Zeitschrift: SES Notizen

Herausgeber: Schweizerische Energie-Stiftung

Band: 3 (1981)

Heft: 2

Anhang: Beilage zu den SES-Notizen 2/81

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Beilage zu den SES-Notizen
2/81

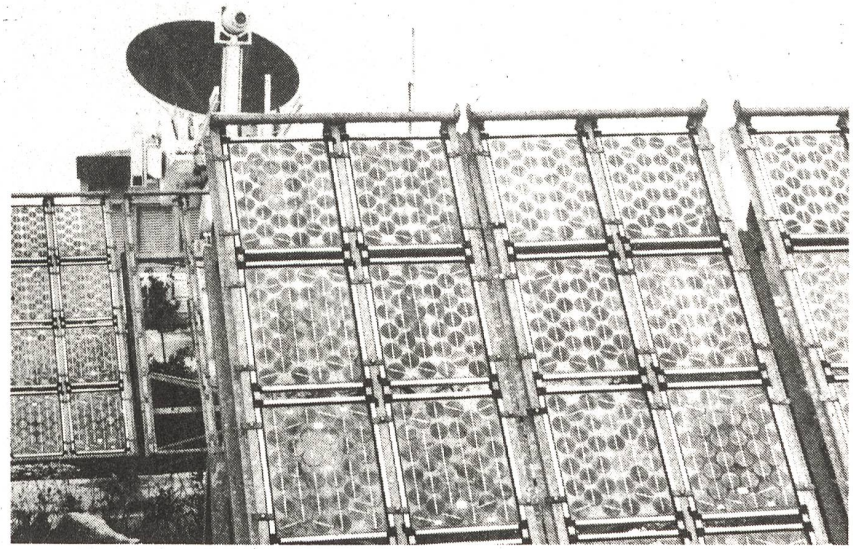
Sonnenzellen

Der Elektrizitätswirtschaft steht eine grundlegende Umwälzung bevor. Immer deutlicher zeigt sich, dass die Stromproduktion in dezentralen kleinen Einheiten nicht nur umweltfreundlicher, sondern auch wirtschaftlicher wäre, als in immer gigantischeren Grosskraftwerken. Heute dreht sich die Diskussion um die dezentrale Wärme-Kraft-Koppelung. Noch wichtiger aber wird auf die Länge die direkte Elektrizitätserzeugung aus Sonnenlicht sein. Ohne Abgase und Dampffahnen, ohne Turbinen und Kühltürme können Solarzellen direkt aus Sonnenlicht Strom machen. Noch wird diese Energiequelle in der Oeffentlichkeit kaum zur Kenntnis genommen. Fachkreise jedoch sind sich einig: In Zukunft wird die Photovoltaik eine ernstzunehmende Rolle spielen. Die amerikanische Regierung rechnet damit, dass sie in sieben bis zehn Jahren gegenüber anderen Arten der Stromerzeugung konkurrenzfähig ist. In Entwicklungsländern, wo kein dichtes Stromnetz vorhanden ist, sind Solarzellen vielfach schon heute rentabel. Besonders die Oelindustrie hat bereits riesige Summen in diese neue Technik investiert.

"Die Photovoltaik ist reif, um aus dem Kreis der Spezialisten herauszutreten und von den Leuten beachtet zu werden, die politische und wirtschaftliche Entscheidungen treffen", erklärte der zurückhaltende französische Regierungsvertreter im Herbst an der dritten Konferenz für photovoltaische Sonnenenergie der Europäischen Gemeinschaften in Cannes, zu der über 850 Fachleute und Industrievertreter gekommen waren.

"Seit wir uns das letzte Mal getroffen haben", schwärmte sein Kollege Paul Maycock, Leiter der Abteilung für Solarzellen im amerikanischen Energieministerium, "ist ein solcher Sturzbach von Entwicklungen über uns hereingebrochen, dass es meiner Meinung nach keine Möglichkeit gibt, die Photovoltaik daran zu hindern, schon 1985 eine überall vorhandene, erneuerbare Energiequelle für Elektrizität für Wohnhäuser, Industriebauten, Dörfer und zentrale Kraftwerke zu werden."

Was besonders in Europa noch weitherum als ferne Utopie abgetan wird, ist für die Sonnenstromspezialisten in greifbare Nähe gerückt. Politiker und Journalisten haben sich noch kaum für diese aussichtsreiche Energiequelle interessiert, obwohl sie sich langsam mit diesem Thema befassen müssten: Wenn neueste Berechnungen kalifornischer Elektrizitätswerke wirklich stimmten, dann seien auch zentrale Sonnenkraftwerke schon wirtschaftlich, bevor ein heute beschlossenes Atom- oder Kohlekraftwerk den Betrieb aufnehmen könne, sagt Paul Maycock.



In einigen Jahren werden Solarzellen für die alltägliche Stromversorgung mit herkömmlichen Grosskraftwerken konkurrieren können. Heute werden sie erst für Spezialzwecke verwendet wie hier in der Versuchsstation "La Turbie" oberhalb von Monte Carlo für Fernmeldeanlagen.

In zehn Jahren Strom vom eigenen Dach

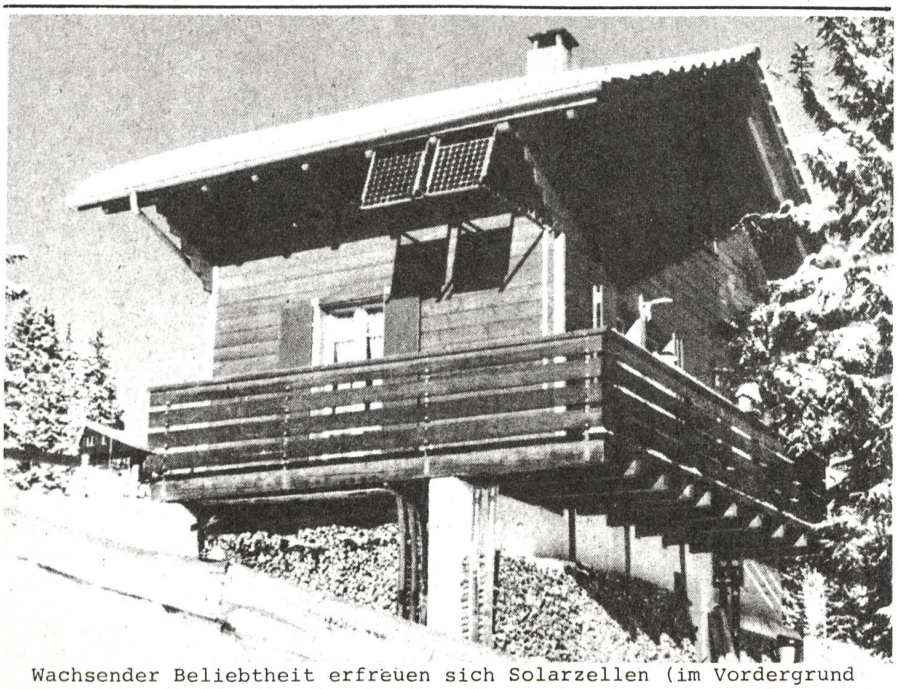
Angefangen hatte es mit den Sonnenzellen schon vor vierzig Jahren. Photoelemente aus Selen wurden als Belichtungsmesser verwendet. Bereits 1941 experimentierte man mit Siliziumzellen. Aber erst nach dem Aufschwung der Halbleitertechnik mit der Erfindung des Transistors 1948 kam man weiter voran: 1954 gelang es, den Wirkungsgrad der Silizium-Zelle wesentlich zu erhöhen. Schon 1955 wurde probehalber eine ländliche Telefonleitung mit Solarstrom betrieben. Grössere Anwendung jedoch fanden die Sonnenzellen wegen ihrer astronomischen Kosten nur in der Raumfahrt. Der 1958 gestartete Satellit Vanguard I wurde bereits damit ausgerüstet. Grossflächige Solarzellen-Panels, die oft aussehen wie Windmühlenflügel liefern seit Jahren den Strom für Telefon- und Fernsehverbindungen über Satelliten zwischen den Kontinenten.

