr verschiedene Branchen (Photovoltaik = Elektrotechnik, Windkraftwerke = Maschinenbau, Biomassekonverter = Verfahrenstechnik, solarthermische Anlagen = Heizungsbau, Kleingewerbe u.a.), welche sich der Lieferung von Sonnenenergie-Nutzungstechnologien widmen könnten.

Deutlicher ist – zumindest potentiell – das industrielle Gefüge ausgeprägt beim Export von Sonnenkraftwerken und Wasserstoffanlagen und anschließendem Import solaren Wasserstoffs. Das eine besorgt die angestammte Kraftwerksindustrie, allenfalls ergänzt durch die Massenfabrikation von Heliostaten oder photovoltaischer Paneele; für das andere ist die Gaswirtschaft prädestiniert, für die internationale Gas- und Flüssiggasnetze zu betreiben heute schon Routine ist.

Was Sonnenenergie und solarer Wasserstoff wirklich brauchen, ist ihre Aufnahme in den politischen Zielkatalog künftiger Bundesregierungen, so wie das für die Kernenergie der Fall war. Welcher nationale Konsens und welche Beharrlichkeit und welcher Aufwand erforderlich sind, um einen neuen Energieträger in 30 Jahren und mit 30 Milliarden DM Unterstützung durch die öffentliche Hand sowie einem Mehrfachen seitens der Wirtschaft zu einem Beitrag auch nur von 10 % zum Primärenergieverbrauch der BR Deutschland zu bringen, ist an der Entwicklungsgeschichte der Kernenergie deutlich geworden; dabei hat das nukleare Brennsystem seinen Schlußstein noch nicht gefunden.

Es kann vorausgesehen werden, daß die präsumptive Entwicklungsgeschichte der Sonnenenergienutzung und des solaren Wasserstoffs durchaus nicht schneller oder friktionsärmer verlaufen wird. Zwar scheinen die technischen, sicherheitlichen und akzeptatorischen Probleme geringer zu sein als bei der Kernenergie; nicht unterschätzt werden sollte jedoch die internationale Komponente, die für das klimatisch nicht gerade begünstigte Mitteleuropa inhärent mit Import solaren Wasserstoffs verbunden ist.

Eine 2. Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages wird empfohlen, diesmal „Zukünftige Energiepolitik der BR Deutschland“, als Forum des nationalen Dialogs und als Fokus für Konsensbildung im Lande.

Schädliche Klimaveränderungen zu befürchten BMFT-Begründung für intensivere Klimaforschung

Seit Beginn der Industrialisierung hat sich die natürliche chemische Zusammensetzung der Atmosphäre verändert. Die Konzentration einer Reihe von sog. Spurengasen hat kontinuierlich zugenommen. Das wichtigste und bekannteste ist das Kohlendioxid (CO₂), das insbesondere bei der Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Erdöl, Erdgas, aber auch bei der Rodung und Verbrennung der tropischen Wälder in erheblichen Mengen in die Atmosphäre freigesetzt wird.

Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre bewegte sich vor dem massiven Eingriff durch den Menschen zwischen 260 und 290 ppm. 1985 betrug er hingegen schon 345 ppm, bei einer Steigerung von + 4,0 % (= 1,5 ppm.) im Jahr (1 ppm = 1 Teil je 1 Million Teile). Aber auch die Konzentration anderer Spurengase in der Atmosphäre, wie Methan, Distickstoffoxid N₂O und die Fluorchlorkohlenwasserstoffe haben mit dem Beginn der Industrialisierung ständig zugenommen.

Der sogenannte natürliche Treibhauseffekt wird dadurch wesentlich verstärkt. Die in der Atmosphäre enthaltenen Gase lassen einen Teil der energiereichen kurzwelligeren Strahlen der Sonne an die Erdoberfläche gelangen. Dort wird diese Strahlung absorbiert und in langwellige Wärmestrahlung umgewandelt. Diese Wärmestrahlung wird von einigen Gasen (Treibhausgasen) absorbiert, so daß eine Erwärmung der unteren Atmosphäre eintritt. Ohne diese „natürliche Erwärmung“ würde die mittlere Erdoberflächentemperatur – 18 °C betragen, aber durch diesen Mechanismus beträgt sie tatsächlich ca. + 15 °C. Die Gase wirken also wie die Glasfenster eines Gewächs- oder Treibhauses. Der Treibhauseffekt beschert also den Lebewesen erst ein erträgliches Klima. Andererseits würde ein durch den Menschen verursachter zusätzlicher Anstieg solcher Spurengase zu weiterer Erwärmung der Atmosphäre und Veränderung des Klimas führen.

