

Wasserstoffproduktion auf dem Meer

Ein Konzept für maritime Solaranlagen, erläutert von Wolfgang Volkrodt

Über photovoltaische Großanlagen, die in sonnenreichen ariden Gebieten große Mengen Wasserstoffs produzieren, ist viel publiziert worden. Warum in die Wüste gehen, so fragt der Verfasser dieses Beitrags, wo zumindest die Wasserbeschaffung problematisch wäre? Für ihn ist es viel naheliegender, solare Wasserstoffanlagen auf großflächige Pontons zu verlegen, die etwa vor der Küste Westafrikas schwimmen. Wie diese prinzipiell beschaffen sein könnten, hat er u.a. in einer kürzlich eingereichten Patentanmeldung beschrieben. Wolfgang Volkrodt, der sein Konzept hier ausführlicher erläutert, war Entwicklungsleiter in einem Elektrokonzern, der ihm u.a. eine Reihe völlig neuartiger dauermagnetisch erregter Gleichstrommotoren verdankt. Er ist als freier Consultant tätig.

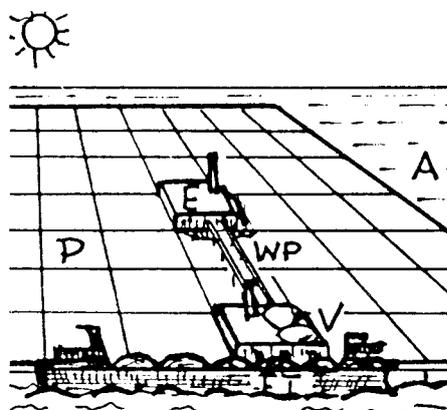
Einig sind sich alle Wissenschaftler darüber, daß die im Winter, wenn der größte Energiebedarf besteht, bei uns in Deutschland viel zu spärlich scheinende Sonne als standortgebundene Energiequelle nur geringe Chancen hat. Man muß mit Solaranlagen in weit südlichere Länder gehen. Die Ablösung eines einzigen Kernkraftblocks mit 1300 MW Tag- und Nachtleistung durch ein Sonnenkraftwerk mit z.B. 10 % Wirkungsgrad, das aber nur während etwa 10 Stunden/Tag Energie liefert, würde eine mit Silicium-Solarzellen bestückte Fläche von 31 km² erfordern. Bei quadratischer Anordnung hätte diese eine Kantenlänge von 5,6 km.

Solche großen Anlagen kann man nur dort installieren, wo der Quadratmeter nichts kostet, also z.B. in den unfruchtbaren, sonnendurchglühten Wüsten Afrikas und Arabiens. Aber auf welche Art soll die dort aus Sonnenenergie gewandelte elektrische Energie zu uns kommen? Über Hochspannungsleitungen? Und was ist nachts, wenn die Sonne nicht scheint?

Wir müssen uns vom Sonnenrhythmus abkoppeln. Das geht nur über Energiezwischenpeicher ähnlich den bei uns seit langem bewährten Pumpspeicher-Wasserkraftwerken. Dort wird mit Überschußenergie der Elektrizitätswerke Wasser in Speicherbecken hochgepumpt, das bei Spitzenlastbedarf wieder durch die Turbinen abwärts fließt und elektrischen Strom erzeugt. Doch diese Speichertechnik ist bei uns wegen fehlenden Raums kaum anwendbar, wenn eines Tages die Kernenergie durch Sonnenenergie voll abgelöst werden soll. Zudem ist der Transport von elektrischem Strom, z.B. aus der Sahara über Hochspannungsleitungen und Unterwasserkabel durchs Mittelmeer, technisch und wirtschaftlich nur schwierig zu lösen.

Unschlagbar soll die Solartechnik in Kombination mit dem billigen und unerschöpflichen Energieträger Wasserstoff werden, heißt es. Ein erster großer Versuch zur solaren Wasserstofftechnik soll 1987 in Saudi-Arabien anlaufen. Wasserstoff hat je Gewichtseinheit einen dreimal höheren Energiegehalt als Benzin. Wasserstoff läßt sich in verschiedenen Formen – gasförmig, flüssig oder an fremde Moleküle gebunden

– transportieren, speichern und verwenden. So könnte Wasserstoff aus Wüstenländern „vielleicht schon in diesem Jahrhundert billig nach Europa transportiert werden, um hier sauber in Kraftwerken, Haushalten und Automobilen verbrannt zu werden“, heißt es in jüngeren Zeitungsmeldungen. Was an diesen Berichten stört, ist das starre Festhalten an der Installation großer Solar-Wasserstoffanlagen in Wüstengegenden.



