

# GEO

Das neue Bild der Erde

C 2498 E

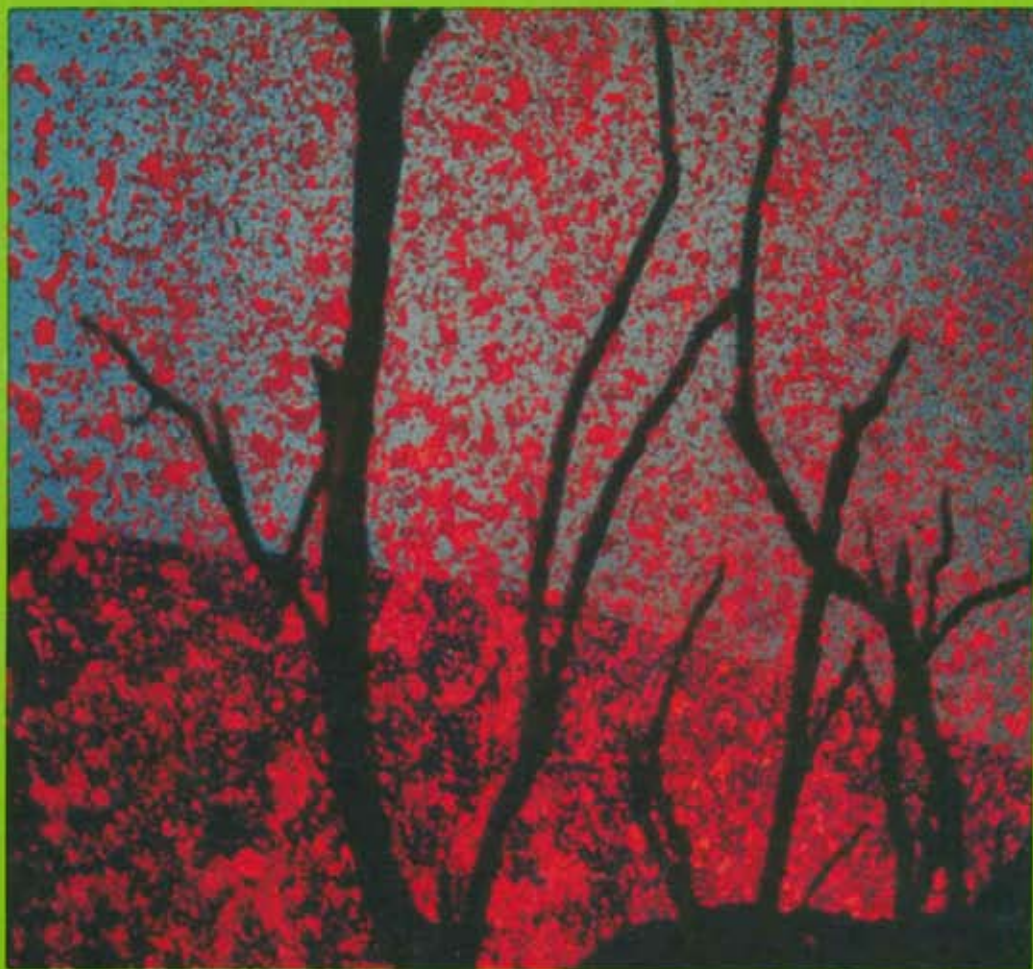
Nr. 10 / Oktober 1982

9,50 DM

Österreich: 6S 75

Schweiz: sfr 10

(27. September 1982)



*Erdwissenschaft: Die Geburt eines Ozeans • Fasten-  
kuren: Das Schloß der Sünden • Photovoltaik: Strom  
aus Sand und Sonne • Landschaftsfotografie: Rettet die  
Erde für eure Kinder • Berberaffen: Für die Freiheit  
in Gefangenschaft • Sulawesi: Jahrmarkt der Seelen*

**GEO**  
"Strom aus Sand und Sonne:"  
Eine Sendung von Volker Arz  
24. Oktober, 19.30 Uhr, ZDF

**Erdwissenschaft:**  
**Geburt eines Ozeans**  
heißt Uwe Georges  
neues Buch, von dessen  
staunenerregenden  
fotografischen Dokumen-  
ten GEO einen Aus-  
schnitt präsentiert. In  
einem Bericht über  
das ostafrikanische Afar-  
Dreieck werden die  
Wehen unseres Planeten  
offenbar: Die Erde ist  
dabei, ein neues Welt-  
meer zu erschaffen.  
Seite 10



**Fastenkuren:**  
**Das Schloß der Sünden.**  
Der Cocktail mit Glau-  
bersalz gehört zum Ini-  
tiationsritus der Kurgäste  
von Warnsdorf. Sünde ist  
hier, wenn man isst. Dem  
Kampf gegen die Sünde gilt  
alle Sorge und alle Seh-  
sucht dem »Danach«.  
Seite 46