Die Energiekrise 1973 gab den Anstoss, dass man sich vermehrt dafür interessierte, ob sich die Solarzellen nicht auch auf der Erde nutzbringend anwenden liessen. Im Oktober 1973 berief die National Science Foundation in den USA eine Konferenz ein, an der der Grundstein für das spätere National Photovoltaic Program gelegt wurde. 1978 verabschiedete das amerikanische Parlament ein Gesetz, das das Energieministerium beauftragte, ein "ein aggressives Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprogramm" für photovoltaische Systeme durchzuführen, mit dem Ziel, dass Sonnenstrom 1988 "mit Elektrizität aus dem öffentlichen Netz konkurrieren kann."

Hundertsechzig Millionen Dollar stehen dieses Jahr der photovoltaischen Abteilung im amerikanischen Energieministerium zur Verfügung. Das ist ungefähr dreimal so viel, wie in der Schweiz für die Energieforschung insgesamt ausgegeben wird. Ein straffes Entwicklungsprogramm, in dessen Rahmen verschiedene Firmen um die besten Lösungen konkurrieren, dient dazu, die Kosten drastisch zu senken. Nach den Amerikanern starteten auch andere Länder nationale Solarzellen-Forschungsprogramme: Frankreich und Japan begannen 1974, 1975 entschloss sich die Europäische Gemeinschaft die photovoltaische Technik entschieden zu fördern und 1977 folgte die Bundesrepublik mit einem bedeutenden Programm.

Aber nicht nur öffentliche Gelder sind in die Entwicklung geflossen, vor allem auch die grossen Oelgesellschaften haben viel eigenes Geld investiert, wieviel vermag niemand genau zu sagen, Insider schätzen, dass die privaten Aufwendungen bis heute insgesamt etwa gleich gross waren wie die öffentlichen.

Während noch 1975 ein Solarzellen-Panel 42 Dollar pro Watt Spitzenleistung kostete, muss man heute nur noch zwischen fünf und sieben Dollar dafür zahlen. Aber auch bei den heutigen Preisen finden Solarzellen nur für Spezialzwecke Anwendung. Damit sie einen wesentlichen Beitrag zur Energieversorgung leisten können, müssen die Preise noch um das fünf- bis zehnfache gesenkt werden. "Wir brauchen dafür keinen technologischen Durchbruch", sagt Paul Maycock vom amerikanischen Energieministerium. Allein durch die zielstrebige Verbesserung vorhandener Techniken werde es möglich sein, die Preisziele der amerikanischen Regierung zu erreichen. Schon 1986 soll demnach eine Kilowattstunde Sonnenstrom in den Vereinigten Staaten fünf bis neun Cents kosten, wenn sie aus einer kleinen Anlage auf dem Dach eines Wohnhauses stammt, und wäre damit konkurrenzfähig.



Wachsender Beliebtheit erfreuen sich Solarzellen (im Vordergrund am Dachrand) für eine bescheidene Stromversorgung von entlegenen Chalets. Rund zehn Jahre wird es noch dauern, bis auch die Häuser im Unterland an der Reihe sind.

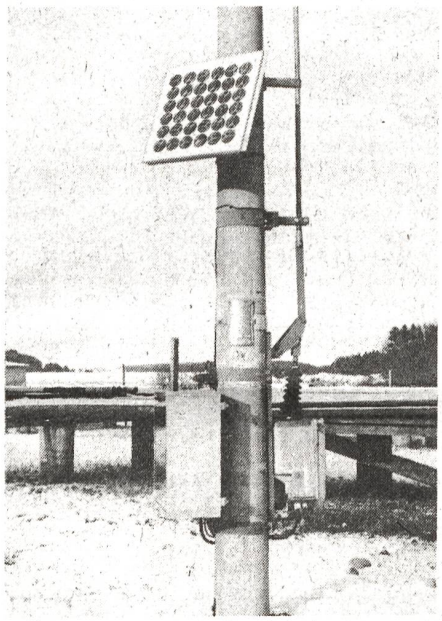
Wettrennen um die rentabelste Technik

Bei all diesen Berechnungen geht man von einer Verbesserung der heutigen Siliziumzellen aus. Bisher verwendete man hochreines Ausgangsmaterial, wie es in der Halbleiterelektronik verwendet wird. Aus der flüssigen Siliziumschmelze werden mit hochkomplizierten Apparaturen armdicke, makellose Kristalle gezogen, die anschliesend unter grossem Materialverlust in feine, zerbrechliche Scheiben zersägt werden. Diese Siliziumscheiben müssen dann mit anderen Materialien so behandelt werden, dass die lichtempfindliche, stromproduzierende Schicht entsteht. Schliesslich werden Kontakte angebracht und jeweils rund fünfzig Zellen schlag- und wetterfest in einem ausgeklügelten Gehäuse verkapselt.

Bei jedem dieser Schritte sind grosse Einsparungen möglich: Auch weniger reines Silizium ist geeignet, man versucht es nun in grösseren Mengen billig zu produzieren. Um das kostspielige Kristallziehen zu umgehen, sind der führende amerikanische Anbieter Solarex und die mit AEG zusammenarbeitende deutsche Wacker dazu übergegangen, polykristallines Material in spezielle Formen zu giessen. Um auch das aufwendige Sägen zu vermeiden, arbeiten Firmen wie Westinghouse und Mobil Tyco daran, direkt aus der Schmelze dünne Silizium-Kristallschichten zu ziehen.

Eine Vielfalt von Unternehmen und Institutionen arbeitet mit ganz anderen Materialien. Da gibt es zum Beispiel schon erstaunlich billige Cadmiumsulfid-Zellen, deren Wirkungsgrad zwar nicht so hoch ist, die sich aber besonders einfach herstellen lassen: An einem Fliessband werden mehrere dünne Schichten einfach auf grosse Glasscheiben aufgesprayt. Galliumarsenid-Zellen haben einen

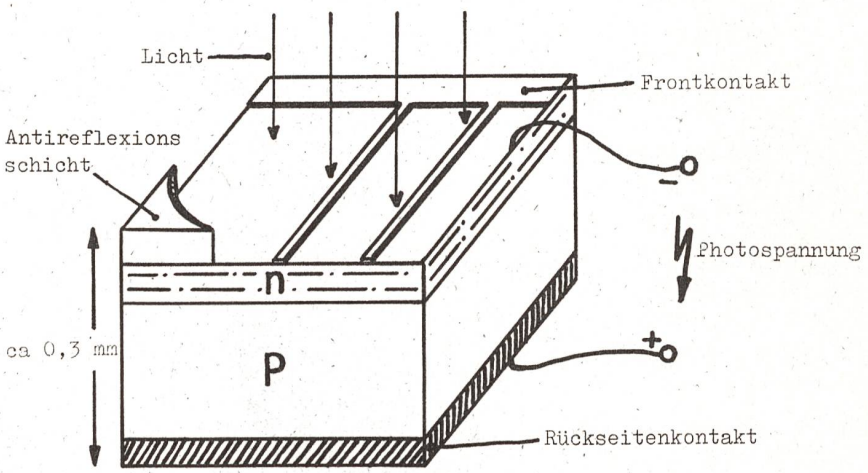
besonders hohen Wirkungsgrad, scheinen jedoch teuer. Viele dieser teilweise exotischen Materialien jedoch haben den Nachteil, dass sie nur in relativ begrenztem Umfang vorhanden und teilweise (wie z.B. Cadmium) recht giftig sind. Silizium dagegen steht praktisch unbegrenzt zur Verfügung: dieses Element macht (z.B. in Form von Sand) gut ein Viertel der Erdkruste aus und stellt keine nennenswerten Umweltprobleme. Unter anderem deswegen setzen einige Forschergruppen und Firmen auch auf eine neue Art von Siliziumzellen: amorphe (d.h. nicht kristalline) Siliziumverbindungen können ebenfalls in sehr dünnen Schichten besonders einfach verarbeitet werden. Führend auf diesem Gebiet scheint inzwischen der Siemens-Konzern zu sein.