Technische Anlagen auf einem Solarponton (linkes Bild). P Ponton aus Einzelelementen. A Atlantischer Ozean, E Elektrolyse und Wasseraufbereitung, WP Wasserstoff-Pipeline, V Verflüssigerstation mit Übergabe an Flüssiggas-Tankschiff.

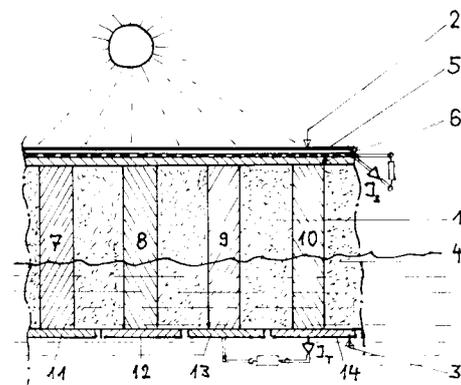
Der Autor hat seine Vorstellungen zu maritimen Solaranlagen, die per Photovoltaik und Elektrolyse Wasserstoff erzeugen, zum Patent angemeldet. Diese Skizze entstammt der Patentanmeldung und erläutert den Aufbau eines Pontons. 1 Schwimmkörper mit hohem Auftrieb und hochwertiger Wärmedämmung, wie sie Schaumglas liefert; 2 der Sonne zugewandte Oberfläche. 3 in kühler Meeresströmung liegende Pontonunterseite, 4 Wasserlinie, 5 Siliciumzellen unter transparenter und seewasserbeständiger Abdeckung, 6 gut wärmeleitende Metallplatte in engem Kontakt mit den Solargeneratoren; 7-10 thermoelektrische Energiewandler. Würde man hier Halbleitermaterialien einsetzen, wären die Schenkel 7 und 9 n-dotiert, 8 und 10 p-dotiert. An den die Wärme ableitenden Platten 11-14 ergibt sich paarweise eine Thermospannung (Pel-tier-, Seebeck-, Thomson-Effekt), die den Strom I_1 fließen läßt. Der thermoelektrische Kreis mit dem Strom I_1 und der photovoltaische mit I_2 wären in Kaskaden so zu schalten, daß sich die zur Wasserelektrolyse benötigte Gleichspannung von 1,9 bis 2,3 V ergibt.

Wozu in die Wüste gehen?

Wo ist dort das Wasser, das man zur Zerlegung mit Hilfe von Sonnenenergie und Elektrolyse in seine Bestandteile Wasser- und Sauerstoff unbedingt braucht? Muß Wasser erst aus Tiefbrunnen oder weit entfernten Meerwasser-Entsalzungsanlagen herangepumpt werden? Das wird teuer und schmäkelt wegen hohen Eigenenergieverbrauchs den Anlagenwirkungsgrad. Wie glaubt man in Wüstengegenden mit Sandstürmen fertig zu werden? Im

Laufe der Jahre können sie durch Schmirgelwirkung die gegen Eintrübung empfindlichen Solaranlagen „blind“ machen. Ist der Pipeline-Transport von Wasserstoff aus der Sahara nach Europa wirklich das kostengünstigste Verfahren? Sind Flüssiggas-Großtanker, die über die Weltmeere fahren, wirtschaftlicher und schneller in Dienst zu stellen als Pipelines am Grund des Mittelmeers und über die Alpen?

Vorstehende Überlegungen führten bereits vor mehreren Jahren zu der Erkenntnis, daß auf hoher See installierte, also maritime solare Wasserstoffanlagen weit wirtschaftlicher als die in Wüstengegenden installierten sind. Der zwischen 1980 und 1983 unternommene Versuch, entsprechende Forschungsprogramme zum Laufen zu bringen und unserer notleidenden Wertindustrie durch den Bau großer Solarpontons und neuer Flüssiggastanker zur besseren Auslastung ihrer Ka-



pazitäten zu verhelfen, scheiterte nach meiner Einschätzung am Widerspruch und Unverständnis der übermächtigen Kernkraftlobby. Nach Tschernobyl ist zu hoffen, daß das Projekt „Maritime Solarenergienutzung“ das ihm zutreffende Interesse findet. Die Wirtschaft in unseren notleidenden Küstenregionen sollte die gebotenen Chancen für neue, zukunftsträchtige Arbeitsplätze erkennen und sie mit allem Nachdruck wahrzunehmen versuchen.