**Photovoltaik: Strom**  
**aus Sand und Sonne.**  
Ohne Zwischen-  
stufen wandeln Solarzellen  
Licht in elektrischen  
Strom. Mit dieser Technik  
bricht ein neues Ener-  
giezeitalter an.  
Seite 60



**Landschafts-**  
**fotografie: Rettet die Erde**  
**für eure Kinder.**  
Der amerikanische Meister-  
fotograf Ansel Adams  
appelliert mit seinen Land-  
schaftsportraits - gesuchte  
und hochbezahlte Klas-  
siker der Schwarzweißfotogra-  
fie - an das Gewissen  
der Menschen, die  
Natur nicht zuschanden  
zu machen.  
Seite 90



**Berberaffen:**  
**Für die Freiheit in**  
**Gefangenschaft.**  
In den Gehegen des Ba-  
rons de Turckheim in  
Deutschland und Frank-  
reich haben sich Ber-  
beraffen so gut vermehrt  
und entwickelt, daß sie  
in ihrer Stammheimat  
Marokko wieder ausge-  
siedelt werden können.  
Seite 108



**Sulawesi:**  
**Jahrmarkt der Seelen.**  
Hölzerne Figuren halten  
die Erinnerung an die  
Ahnen wach: Der Toten-  
kult der Toraja ist le-  
bendig geblieben, obwohl  
Missionare längst die  
Mehrheit dieses indonesi-  
schen Volkes zum Chris-  
tentum bekehrt haben.  
Seite 128



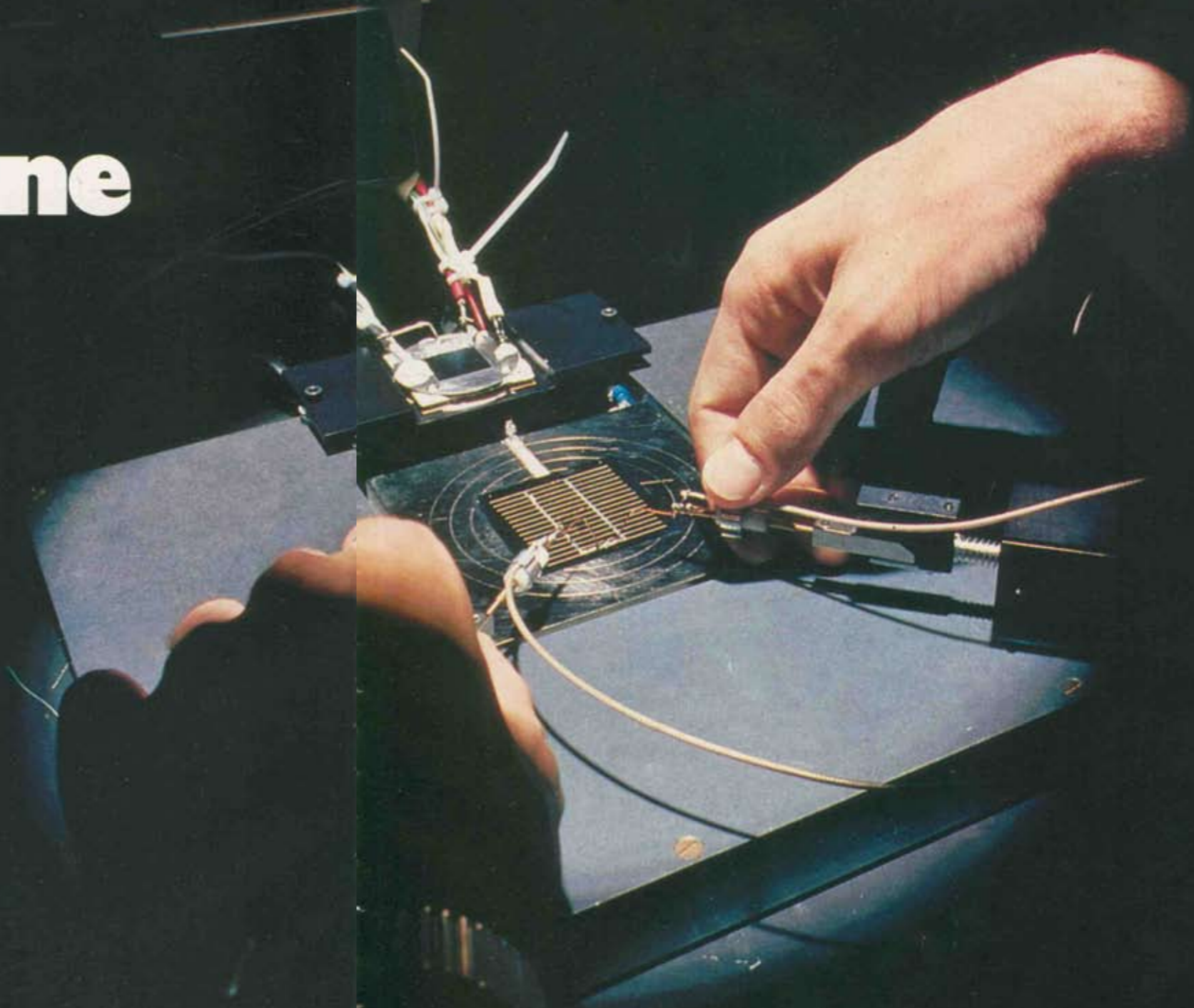
Der Physiker Emil  
Kowalski hält die zuneh-  
mende Technikeind-  
lichkeit für eine irrationale  
und gefährliche  
Entwicklung.  
Seite 154