Hier hat das Elektrizitätswerk des Kantons Freiburg Sonnenstrom zur unabhängigen Versorgung eines funkgesteuerten Trennschalters im Mittelspannungsnetz eingesetzt.

Fieberhaft wird in den verschiedensten Labors an den neuen Techniken gearbeitet. Die von den Regierungen mitfinanzierten Projekte sind halbwegs bekannt, aber einige Grosskonzerne lassen sich gar nicht in die Karten schauen. Besonders die Elektroriesen halten sich im Hintergrund. Von General Motors und Westinghouse weiss man kaum etwas. Die Japaner hüllen sich in Schweigen. Bei Siemens gibt man sich äusserst zurückhaltend. Dass der Münchner Elektromulti auf amorphes Silizium setzt, war erst kürzlich zu erfahren. "Die ganze Branche fürchtet sich vor Siemens", meinte ein Vertreter der Konkurrenz. Durch Indiskretionen wurde bekannt, dass die Konzernleitung letzten Herbst beschlossen hat, dreihundert Millionen Mark in die Photovoltaik zu investieren.

Wie funktioniert eine Sonnenzelle?



Sonnenstrahlen lassen sich auf ganz verschiedene Weise für die Energieversorgung nutzen. Einfach zu verstehen ist der Sonnenkollektor, er liefert Wärme. Dass ein von der Sonne bestrahltes Material warm wird, ist ein uns allen bekanntes Phänomen. Der Sonnenkollektor ist nur eine sinnreiche Vorrichtung, die besonders viel Wärme aus den Sonnenstrahlen aufnimmt, möglichst wenig an die Umgebungsluft wieder abgibt, und es erlaubt, die gewonnene Wärme in einer nutzbaren Form abzuleiten.

Die stromproduzierende Sonnenzelle dagegen ist schwieriger zu verstehen. Dass aus Licht Elektrizität entsteht, ist für uns nicht alltäglich. Nur unter ganz bestimmten Bedingungen lassen sich die mikroskopischen Ströme auf atomarer Ebene so kanalisieren und zusammenfassen, dass sie im Grossen messbar und brauchbar werden.

Schon im letzten Jahrhundert entdeckte man, dass Licht aus bestimmten Materialien Elektronen herausschlagen kann. Die im Licht enthaltene Energie vermag hier die negativ geladenen Elektronen aus der Atomhülle herauszureissen und in Bewegung zu setzen. Bleiben die herauskatapultierten Elektronen aber ungeordnet, so werden sie innert Kürze wieder eingefangen und nach aussen wird kein Strom bemerkbar. Mit Halbleitern nun, wie sie in der modernen Elektronik für Transistoren und Dioden gebraucht werden, kann man die freigesetzten Ladungsträger so trennen, dass sie zu nutzbaren Strömen zusammengefasst werden.

Silizium ist das hierfür am häufigsten verwendete Material. In reinster Form kann es keinen Strom leiten. Gibt man jedoch geringste Mengen von geeigneten Zusätzen bei, so ändert sich dies. Bei sogenanntem n-Silizium (z.B. mit Phosphor dotiert) schwirren frei bewegliche Elektronen im Kristallgitter umher, beim so genannten p-Silizium (z.B. mit Bor-Dotierung) gibt es frei bewegliche "Löcher", d.h. Stellen im Kristallgitter, die gerne noch ein Elektron aufnehmen würden. Als Ganzes sind diese Materialien trotzdem nicht elektrisch geladen, mit Elektronen, bzw. "Löchern" als Ladungsträgern können sie Strom leiten.

Legt man nun n-Silizium und p-Silizium aufeinander, so entsteht eine isolierende Grenzschicht: das elektronenhungrige p-Silizium saugt die Elektronen ab und füllt damit einige seiner Löcher, das n-Silizium saugt die Löcher weg (man könnte auch sagen: füllt sie mit Elektronen auf). So bleiben in einem schmalen Bereich keine Ladungsträger mehr übrig. Trifft nun genügend energiereiches Licht auf diese Grenzschicht, so werden Elektronen aus den Atomhüllen herausgeschlagen, also Elektron-"Loch"-Paare erzeugt. Bevor sie sich wieder treffen können, werden nun Elektronen und Löcher von der n-Schicht und der p-Schicht nach verschiedenen Richtungen abgesaugt. Die Paare werden systematisch getrennt, die Ladungen verschieben sich. Zwischen der n- und der p-Schicht, die jeweils mit elektrischen Kontakten versehen sind, entsteht eine messbare elektrische Spannung. Es kann zwischen den Kontakten nun so viel Strom fliessen, wie Elektron-"Loch"-Paare durch den Lichteinfall in der dünnen Grenzschicht nachgeliefert werden.

rs.

Einsatzmöglichkeiten des Sonnenstroms

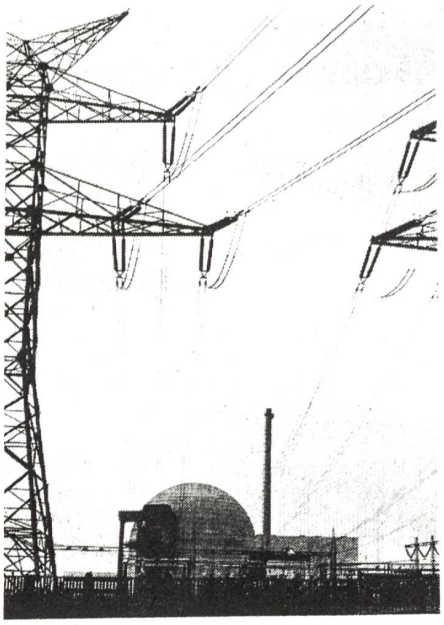
Für rund 50 Millionen Dollar wurden letztes Jahr Solarzellen verkauft. Rund ein Zehntel davon ging in öffentlich finanzierte Demonstrationsprojekte, der Rest in eine Unzahl kleiner Anlagen. Entlegene Fermeldeanlagen, Alphütten, einsame Ferienhäuser, Warnbojen für die Schiffahrt, Nottelefone an Ueberlandstrassen, Korrosionsschutzanlagen für Pipelines und Brückenkonstruktionen werden heute schon kostengünstig mit Sonnenstrom versorgt.

Ueberall wo nur kleine Leistungen benötigt werden und das öffentliche Netz weit entfernt ist, können Solarzellen unter Umständen wirtschaftlich sein. Wachsende Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich bei sinkenden Preisen vor allem in der Dritten Welt. Sonnenstromgetriebene Wasserpumpen und Radioverbindungen stossen auf immer grösseres Interesse. Je entlegener das Gebiet, desto günstiger wird die Sonnenzelle auch bei mittleren Leistungen gegenüber dem Dieselgenerator, der regelmässig Treibstoffnachfuhr und Wartung braucht.