Fortsetzung umseitig

Grundsätzliches über maritime Solaranlagen

Die Sonneneinstrahlung ist in Äquatornähe am größten und auf dem Meer intensiver als an Land, in Steppen oder Wüsten. Die maritime Nutzung von Sonnenenergie in internationalen Gewässern steht jedem Land unserer Erde, die zu 70 Prozent mit Wasser bedeckt ist, offen. Dort installierte schwimmende Solarpontons vermögen mit bekannten und bewährten Solarenergiewandlern unter Nutzung der Wasserstofftechnologie die Energieproduktion heutiger Kernkraftwerke zu übernehmen. Da weder Brennstoff- noch Entsorgungskosten auftreten und nur sehr wenig Betriebspersonal benötigt wird, dürfen bei einer angenommenen Lebensdauer von zwei oder drei Jahrzehnten die Erstinvestitionskosten ein Mehrfaches bisheriger Kernkraftwerke betragen. In praxi wird bei angelaufener Großserienfabrikation von Solarbauelementen der Investitionsaufwand je installiertes Kilowatt bei maritimen Solaranlagen kleiner als bei nach künftigen, verschärften Sicherheitsauflagen zu bauenden Kernkraftwerken sein.

Werkstoffe für Solarpontons

Das im Ersten Weltkrieg für U-Boot-Sperrnetze anstelle von Kork für Schwimmkörper entwickelte und nunmehr seit etwa 70 Jahren bestens bewährte Schaumglas scheint nach Rückfragen bei Solartechnikern völlig ungeeignet zu sein. Schaumglas ist absolut seewasserbeständig und wird durch Treibgas erzeugt, das das ursprüngliche Glasvolumen auf das Zwanzigfache vergrößert. Dazu wird u. a. Glaspulver mit Koks in geschlossenen Formen erhitzt. Schaumglas ist halb so schwer wie Kork, hochwertig wärmedämmend, formstabil bis etwa 500 °C und auch für tragende Konstruktionen, wie Fußböden, geeignet.

Vorteilhafterweise setzt sich ein großer Solarponton aus vielen kleineren Einzelpontons zusammen, die im Stapel z. B. von deutschen Werften zum Stationierungsort geschleppt und dort zusammengesetzt werden.

Kombinierte Energiewandler

Gekühlte Silicium-Solarzellen arbeiten mit besserem Wirkungsgrad. Zum Kühlen kann man mit Frigenverdampfung an der heißen Pontonoberseite und Kondensation an der ins kühle Meerwasser tauchenden Unterseite arbeiten. Wird in den Frigenkreislauf ein hochtouriger Turbogenerator eingebaut, so vermag dieser mit etwa 2 bis 5 Prozent elektrischen Strom zu erzeugen. Wird vom heute üblichen Wirkungsgrad von Siliciumzellen von etwa 10 Prozent ausgegangen, so bringt der zweite Arbeitskreis eine Steigerung der Ausbeute je Quadratmeter um etwa 20 bis 50 Prozent. So etwas ist aber nur bei maritimen Anlagen und nicht bei landgestützten in Wüstengegenden möglich.

Der Nachteil von rotierenden Stromerzeugern im Zweitkreis läßt sich leicht durch den Einsatz thermoelektrischer und somit ruhender Energiewandler vermeiden. Diese nützen nicht das von den Solarzellen verwertete Sonnenlicht, sondern die Temperaturdifferenz zwischen Ober- und Unterseite des hochwertig wärmedämmenden Schaumglas-Schwimmkörpers. Werden etwa 350 Nickel-Konstantan-Thermoelemente in Serie eingesetzt, so liefert die Kaskade ohne zusätzlichen Aufwand den zur Wasserelektrolyse benötigten Gleichstrom von 1,9 bis 2,3 V. Die Industrie kennt mittlerweile sehr hochwertige Halbleiter-Thermoelemente z. B. auf der Basis von Wismut-Tellurid. Sie wurden mit Erfolg in Radionuklid-Generatoren im Meer und Weltraum eingesetzt. Deren Wirkungsgrad liegt mit 10 bis 12 Prozent in derselben Größenordnung wie der von Silicium-Solarzellen. Damit ermöglichen maritime Solaranlagen eine Verdopplung der Leistungs-

ausbeute je Fläche im Vergleich zu landgestützten in der Wüste.

Standortwahl

Nebst hoher Sonneneinstrahlung, wie im Bereich des thermischen Äquators, ist ein Meeresgebiet mit kühler Oberflächenströmung von Vorteil. Beide zusammen erlauben das Kühlen und den Betrieb eines Doppelsystems mit entsprechender Wirkungsgradsteigerung. Den Transport verflüssigten Wasserstoffs, z. B. aus dem Golf von Guinea zur Übergabe an Euro-Pipelines bei Lissabon, übernehmen Flüssiggastanker. Ihre Antriebe arbeiten schadstofffrei mit Wasserstoff. Acht bis zehn Tankschiffe mit je 100 000 t Ladevermögen an Flüssigwasserstoff reichen, um die gesamte gegenwärtige elektrische Energieproduktion der Bundesrepublik Deutschland durch von Solarpontons geholte Wasserstoffenergie abzulösen.