Titelfoto von Katia Krafft:  
Ausbruch des Vulkans Nyamiagira in Zaïre

## PHOTOVOLTAIK

# Strom aus Sand und Sonne

Das zehn mal zehn Zentimeter große Plättchen, das im Schein einer künstlichen Sonne getestet wird, wandelt, ohne Zwischenstufen, Licht in elektrischen Strom um. Schon bald können solche Solarzellen aus Silicium in Massen billig produziert werden. Damit beginnt ein neues Energiezeitalter. Photovoltaik, die Technologie der Zukunft, ist eine Herausforderung an die Industrie und verspricht ein gewaltiges Geschäft. Denn sie verbraucht keinen Brennstoff und produziert keinen Abfall – sie benötigt lediglich, was im Überfluß vorhanden ist: Licht von der Sonne und Sand von der Erde





Der Vorrat an Silicium ist unerschöpflich: Es ist das nach dem Sauerstoff häufigste Element der Erdkruste. Zwar existiert es nirgendwo in reiner Form, sondern immer in Verbindungen wie etwa in dem hellen Quarzsand. Doch auch dieser ist auf der Erde unbegrenzt verfügbar.

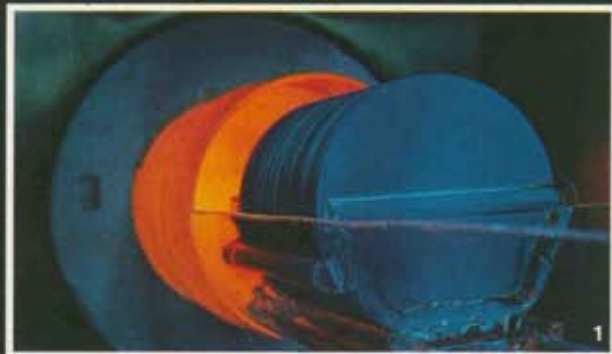


**Ein Rohstoff, der niemals Mangelware wird**

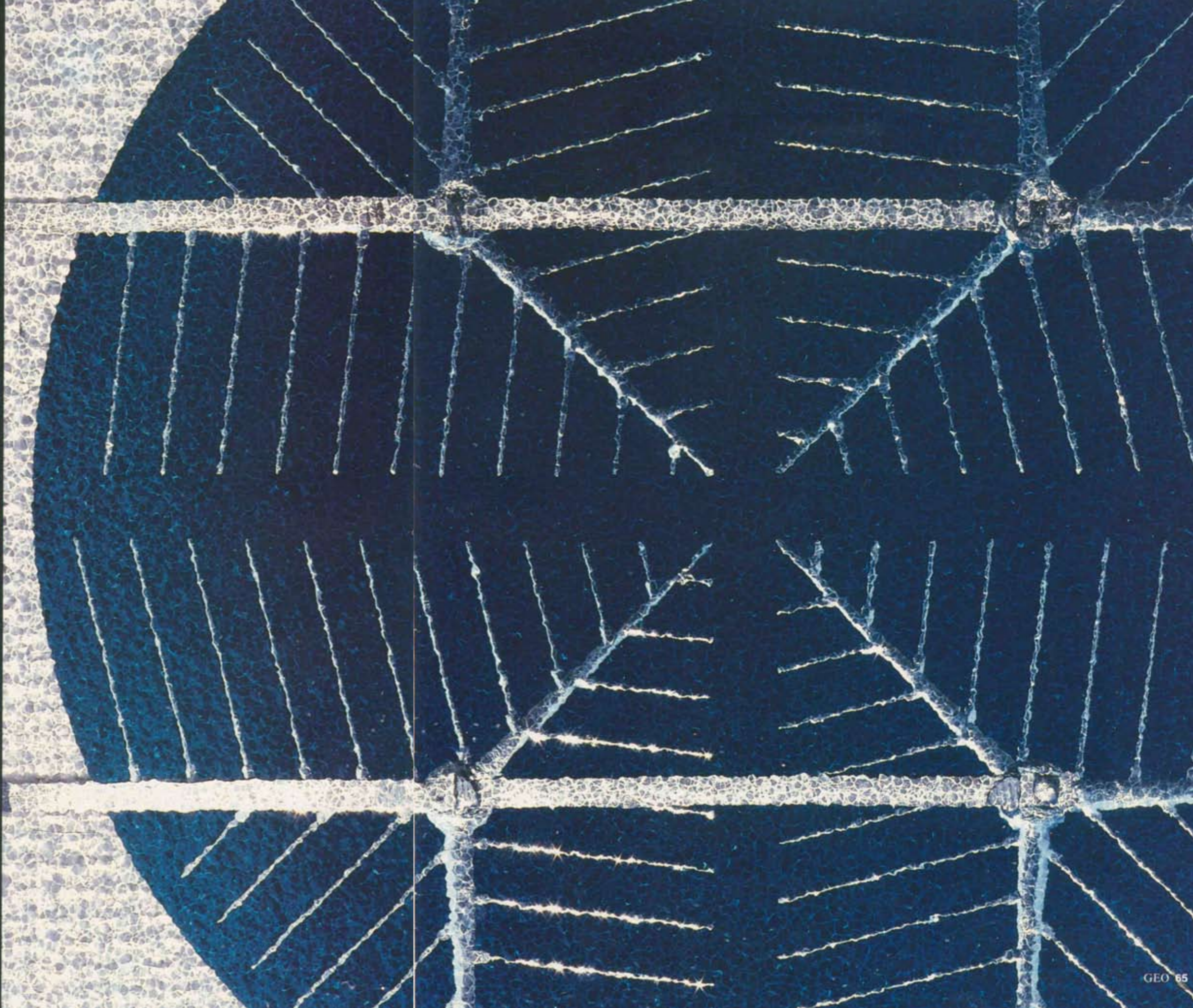
Aus dem hellen Quarzsand muß Silicium als Rohstoff für Solarzellen erschmolzen werden. Die Herstellung des erforderlichen hochreinen Siliciums ist gegenwärtig noch technisch sehr aufwendig und teuer