Sonnenzellen werden heute vor allem in entlegenen Gebieten eingesetzt: Gipfelstürmer Reinhold Messner mit einem sonnenstromgespeisten Funkgerät.

Auch in den Industrieländern gibt es eine beachtliche Anzahl solcher Anwendungsmöglichkeiten in entlegenen Gebieten. Energiepolitisch von Bedeutung aber wird die Photovoltaik in den industrialisierten Ländern erst dann, wenn sie auch in dichter besiedelten Gegenden konkurrenzfähig ist, wo bereits ein öffentliches Stromnetz existiert. Die Amerikaner unterscheiden hier im Wesentlichen drei Kategorien von Anlagen. Zuallererst werden Kleinanlagen auf Wohnbauten rentabel sein, die keine zusätzliche Tragkonstruktion brauchen und über einen Stromwandler und Regler mit dem öffentlichen Netz verbunden sind. Fehlender Strom wird vom Betreiber aus dem Netz bezogen, überschüssiger eingespeist. Das öffentliche Netz funktioniert so als ausgleichender Speicher.

Die zweite Kategorie, die das amerikanische Energieministerium anvisiert, sind Anlagen mittlerer Leistung für Industrieanlagen und öffentliche Gebäudekomplexe. Schliesslich denkt man auch an zentrale Sonnenkraftwerke, die eine zusätzliche Infrastruktur benötigen, deshalb teurer sind und erst später wirtschaftlich interessant werden.



Kraftwerkskonzerne und Elektrizitätsgesellschaften sind kaum interessiert daran, dass billige Solarzellen in dezentralen Anlagen die herkömmlichen Grosskraftwerke allzu schnell konkurrenzieren.

Beilage zu den
SES-Notizen 2/81, Juli 1981
Herausgeber: Schweizerische Energie-Stiftung, Sihlquai 67, 8005 Zürich, Tel. 01/42 54 64. *Redaktion:* Ruggero Schleicher, Schribstube Bern, Postfach 113, 3000 Bern 13, Tel. 031/41 68 86. *Gestaltung:* Rosanna Ruiu, Bern. *Druck:* Hostettler, Bern. Der Abonnementspreis ist im Mitgliederbeitrag des SES-Fördererverein enthalten.

Handfeste Interessen gegen den Sonnenstrom

Während amerikanische Fachleute davon ausgehen, dass solche Anlagen im Netzverbund schon in weniger als zehn Jahren rentabel sind, verschieben Vertreter der europäischen Industrie solche Perspektiven am liebsten in unbestimmte Zukunft. Zwar ist die durchschnittliche Sonneneinstrahlung in den USA ein wenig höher als in Europa, und im Süden liegen die Verbrauchsspitzen wegen der vielen Klimaanlagen teilweise im sonnenreichen Sommer und nicht wie bei uns im Winter. Aber diese Unterschiede können höchstens zur Folge haben, dass Sonnenstrom bei den erwarteten Preissenkungen erst drei, vier Jahre später rentabel ist, als in den USA.

Auffällig ist zudem, dass die europäische Industrie sich in ihren Preisprognosen nach aussen hin wesentlich pessimistischer gibt. Das ist nicht nur unterschiedliches Temperament, sondern dahinter stecken handfeste Interessen.

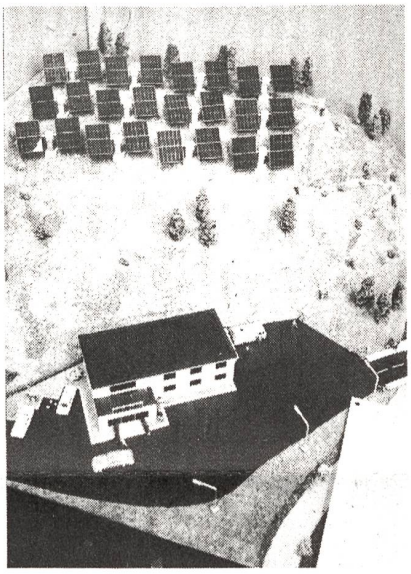
Henry Durand, Präsident des französischen Commissariat à l'Energie Solaire brachte die Gründe für seine zurückhaltende Einschätzung unverblümt auf einen Nenner: Sonnenstrom für das öffentliche Netz hat bei uns keine Chance, denn die Grenzkosten für Atomenergie sind praktisch gleich Null, meinte er. Das Kernenergieprogramm für Frankreich sei beschlossen, die notwendigen Kraftwerke würden ohnehin gebaut. Ganz so deutlich mag es sonst niemand sagen. Aber während die amerikanische photovoltaische Industrie vor allem mit Oelkonzernen und auch Halbleiterherstellern verbunden ist, sind ihre europäischen Konkurrenten hauptsächlich Elektro- und Kraftwerkskonzerne, die kaum an einer Veränderung der heutigen Versorgungsstruktur interessiert sind. Exxon, Atlantic Richfield oder Texas Instruments kann es nur recht sein, mit der Photovoltaik in den Strommarkt einzudringen. AEG, Siemens oder CGE (Photowatt) sind nicht darauf erpicht, dass ihren herkömmlichen Produkten allzuschnell eine starke Konkurrenz erwächst. Was sie interessiert, ist vorläufig vor allem der riesige Markt in der Dritten Welt. Und um den zu erreichen, müssen ihre Preise gar nicht so tief sinken.

Demonstrationsanlagen in ganz Europa

Dass die Photovoltaik auch für Europa interessant ist, sogar in den nördlichen Ländern, will die Kommission der Europäischen Gemeinschaften mit einer Reihe von Pilotprojekten demonstrieren. Eine erste Serie von neunzehn verschiedenartigen Anlagen zwischen Griechenland und Dänemark wird Mitte 1983 den Betrieb aufnehmen. Nach einer öffentlichen Ausschreibung wurden im Februar die Verhandlungen mit den ausführenden Industriekonsortien, Instituten und Behörden der Mitgliedstaaten abgeschlossen, nach der Vertragsunterzeichnung im März hat man mit der Detailplanung begonnen.

Die Leistung dieser Anlagen liegt zwischen 30 und 300 Kilowatt. Es wurden also Projekte mittlerer Grösse gewählt, die einerseits noch speziell auf die Bedürfnisse eines lokalen Verbrauchers ausgerichtet sind, andererseits aber ein Ausmass besitzen, das für einige Beachtung in der Oeffentlichkeit sorgen wird. Minianlagen für einzelne Wohnbauten, die wohl in dichter besiedelten Gegenden als erste rentieren werden, bei der Elektroindustrie aber auf wenig Gegenliebe stossen, und grosse Kraftwerke, die nur für das Netz produzieren, hat man nicht berücksichtigt.

Die Pilotprojekte werden von internationalen Konsortien gebaut, die Privatunternehmen, Elektrizitätsgesellschaften, Universitäten, regionale und staatliche Behörden umfassen. In jedem Mitgliedland der Europäischen Gemeinschaften wird mindestens eine solche Anlage stehen. Der Fächer den Anwendungen ist breit: Stromversorgung von Inseln und in ländlichen Gebieten, Wasserpumpen, Wasseraufbereitung und Entsalzung, Eisherstellung für ein landwirtschaftliches Kühlhaus, Versorgung einer Fernsehstation, Konstrolleinrichtungen auf einem Flugplatz, Wasserstoffherstellung für eine Halbleiterfabrik.



Modell der 45-kW-Demonstrationsanlage auf der italienischen Insel Giglio zur Versorgung eines Kühlhauses.