Abschätzung benötigter Pontonflächen

Sie ist zur Zeit nur unter groben Annahmen möglich. Auf die Wiedergabe der nicht ganz einfachen Berechnungen wird hier verzichtet und nur das Endergebnis genannt. Wollte man auf längere Sicht die gesamte gegenwärtige Elektrizitätserzeugung der Bundesrepublik Deutschland auf maritime Solar-Wasserstofftechnik umstellen, so bedarf es einer Solarpontonfläche von insgesamt etwa 1000 km². Das entspricht etwa der Flächenausdehnung des Großraums von West- und Ostberlin. Im Ozean wäre diese Fläche nicht mehr als ein „Punkt“ und für das klimatische und biologische Geschehen im Äquatorialbereich des Atlantiks völlig bedeutungslos. Vermutlich ergäben sich sogar positive Auswirkungen. Wird der bei der Elektrolyse anfallende Sauerstoff nicht abtransportiert, wie es die Regel sein dürfte, sondern unterm Ponton in die lebhaft kühle Meeresströmung abgeblasen, so ist durch die Sauerstoffanreicherung des Meeres ein verstärktes biologisches Wachstum zu erwarten. Die Abströmbereiche von Solarpontons dürften sich als zunehmend bedeutsamer werdende Fanggründe für unsere Hochsee-Fischfangflotten erweisen.

Beim Übergang auf die maritime Solarenergienutzung wäre zunächst das Nahziel der Ablösung der gegenwärtigen Kernkrafttechnik zu realisieren. Dazu reicht eine Solarpontonfläche von etwa 200 km² aus. Zweckmäßigerweise wird man sie z. B. aus zehn Einzelfeldern zu je 20 km² und 4,5 km Kantlänge installieren. Bei einer Zusammensetzung dieser Einzelfelder aus 50 x 50-m-Pontosegmenten ist eine Tagesproduktion bei durchlaufendem Schichtbetrieb von 45 Pontosegmenten erforderlich, um binnen fünf Jahren nach Anlauf der Aktion sämtliche Kernkraftwerke durch maritime Solartechnik ablösen zu können. Bei einer Verteilung der Tagesproduktion auf z. Zt. fünf unterbeschäft-

tigte deutsche Werften wäre so etwas machbar. Vorrangig ist der Ausbau von Fertigungskapazitäten für Großserien von Schaumglas, Solarzellen und Halbleiter-Thermoelementen. Das erforderliche Know-how ist weitgehend vorhanden.

Der Tagesproduktion von 45 Pontosegmenten mit je 2500 m² Fläche entspricht eine spätere elektrische Energieproduktion je Tag von etwa 225 000 kWh. Die Wirkungskette über Elektrolyse, Transport von Wasserstoff und teilweise Rückwandlung in Elektroenergie ließe davon beim Endverbraucher etwa 100 000 kWh ankommen. Es wird unterstellt, daß der Bau von 30 Jahre lang wartungsfrei betriebsfähigen Solarpontons gelingt. Bei einem Endverbraucherpreis von 0,2 DM/kWh entspricht der durch die 45 an einem Tag gebauten Pontosegmente im Laufe der Jahre ermöglichte Energieumsatz einem Wert von 200 Millionen DM. Dies kann als erste Orientierungshilfe dienen, um zu erkennen, welches riesige Umsatzvolumen bei der Fertigung von maritimen Solaranlagen in deutschen Küstengebieten im Spiel ist.

Hinzu kommt der Bedarf an neuen Flüssiggastankern und Entladestationen. Ob das Anlanden von solarem Wasserstoff bei Lissabon und die dortige Übernahme in Euro-Pipelines wirtschaftlicher als der direkte Transport bis zur deutschen Nordseeküste ist, muß kalkuliert werden. Auf jeden Fall ist das Risiko im Zusammenhang mit politischen Wirren oder Terrorismus geringer, wenn der auf dem Atlantik produzierte solare Wasserstoff bis an die deutsche Küste geliefert wird. Man sollte das Projekt zunächst unabhängig von vielleicht später einmal sich wirtschaftlich erweisenden Euro-Pipelines angehen, weil es zielstrebig und schneller den Ausstieg aus der Kernenergie ermöglicht.