teten« Siliciumkristall gesägt ①. Erst in einem »Diffusionsofen« werden sie zu Solarzellen präpariert ②. Weil das Sägen der Kristalle ein kostspieliger Vorgang ist, arbeitet man an billigeren Verfahren: Bei Wacker-Chemie etwa wird ein Siliciumfilm direkt aus der Schmelze gezogen ③, bei Siemens erhält man feine Siliciumhäutchen, wenn man ein Graphitnetz in das flüssige Silicium taucht ④ + ⑤

Strom fließt, sobald Licht auf ein entsprechend präpariertes Siliciumplättchen fällt. Abgezapft wird er über aufgedampfte silbergraue Metallkontakte (großes Bild). Die runden Scheiben sind aus einem einzigen, langsam »gezüch-



**Wie man aus schlichtem Sand ein Kraftwerk baut**





Bis vor kurzem gab es lediglich Solarzellen, die aus monokristallinem Material geschnitten worden waren. Aber inzwischen ist es den Forschern von Wacker-Chemie und AEG gelungen, Solarzellen aus gegossenem polykristallinem und damit billigerem Silicium herzustellen. Die dabei entstandenen viereckigen Blöcke werden mit einer Säge zerteilt. In einer Aufdampftrommel erhält



**Diese Kristalle sind aus einem Guß**

das graue Schnittmuster der vielen unregelmäßig ausgebildeten Kristalle eine Antireflexschicht. Sie sorgt dafür, daß nur wenige auftretende Lichtteilchen zurückgewiesen werden