Die grösste Anlage mit 300 Kilowatt kommt auf die Insel Pellworm in der Nordsee zu stehen, wo sie ein Kurhaus und andere touristische Einrichtungen mit Strom versorgt. Noch weiter nördlich in Dänemark soll der Stromverbrauch des Dorfes Vester Bøgebjoerg möglichst vollständig durch einen 100-Kilowatt-Solargenerator gedeckt werden., nur für Notfälle im Winter ist ein Netzanschluss vorgesehen. Auf der griechischen Insel Kythnos soll ebenfalls eine 100-kW-Anlage gemeinsam mit mehreren Windrädern den existierenden Dieselgenerator weitgehend entlasten.

Zusammengenommen werden die neunzehn Projekte rund 70 Millionen Franken kosten, die Kommission der Europäischen Gemeinschaften übernimmt davon rund ein Drittel. In ihrem Sonnenenergieforschungsprogramm spielt die Photovoltaik eine wichtige Rolle: von den insgesamt hundert Millionen Franken, die im Vierjahresprogramm 1979-83 vorgesehen sind, stellen die 37 Millionen für Solarzellen und ihre Anwendung weitaus den grössten Brocken dar.

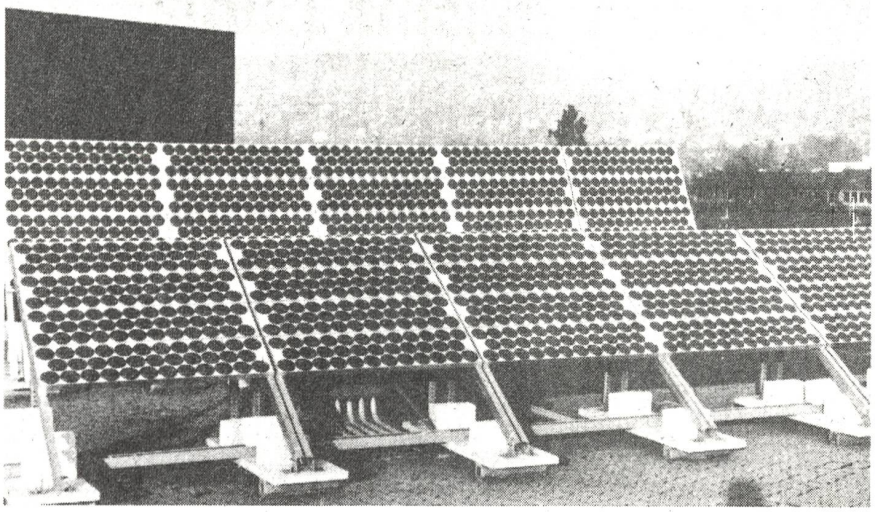
Hundert-Milliarden-Markt erwartet

Den Anschluss verpassen dürfen die Europäer nicht. Denn es geht, falls die wirtschaftliche Entwicklung ungestört wie bisher weiterverlaufen sollte, um Abermilliarden. Monegon Ltd., eine Tochterfirma des unabhängigen, aber teilweise mit Oelgeldern finanzierten Branchenführers Solarex, hat in einer ausführlichen Marktstudie ein eindrucksvolles Szenario für eine starke Verbreitung der photovoltaischen Stromerzeugung in den USA entworfen. Schon 1988 würde demnach die amerikanische Solarindustrie Solargeneratoren herstellen, deren Leistung zusammengerechnet einem Atomkraftwerk von der Grösse Gösgens entspricht. Um die Jahrhundertwende würde die jährlich neu installierte Sonnenstromkapazität gar zweiunddreissig Atomkraftwerke aufwiegen. Im Jahr 2005 würden dann alle Solargeneratoren der USA zusammengenommen so viel Strom produzieren, wie heute in den Vereinigten Staaten insgesamt verbraucht wird.

Diese Perspektive zeigt, um welche Grössenordnungen es schon nächstens in der Solarindustrie gehen könnte. Monegon rechnet für die Jahrhundertwende mit einem Markt von hundert Milliarden Dollar allein für die USA. Das ist gleichviel, wie das grösste Unternehmen der westlichen Wirtschaft, der Exxon-Konzern, heute weltweit umsetzt.

Eine dezentrale Technik

Auch wenn diese Wachstumsphantasien oft technokratischem Denken entspringen und auch wenn gerade die grössten, sonst auf zentrale Grosstechniken ausgerichteten Konzerne sich heute in der Solarzellentechnik engagieren, darf nicht übersehen werden, dass die Photovoltaik ihrem Wesen nach eine dezentrale Technik ist. Grosse Anlagen sind nicht wirtschaftlicher als kleine, im Gegenteil. Grundbaustein der photovoltaischen Generatoren sind bei allen Anlagengrössen handliche Platten (Panels), die aus dem Sonnenlicht direkt Strom erzeugen. Sie können beliebig zusammengeschaltet werden. Einzig die notwendigen Stromwandler werden bei grösseren Anlagen im Verhältnis wohl günstiger sein. Das wird jedoch mehr als aufgewogen durch zusätzlich notwendige Infrastrukturen und



Die Elektrowatt will sich rechtzeitig auf den kommenden Boom vorbereiten. Auf dem Dach ihres Verwaltungsgebäudes in Zürich hat die Ingenieurunternehmung eine Versuchsanlage aufgestellt. Kurzfristig interessiert sie vor allem das Geschäft mit der Dritten Welt.

Uebertragungsleitungen. Ausser in den Städten kann der Strom im wesentlichen dort erzeugt werden, wo er verbraucht wird.

Das heisst aber auch, dass die Elektrizitätsgesellschaften an Macht verlieren würden. Vom konkurrenzlosen Hersteller und Verteiler elektrischer Energie würden sie deklassiert zum Vermittler zwischen verschiedenen Produzenten und Konsumenten. Dieselbe Frage stellt sich schon heute mit aller Heftigkeit bei der dezentralen Wärme-Kraft-Koppelung. Bisher konnten besonders in Europa die Elektrizitätsgesellschaften ihre Position recht erfolgreich verteidigen, indem sie sich weigerten, kleinen Stromproduzenten ihre Elektrizität zu interessanten Preisen abzukaufen. In den USA hingegen wurde vor einiger Zeit ein Durchbruch erzielt, auf den auch die Oelgesellschaften ihre Erwartungen in die Solarelektrizität bauen: Ein neues Bundesgesetz verpflichtet die Elektrizitätsgesellschaften, privaten Stromproduzenten soviel zu zahlen, wie sie der Strom aus neuesten Kraftwerken zur gleichen Tageszeit selber kosten würde.

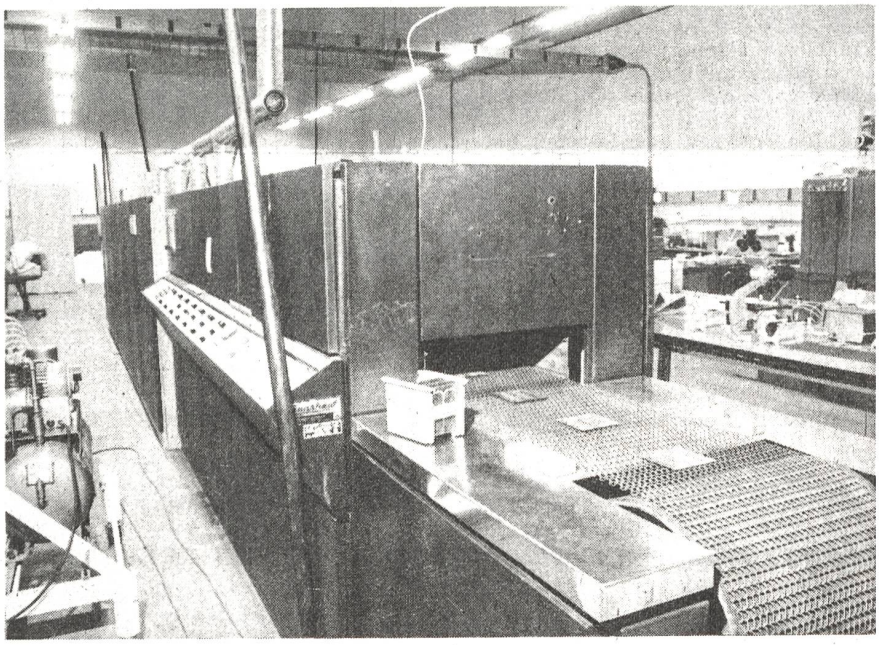
Wenn auch die Anwendung der Solarzellen dezentral erfolgt und den Stromkonsumenten ein wenig unabhängiger macht, wird jedoch die Herstellung dieser neuen technischen Wunderdinger möglicherweise in den Händen einiger weniger Firmen bleiben. Die Entwicklung neuartiger Herstellungsverfahren erfordert einen grossen Kapitalaufwand. Ist die hochentwickelte Technik jedoch einmal bekannt, so sind die eigentlichen Produktionsanlagen gar nicht einmal so teuer.