Einen wesentlichen Beitrag zu diesem Treibhauseffekt liefert das Kohlendioxid (CO₂), das seit längerem im Blickpunkt der Forschung steht. Allerdings hat man in den letzten Jahren auch erkannt, daß die entsprechenden Wirkungen der anderen Spurengase bisher eher unterschätzt worden sind. Man hat anhand noch einfacher Klimamodelle abgeschätzt, daß eine Verdoppelung des CO₂-Gehaltes in der Atmosphäre eine global gemittelte Erwärmung von 3 bis 4 Grad ergeben würde. Bei heutigen Anstiegsraten würde dies etwa 2050 eintreten. Berücksichtigt man darüber hinaus die anderen Spurengase, so rückt dieser Vorgang schon ins Jahr 2030 vor.

Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre wird wesentlich durch den Austausch zwischen den Reservoiren Ozean, Biosphäre und Atmosphäre bestimmt. Dabei bildet der Ozean die größte CO₂-

Senke, die umso wirkungsvoller sein kann, je langsamer ihr das aufzunehmende CO₂ angeboten wird. Die Aufnahmekapazität der Land-Biosphäre nimmt durch Waldzerstörung und Boden-erosion ab, d.h. sie bindet weniger CO₂. Nur die Ozeane könnten also wirkungsvoll zur Verlangsamung der Erwärmung beitragen.

Mit Sorge wird auch der offenbar fortschreitende Abbau des Ozons in der Stratosphäre beobachtet, wobei insbesondere das von englischen Forschern entdeckte Ozonloch über der Antarktis im Blickpunkt des Interesses steht. Das Ozon in der Stratosphäre, d.h. der äußeren Hülle unserer Atmosphäre, hat eine wichtige Funktion für das Leben auf der Erde. Es filtert die harte energiereiche UV-Strahlung der Sonne weitgehend aus, so daß Lebewesen und Pflanzen ausreichend vor dieser Strahlung geschützt sind. Durch anthropogen erzeugte Spurengase, wie insbesondere die Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe aus Spraydosen und Industrieschäumen wird Ozon in der Stratosphäre abgebaut und es wächst die Gefahr von z.B. Hautkreberkrankungen bei Lebewesen oder Schädigungen der Vegetation durch erhöhte UV-B-Strahlung. Die zusätzliche Strahlung, die dann die Erde erreicht, könnte darüber hinaus den bereits erwähnten Treibhauseffekt noch verstärken.

Während der Ozonabbau verhältnismäßig einfach durch Vermeidung weiterer Emissionen, insbesondere der Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe, reduziert werden könnte, besteht über das tatsächliche Ausmaß und die Geschwindigkeit der Erwärmung der Atmosphäre durch den Treibhauseffekt noch weitgehende Unklarheit.

Noch ungewisser bleiben vorerst Ausmaß und Folgen der unbestreitbaren globalen Mitteltemperaturerhöhung, die das Ergebnis einer unterschiedlichen regionalen Erwärmung ist: die beiden Erdpole würden sich nämlich stärker als die Äquatorregion erwärmen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich der Wasserdampfgehalt im Tropengürtel in den letzten 20 Jahren um etwa 30 % erhöht hat. Als Folge werden die nachstehenden Auswirkungen diskutiert:

– Veränderung der gesamten Zirkulation in Atmosphäre und Ozeanen.

– Wolken- und Niederschlagsprozesse könnten sich so verändern, daß Regionen mit fruchtbarem Ackerland zu Wüsten und andere vom Regen überschwemmt würden.

– Die Erwärmung der oberen Meeresschichten und der Rückgang der lokalen Gebirgsvereisung könnte zu einem Anstieg des Meeresspiegels bis zu 1 m führen. Der weltweite Anstieg des Meeresspiegels um 5 bis 7 m, hervorgerufen durch das Aufschwimmen und Abschmelzen eines Teils des antarktischen Eises, wird ebenfalls diskutiert.