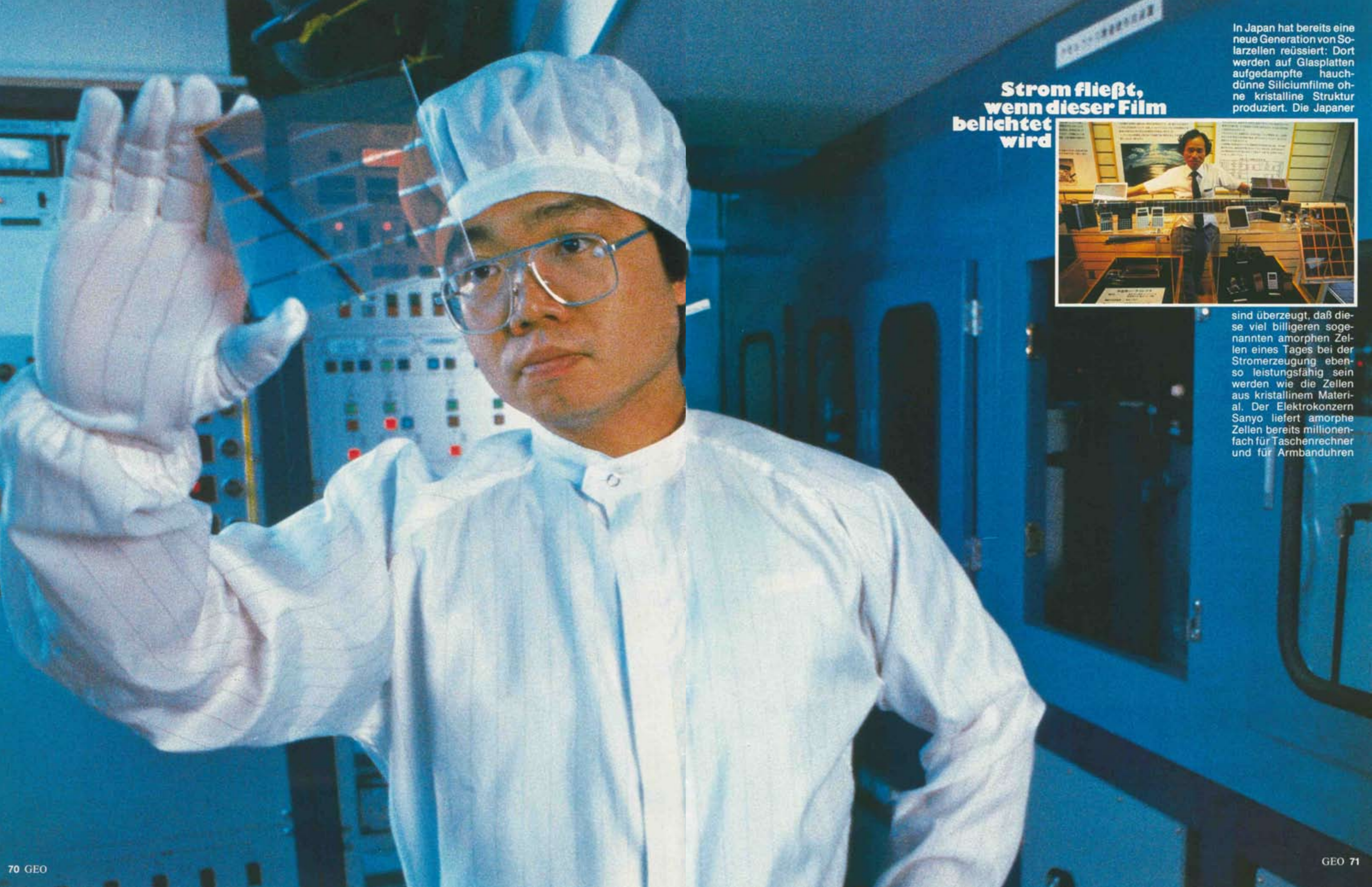


Längst ist die Produktion kristalliner Solarzellen dem Experimentierstadium entwachsen. Auch das Auftragen der Metallkontakte auf die dünnen Siliciumplättchen ist inzwischen bereits Fließbandarbeit.



**Hier werden Solarzellen schon am Fließband hergestellt**

Und die Strom spendenden genormten Paneele mit den Solarzellen der amerikanischen Firmen Arco Solar oder Solarex werden als Massenware in alle Welt geliefert



**Strom fließt,  
wenn dieser Film  
belichtet wird**

In Japan hat bereits eine neue Generation von Solarzellen reüssiert: Dort werden auf Glasplatten aufgedampfte hauchdünne Siliciumfilme ohne kristalline Struktur produziert. Die Japaner