Sonnenstrom auch für die Schweiz

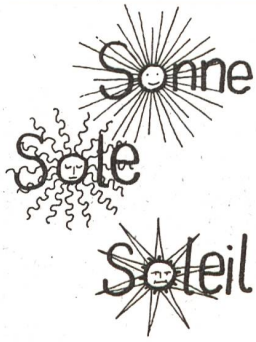
Die Schweiz ist ein kleines, dichtbesiedeltes Land. Sicher lässt sich bei uns kein exponentielles Wachstum des Stromverbrauchs mit Hilfe der Sonne endlos befriedigen. Aber ein bedeutender Teil des heutigen Verbrauchs liesse sich ohne Probleme mit Solarstrom decken, insbesondere da wir mit den Wasserkraftwerken besonders günstige Speicher zur Verfügung haben. Eine Fläche von sechs mal vier Metern Sonnenzellen liefert bei uns über das Jahr gerechnet genügend Strom (3000 kWh), um damit einen heutigen durchschnittlichen Vier-Personen-Haushalt zu versorgen. Die langfristige Energieplanung sollte die Möglichkeit der umweltfreundlichen Stromerzeugung aus Sonnenlicht langsam ernst nehmen.

Kürzlich hat die erste Solarzellenfabrik der Schweiz ihrem Betrieb aufgenommen. Zwei kleinere welsche Elektrizitätswerke, die keine eigenen grossen Kraftwerke besitzen, haben sich daran beteiligt. Möglicherweise sind es solch kleine Gesellschaften, die die erstarrten Strukturen unserer Elektrizitätswirtschaft in Bewegung bringen und umweltfreundlicheren Techniken zum Durchbruch verhelfen.

Ruggero Schleicher



In Nyon steht die erste schweizerische Produktionsanlage für Solarzellen. Wenn sie einmal auf Volltouren läuft, kann die kleine Fabrik jährlich Zellen mit einer Gesamtleistung von einem Megawatt ausstossen. Die Silizium-Kristallblöcke werden allerdings vorläufig noch aus den USA bezogen.



Das GROSSE Ge$chäft mit der Dritten Welt

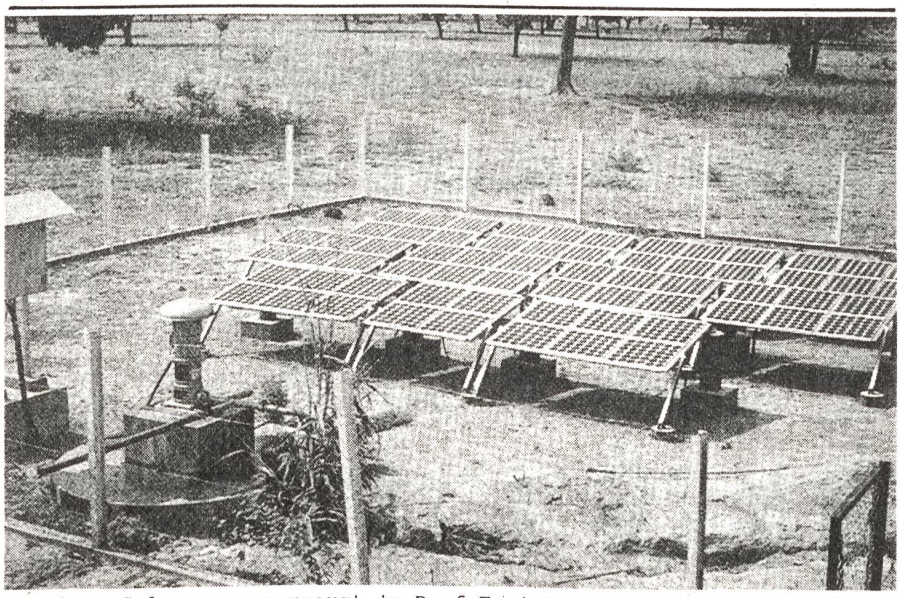
Die Erhöhung der Oelpreise trifft die Entwicklungsländer auch in der Elektrizitätsproduktion empfindlich. Denn ausser der Wasserkraft, die 44 Prozent des Stroms liefert, wird in der Dritten Welt vor allem Oel für die Elektrizitätserzeugung verwendet - in grösseren Kraftwerken oder kleinen Dieselgeneratoren. 16 Milliarden Dollar mussten 1980 die Entwicklungsländer für Oel zur Stromerzeugung ausgeben.

Anders als bei uns gibt es in den meisten Gegenden kein engmaschiges Verbundnetz, zu dem jedermann Zugang hat. In ländlichen Gebieten ist meist überhaupt kein Strom vorhanden, wenn nicht ein kleiner Dieselgenerator teure Elektrizität für die notwendigsten Bedürfnisse liefert. Nicht nur das Dieselöl für diese Minikraftwerke kostet viel, sondern auch sein Transport in entlegene Gebiete und die regelmässige Wartung der Motoren.Weltweit sind 10 Millionen solcher Anlagen in Betrieb und jährlich werden eine Million neue gekauft. Solarzellen scheinen besonders geeignet, diese teuren Stromquellen für Nachrichtenverbindungen, Beleuchtung, kleine Maschinen, Wasserpumpen und Versorgung von Spitälern zu ersetzen. Aber auch dort wo bisher keine Elektrizität verwendet wurde, ergeben sich mit dem flexiblen Sonnenstrom neue Möglichkeiten.

Wasser dank Sonne

Seit mehreren Jahren testen internationale Organisationen, staatliche Stellen und Industrieunternehmen photovoltaische Anlagen in Entwicklungsländern. Vor allem in der Nachrichtentechnik wird der Sonnenstrom mit gutem Erfolg bereits kommerziell angewendet. Bei den Versuchsprojekten steht die Entwicklung zuverlässiger sonnenstromgetriebener Wasserpumpen im Vordergrund. Einige hundert Anlagen verschiedenster Bauart sind bereits installiert worden. So betreut zum Beispiel die von E.F.Schumacher gegründete englische "Intermediate Technology Development Group" gemeinsam mit einer Privatfirma ein Testprogramm im Auftrag von UNDP und Weltbank mit Versuchsanlagen in Mali, den Philippinen und im Sudan. Die Europäischen Gemeinschaften haben 1980 fünfzehn sonnengetriebene Wasserpumpen in Entwicklungsländern installiert.