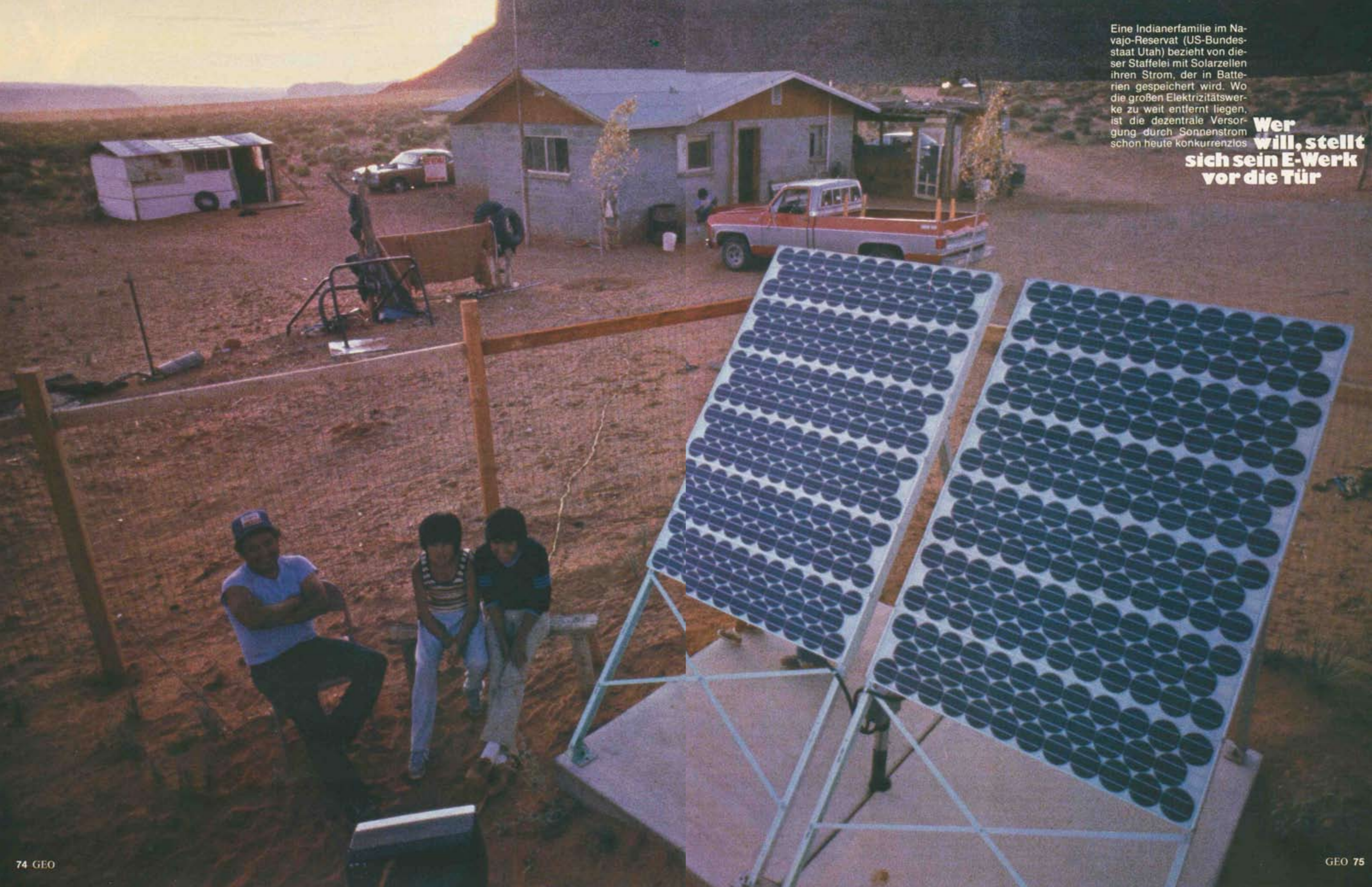


sind überzeugt, daß diese viel billigeren sogenannten amorphen Zellen eines Tages bei der Stromerzeugung ebenso leistungsfähig sein werden wie die Zellen aus kristallinem Material. Der Elektrokonzern Sanyo liefert amorphe Zellen bereits millionenfach für Taschenrechner und für Armbanduhren



**Forschen,  
damit die Sonne  
handlicher  
wird**

Auch amerikanische Forscher bemühen sich um billige Solarzellen aus amorphem Silicium. Im Solar Energy Research Institute in Golden (Colorado) werden Materialien mit raffinierten Apparaturen getestet



Eine Indianerfamilie im Navajo-Reservat (US-Bundesstaat Utah) bezieht von dieser Staffelei mit Solarzellen ihren Strom, der in Batterien gespeichert wird. Wo die großen Elektrizitätswerke zu weit entfernt liegen, ist die dezentrale Versorgung durch Sonnenstrom schon heute konkurrenzlos

**Wer will, stellt sich sein E-Werk vor die Tür**

Ein Bericht von Franz Frisch  
mit Fotos von Henning Christoph  
und Georg Fischer

**D**em vitalen alten Herrn bereitet es sichtlich Vergnügen, seinen Gästen die neue Technik zu zeigen, die sein Haus mit Energie versorgt. Kaoru Iue führt uns durch den kleinen, gepflegten Garten zum Kontrollraum neben der Villa. Schmunzelnd deutet er auf ein Schriftstück neben den Meßinstrumenten: „Bei uns muß alles seine Ordnung haben.“ Mit diesem Papier hat das Ministerium für internationalen Handel und Industrie in Tokyo dem Hausherrn genehmigt, das kleinste Elektrizitätswerk Japans zu betreiben: ein Sonnenkraftwerk mit zwei Kilowatt elektrischer Leistung.

Kaoru Iue ist kein Träumer, und er will auch nicht mit alternativen Ideen den technischen Fortschritt bremsen oder sich gar der industriellen Welt versagen. Ganz im Gegenteil: Der 71-jährige zählt zu Nippons führenden Industriemanagern. Er ist Präsident des japanischen Elektrokonzerns Sanyo, der mit 50 Tochtergesellschaften in 27 Ländern rund zwölf Milliarden Mark umsetzt.

Die Sonne sei letztlich eine der wenigen unerschöpflichen Energiequellen, die der Menschheit zur Verfügung stünden, erläutert Iue sein Engagement: „In nur 20 Minuten strahlt sie so viel Energie auf die Erde, wie die Menschen heute insgesamt in einem Jahr verbrauchen.“ In Japan werde die Sonne dazu beitragen, die Abhängigkeit von Importöl, die heute 75 Prozent betrage, zu reduzieren.

Deshalb entwickelt Sanyo nicht nur eine breite Palette von Solartechnologien. Deshalb wirbt der Präsident auch persönlich für die Sonne.

Wir steigen aufs Dach seiner 600 Quadratmeter großen Villa. Oben angelangt, blicken wir rundum auf Bürohäuser und Fabrikhallen – Präsident Iues Haus steht mitten in einem Gewerbegebiet der Industriemetropole Osaka.

Es macht ihm nichts aus, uns die Anlage, die Energie von der Sonne bezieht, im Regen zu zeigen. Schlechtwetter ist für Japaner kein Grund, den Sinn der Solartechnik anzuzweifeln.

10 260 quadratische, zehn mal zehn Zentimeter große Solarzellen wandeln hier Lichtstrahlen in elektrische Energie um. Je 20 sind zu einem sogenannten Modul zusammengefaßt, insgesamt 513 Module auf das Flachdach und die Vordächer an der Ost- und Südseite montiert. Die Zellen bestehen aus gewöhnlichem Fensterglas, auf dessen Unterseite eine nur wenige Tausendstelmillimeter dicke Schicht einer durchscheinenden Substanz aufgetragen ist. Dieser hauchdünne Film aus sogenanntem amorphen Silicium erzeugt bei Tageslicht elektrischen Strom – Sonnenstrom.

#### Die E-Werke der Zukunft benötigen nur eines: Tageslicht

Der Besuch im Haus des japanischen Industrieherrn an einem regnerischen Sonnabend im Spätsommer 1982 bildete für GEO-Fotograf Henning Christoph und mich den Schlußpunkt einer vierwöchigen Reise nach Amerika und Japan, wo Photovoltaik, die Technik der direkten Umwandlung von Licht in Strom, schon heute als eine Schlüsseltechnologie der Zukunft gilt. Das Fazit unserer Expedition: Wir stehen an der Schwelle einer neuen technischen Epoche, in der die Menschen ihren Energiehunger aus Elektrizitätswerken stillen können, die keinen Brennstoff mehr benötigen und keinen Abfall produzieren, aus Generatoren, die überall auf der Erde aufgestellt werden können und für ihren Betrieb nur eines brauchen: Tageslicht.

HIER GEHT ES NICHT um jene Kollektoren auf den Dächern der Häuser, die mit Sonnenwärme das Badewasser heizen. Es geht auch nicht um jene gigantischen Spiegelanlagen, mit denen solare Elektrizität erzeugt wird. Denn diese werfen – einem Brennglas ähnlich – Sonnenstrahlen gebündelt auf die Spitze eines Turmes, erhitzen dort Wasser in einem Kessel und setzen damit lediglich einen konventionellen Dampfkreislauf in Gang.

In diesen Solarkraftwerken wird Strom also nach demselben Prinzip produziert wie in allen Wärmekraftwerken: auf mechanische Weise, in-

dem eine Turbine einen Generator antreibt. Solche Sonnenkraftwerke, in den letzten Jahren in Europa und Übersee als Demonstrationsprojekte alternativer Energiequellen installiert, zählen bereits heute zum alten Eisen.

Denn sie sind nicht nur kompliziert und teuer, sie haben vor allem einen Nachteil: Ihr „Brenner“ fällt sofort aus, wenn die Sonne hinter einer Wolke verschwindet; denn nur direkte Sonnenstrahlen lassen sich von den Spiegeln bündeln.

Experten können vorrechnen, daß man schon heute die gleiche elektrische Leistung billiger erhält, wenn man den Turm mit allem Drum und Dran wegläßt und die Spiegel durch Solarzellen ersetzt.

Einfacher als mit solchen Zellen läßt sich elektrischer Strom nicht erzeugen. Wie die Physiker seit Beginn dieses Jahrhunderts wissen, ist Licht nichts anderes als ein Strom unzähliger winziger Energieteilchen, der Photonen. Treffen diese Teilchen auf bestimmte Materialien, setzen sie in

diesen Elektronen frei – die Teilchen des elektrischen Stroms.

So wird sich in Zukunft mit der Photovoltaik, wie schon in anderen Bereichen geschehen, auch bei der Stromerzeugung ein Übergang vom mechanischen Prinzip auf das elektronische vollziehen. Wobei das Material der Photovoltaik das gleiche ist, das auch bei der Herstellung von Computer-Chips verwendet wird: Silicium.

DIESES HALBMETALL wird niemals zur Neige gehen wie Öl, Erdgas, Kohle und Uran. Es ist nach dem Sauerstoff das am häufigsten vorkommende Element in der Erdkruste.