Im Sahelstaat Mali sorgte der rührige Missionar Vespieren für die Errichtung von bald sechsundzwanzig solaren Wasserpumpen. In fünf Jahren hat die von ihm gegründete Wasserversorgungsgesellschaft rund fünfhundert Brunnen gebohrt, dreissig Jahre hat er sich mit unzuverlässigen Pumpen herumgeschlagen. Schon heute sei die Solarpumpe die beste Lösung, meint Pater Vespieren, aber es gebe noch eine Reihe von Kinderkrankheiten zu überwinden. Unter den harten Einsatzbedingungen ist eine sorgfältige Abstimmung sämtlicher Systemkomponenten notwendig. Isolierte Dorfgemeinschaften sind extrem abhängig von der Zuverlässigkeit dieser Anlagen. Fehlt das Wasser über mehrere Tage, so verdorren vor allem die mühsam angelegten Pflanzungen. Berechnungen der Europäischen Gemeinschaften haben ergeben, dass schon bei heutigen Preisen, ganz abgesehen von der höheren Zuverlässigkeit und der Unabhängigkeit von der Treibstoffnachfuhr, Solarpumpen wesentlich billigeres Wasser liefern als dieselgetriebene.



Diese Solarpumpe versorgt im Dorf Tominian in Mali die tausendfünfhundert Einwohner, das Vieh und einige Pflanzungen mit Wasser. Mit einer Spitzenleistung von 1300 Watt kann sie pro Tag 70 Kubikmeter Wasser aus fünfundzwanzig Meter Tiefe fördern.

Herausholen, was der Markt hergibt

Bevor die Solarzellen in dichtbesiedelten Industriestaaten mit konventionellen Kraftwerken konkurrieren können, werden sie in der Dritten Welt breite Anwendung finden. Die photovoltaische Industrie rechnet für die nächsten Jahre vor allem mit diesem riesigen Markt. Würde die Hälfte der heute jährlich verkauften einen Million Dieselgeneratoren durch Solarstromanlagen ersetzt, so ergäbe das allein schon ein Marktvolumen von gut 15 Milliarden Franken. Schon in zwei, drei Jahren wären die technischen und preislichen Voraussetzungen dafür wohl gegeben. Aber so schnell kann die neue Industrie gar nicht wachsen: Produktionsanlagen müssen aufgebaut, Fachkräfte ausgebildet, Vertriebswege organisiert werden. In einer ausführlichen Studie rechnet die Spezialfirma Monegon mit einer jährlichen Verdoppelung des Umsatzes und damit erst 1990 mit Verkäufen von weltweit rund 15 Milliarden - halb so viel wie letztes Jahr die Entwicklungsländer für Oel zur Stromerzeugung ausgaben.

Besonders die europäischen Konzerne wollen offenbar den vielversprechenden Markt in der Dritten Welt konsequent ausnutzen. Es scheint, dass sie die Preise der Solarzellen vorläufig nur so weit senken wollen, dass dieser Exportmarkt gerade erreichbar wird, in den Industrieländern aber herkömmliche Kraftwerke nicht konkurrenziert werden. Auch amerikanische Firmen könnten schlussendlich auf eine solche Politik der hohen Preise einschwenken: warum sollten sie die begehrten neuen Energiespender "unnötig" billig verkaufen, wenn die Nachfrage viel grösser ist, als ihre Produktionskapazitäten?

Als Resultat dieser Strategie werden die armen Länder der Dritten Welt möglicherweise jahrelang übersetzte Preise zahlen müssen.

Schon heute beklagt sich Prof. Perez vom nationalen Polytechnikum in Mexico darüber, dass die ausländischen Hersteller in seinem Land verlangen, was der Markt hergibt: oft ein Mehrfaches der geschätzten Produktionskosten.

Selbständigkeit dank Technologietransfer?

Auch wenn die Herstellung der eigentlichen Sonnenzellen vorläufig von mächtigen Konzernen in den Industriestaaten kontrolliert wird, muss dies nicht unbedingt so bleiben und liegt auch nicht an den grundlegenden Eigenheiten der Solarzellentechnik. Grossfirmen in den Industrieländern konnten - meist mit Regierungshilfe - Milliarden investieren, um inner kürzester Zeit eine neuartige Technik zu entwickelt, sie besassen die notwendigen Kenntnisse der noch jungen Halbleitertechnik und Festkörperphysik. Sind die Herstellungsverfahren für Solarzellen jedoch einmal bekannt, so sind die eigentlichen Produktionsanlagen gar nicht einmal so teuer. Denn besonders kompliziert sind die angestrebten Herstellungsverfahren nicht, wenn einmal die günstigsten Materialzusammensetzungen und technischen Kniffe ausgetüftelt sind. Mit weniger als 50 Millionen Franken liesse sich möglicherweise eine rentable Produktionsanlage aufbauen, die ausgehend von rohem Silizium fertige Solarzellen-Panels herstellt.

Damit ist die Technik der Solarzellen im Grunde sogar einfacher und angepasster, als die der Verbrennungsmotoren. Die Motorenproduktion ist auch nach neunzig Jahren Entwicklungszeit noch fest in den Händen einiger weniger Konzerne. Wegen des sehr komplizierten Herstellungsprozesses sind die Produktionsanlagen teuer und nur bei riesigen Kapazitäten rentabel. Die grundlegende Technik ist nach der langen Einführungszeit jedoch weitherum bekannt und wird deshalb als einfacher angesehen als die noch ungewohnte Halbleitertechnik.

Vertreter der Entwicklungsländer fordern einen Technologietransfer, der es ihnen ermöglicht, selbständig diese günstigen Stromquellen herzustellen. Auch das UNDP/Weltbank-Projekt geht davon aus, dass Solarzellen in den Entwicklungsländern selber produziert werden sollten. Solange dies jedoch nur Tochterfirmen internationaler Konzerne sind, wie heute in Mexico, ist das nur ein halber Schritt. Prof. Perez vom mexikanischen Polytechnikum zum Beispiel fordert eine landeseigene Technologie. An seinem Institut wurde eine Pilot-Produktionsanlage aufgebaut, die den Grundstein für eine nationale photovoltaische Industrie bilden soll.

Neue Technik für alte Abhängigkeiten?

Um sich unentbehrlich zu machen, möchten die grossen Firmen am liebsten komplette, schlüsselfertige Systeme anbieten. Dazu bilden sich Firmengruppen, die auf verschiedenen Gebieten reichhaltige Erfahrungen besitzen: So kooperiert der weltweit führende amerikanische Hersteller Solarex in Frankreich mit dem Elektrokonzern Leroy-Somer, der mit seiner Tochterfirma Pompes Guinard über einen grossen Markt für Wasserpumpen in der Dritten Welt verfügt. Der Siemens-Konzern mit seinem weltweiten Vertriebsnetz hat kürzlich beschlossen, dreihundert Millionen Mark in die Photovoltaik zu stecken. Die geplante erste Produktionsanlage ist für die nächsten Jahre schon für die konzerneigene Produktion von kompletten Systemen ausgebucht, "Applikationszentren" für Solarzellen hat Siemens bereits in Johannesburg und Sao Paolo. Auch schweizerische Firmen sind mit dabei: letzten Winter nahm eine Tochtergesellschaft der Solarex bei Nyon eine Produktionsanlage für Solarzellen in Betrieb, deren Kapazität für den landeseigenen Bedarf viel zu gross ist. Ein grosser Teil der Produktion soll von der exportstarken Schweizer Elektroindustrie - in fertige Systeme integriert - an die Dritte Welt weiterverkauft werden.

Von der Anwendung her ist die Photovoltaik trotzdem eine ausgesprochen dezentrale Technik, die sich flexibel für die verschiedensten Anwendungen einsetzen lässt. Die elektrischen Anwendungstechnik und die Wartung der Anlagen sind im Prinzip sehr einfach, sicher nicht schwieriger zu erlernen als die weitverbreitete Technik der Diesel- und Benzinmotoren. Elektrische Anlagen lassen sich einfacher herstellen, brauchen weniger Wartung und Ersatzteile. Die notwendigen Fachkräfte müssten vielerorts allerdings noch ausgebildet werden.

xxxx

Energiestudie der Uni Genf: Drastische Einsparungen möglich

"Die Mehrheit dieser wachsenden Zahl von Studien gibt an, dass je nach Anwendung 30 bis 50% Energieeinsparung möglich sind, in bestimmten Fällen sogar bis zu 80 Prozent", heisst es in einer bemerkenswerten Untersuchung des Genfer "Centre Universitaire d'Etude des Problèmes de l'Energie". Im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft erstellten die Forscher eine Uebersicht über die von der Internationalen Energieagentur in vielen Ländern angeregten Forschungsarbeiten über Energieeinsparung in Gebäuden und bei Haushaltgeräten. Dabei förderten sie Erstaunliches zutage. "Heute spricht man vom 'Energievorkommen der Einsparungen'", schreiben sie im Vorwort, "und es zeigt sich tatsächlich, dass dieses Vorkommen riesig ist. Wenn man sich an das hält, was technisch machbar und wirtschaftlich rentabel ist, dann sind die Energieeinsparungen eine unserer vielversprechendsten 'Energiequellen' für die nächsten Jahrzehnte."

Zunächst geht es in der Untersuchung um die Gebäude als Ganzes, dann werden einzelne aktive und passive Komponenten behandelt. Eine Reihe eindrücklicher Pilotprojekte von Häusern mit niedrigem Energieverbrauch wird vorgestellt. Da ist zum Beispiel ein kanadisches Sparhaus mit allen Finessen, das pro Quadratmeter Wohnfläche nur gerade 15 Megajoule Energie im Jahr braucht, gegenüber 750 im schweizerischen Durchschnitt. In Schottland wurden gleich sechshundert gutisolierte Fertighäuser aufgestellt, die je nach Bewohnergewohnheiten auch nur zwischen 83 und 165 MJ/m^2 benötigen. Bei nachträglichen Renovationen zeigt sich, dass Einsparungen von 50% nicht selten sind und ein Verbrauch von 250 MJ/m^2 erreicht werden kann.

A.Gsponer/B.Giovannini/J.Branch: Conservation de l'énergie: recherches et realisations techniques dans l'habitat et l'equippement menager, Genève 1981, 173 pages, Fr. 16.50. Zu beziehen bei CUEPE, 5,rue Saint-Ours, 1205 Genève.

Im Bereich der Haushaltsgeräte und der Beleuchtung belegen die vorgestellten Forschungsarbeiten, dass "sensationelle Einsparungen" möglich sind, die den Energieverbrauch auf ein Fünftel oder weniger senken können. Besonders japanische Firmen sollen die Massenproduktion solch sparsamer Geräte vorbereiten, die eine empfindliche Senkung des Stromverbrauchs im Haushaltbereich zur Folge haben könnten. So schlägt eine dänische Studie vor, die Geräte teilweise stark umzukonstruieren, was Mehrkosten verursacht, die aber nach 6 bis 9 Jahren amortisiert wären. Ein damit ausgerüsteter durchschnittlicher dänischer Haushalt würde nur 830 Kilowattstunden im Jahr brauchen, gegenüber 2800 kWh mit den sparsamsten 1979 erhältlichen Apparaten.

Obwohl die Rentabilität der meisten dieser Spartechniken bestens belegt sei, gehe ihre Einführung im Haushalssektor viel langsamer als in der Industrie, schreiben Gsponer, Giovannini und Branch. Die gegenwärtige Tendenz sei so langsam, dass es fünfzehn bis zwanzig Jahre brauche, bis Techniken, die heute schon rentabel sind, allgemein eingeführt seien. Dies liege an der Komplexität des Marktes und an den Interessengegensätzen zwischen den beteiligten Herstellern, Eigentümern, Mietern, Energieerzeugern und -verkäufern.

Sie schlagen deshalb vor, dass in Zukunft nicht nur die schon recht gut bekannten technischen Aspekte sondern vor allem auch die sozialen und politischen Hindernisse für die Einführung dieser wünschbaren neuen Techniken erforscht werden sollen.

Es ist zu hoffen, dass das Bundesamt für Energiewirtschaft und der Nationale Energie-Forschungs-Fonds aus dieser beachtenswerten Studie, die von ihnen in Auftrag gegeben wurde, die dringend notwendigen Konsequenzen ziehen.

rs.

Eigentlich hätte der Bundesrat am achten Juli seinen Entscheid über Kaiseraugst fällen sollen. Nun ist der Beschluss noch einmal auf Ende August vertagt worden. Trotzdem wollen die Atomgegnerorganisationen am ersten August eine eindrückliche Grossdemonstration in Kaiseraugst durchführen. Organisatoren sind die Arbeitsgemeinschaft Atomschutz der Schweiz (AGEA), die Gewaltfreie Aktion Kaiseraugst (GAK) und das Nordwestschweizer Aktionskomitee gegen Atomkraftwerke (NWA). Unterstützt wird die Demonstration von der Nationalen Koordination der Schweizer AKW-Gegner-Organisationen (NK) und vielen weiteren Einzelorganisationen, Parteien und Gewerkschaften.

Im Aufruf heisst es:"Die Bevölkerung der Region um Kaiseraugst, Fricktaler und Baselbieter, Basler, Schwarzbuben und Laufentaler haben an der Urne klar und deutlich Nein zum Bau eines Atomkraftwerkes gesagt. In einer föderalistischen Demokratie müsste damit eigentlich alles klar sein. Doch der Bundesrat zögert. Noch haben die Behörden nicht entschieden, die demokratische Entscheidung der Bürger zu respektieren. Deshalb sind wir besorgt. Wir müssen erneut zusammenstehen".

I3W-Dossier:
Energieprobleme der Dritten Welt
Bern 1981, ca. 60 Seiten, Fr.5.--
Bezug bei: I3W, Postfach 1686, 3001 Bern

Hintergrundmaterialien zur UNO-Konferenz über neue und erneuerbare Energiequellen vom August 1981 in Nairobi.

Franz Stohler:
Heizen mit alternativen Energien
Aarau 1981, 296 Seiten, Fr. 42.--

Eine wertvolle Sammlung von 96 Beschreibungen konkreter, ausgeführter Projekte auf den Gebieten Sonnenenergie, Wärmepumpen, Wärme-Kraft-Koppelung, Holzfeuerung, Kohlenfeuerung, Biogas und Wärmerückgewinnung.

SES/WWF:
Die Geister die ich rief ...
Unterrichtsmaterialien zum Problem Atommüll

Die Materialmappe für die Schüler umfasst 14 A4-Seiten mit vielen Zeichnungen. Die Lehrermappe enthält zusätzlich 9 Seiten Kommentare und 8 Projektorfolien. Geeignet ab dem sechsten Schuljahr. Zu beziehen beim WWF-Lehrerservice, Postfach, 8037 Zürich.

SES-Notizen 2/81, Juli 1981
Herausgeber: Schweizerische Energie-Stiftung, Sihlquai 67, 8005 Zürich, Tel. 01/42 54 64. *Redaktion:* Ruggero Schleicher, Schribstube Bern, Postfach 113, 3000 Bern 13, Tel. 031/41 68 86. *Gestaltung:* Rosanna Ruiu, Bern. *Druck:* Hostettler, Bern. Der Abonnementspreis ist im Mitgliederbeitrag des SES-Förderervereins enthalten.