Auch das Prinzip der Photovoltaik gleicht jenem, das Transistoren und andere moderne Bauelemente der Mikroelektronik funktionieren läßt: die elektrische Barriere oder der sogenannte pn-Übergang. Er trennt im Silicium zwei Schichten mit unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften: Auf der einen Seite bewegt sich zwischen den Atomen im Kristallgitter eine größere Menge negativ geladener Elektronen, auf der anderen eine entsprechende Menge positiver Ladungsträger, die sogenannten Löcher. Sie sind nichts anderes als leere

Elektronenplätze im Kristallgitter. Weil diese Löcher aber laufend neu besetzt werden, erscheinen sie an immer neuen Stellen – sie verhalten sich wie positive Ladungsträger, die durch das Kristallgitter wandern wie Luftblasen im Wasser.

#### Photovoltaik soll das Geschäft der nächsten zwei Jahrzehnte werden

Im Transistor zum Beispiel bewirken solche die positive und negative Zone trennenden pn-Übergänge die Verstärkung schwacher Ströme – aus jeder HiFi-Anlage ist dieser Effekt zu hören. In der Solarzelle bewirkt der pn-Übergang, daß Elektronen und Löcher in entgegengesetzte Richtung wandern, wenn Photonen auf das Kristallgitter treffen. So kommt ein Elektronenstrom in Gang, der über außen an der Solarzelle angebrachte Kontakte als elektrischer Strom genutzt werden kann.

Damit sie Strom liefern, brauchen die Solarzellen, anders als die Spiegelkraftwerke, keine direkten Sonnenstrahlen, sondern eben nur Tageslicht. Die Photonen können aus allen

Richtungen kommen – bei Regen wie bei Sonnenschein, im Winter wie im Sommer. Nur auf die Helligkeit des Lichts, auf die Menge der eintreffenden Photonen, kommt es an.

„DAS IST ÖL VOM HIMMEL“, sagt Leo Blank, als ich ihn frage, weshalb er in das Photovoltaik-Geschäft einsteige. Von seinem Büro in New Yorks 42. Straße, in dem er an allen sieben Tagen der Woche arbeitet, dirigiert Blank ein Dutzend Unternehmen – Handelsfirmen, Consultingbüros, Finanzierungsgesellschaften, die international arbeiten. Gegenwärtiger Jahresumsatz: rund 100 Millionen Dollar.

Wenn sein Photovoltaik-Programm erfolgreich sei, könne er sich jedoch nach zehn Jahren einen Umsatz von einer halben Milliarde Dollar vorstellen, sagt er. Denn: „Die Photovoltaik wird das Computergeschäft der achtziger und neunziger Jahre sein.“

Mit seiner International Solar Utilities Corporation will Blank einen intensiven Technologie-Transfer in Entwicklungs- und Schwellenländer in die Wege leiten. Ziel ist die Herstellung ganzer Energieversorgungssysteme – etwa für abgelegene Ort-

### Auch bei Regen fließt noch Strom aus Licht

Kaoru Iue, Präsident des Elektrokonzerns Sanyo, wirbt auf dem mit einer Sonnenstrom-Anlage bebauten Dach seines Hauses für Solarenergie. Bei Ricoh werden bereits serienmäßig mit Solarzellen betriebene Belichtungsmesser in Fotoapparate eingebaut



schaften, für Telefonnetze mit Funkverbindung, Wasserpumpenanlagen und den elektrischen Korrosionsschutz von Pipelines.

Das Kernstück seines Solarkatalogs, die schlüsselfertige Fabrik für Solarzellen, will der New Yorker Selfmademan von Roger G. Little beziehen, einem Unternehmer, der seine Wissenschaftler-Laufbahn am berühmten Massachusetts Institute of Technology begann. Als Plasma-Physiker wechselte er zur Industrie, arbeitete an Raumfahrtprojekten mit und gründete 1969 seine eigene Firma, um das Know-how, das er auf dem Gebiet der Weltraum-Solartechnik angesammelt hatte, selber zu vermarkten.

Kenntnisreiche und energische Leute wie Little sind es vor allem, die dafür sorgen, daß die Amerikaner bei der Vermarktung neuer Technologien die Nase vorn haben. Das war so bei der Mikroelektronik und ist jetzt so bei der Biotechnologie. Wird es bei der Photovoltaik ähnlich gehen?

CADILLACS GLEITEN durch den Wald zu dem langgestreckten, ebenerdigen Gebäude mit der Firmenaufschrift „Spire“. Little hat es, 45 Autominuten vom Zentrum Bostons, in einen der üblichen amerikanischen Industrieparks gestellt. Rund 100 Menschen, darunter 20 hochkarätige Wissenschaftler, entwickeln hier die Photovoltaik der Zukunft.

In der Entwicklung und Herstellung von Produktionsanlagen für die

Bei Frederick im US-Bundesstaat Maryland baut Dr. Joseph Lindmayer den »Solar-Brüter«, die erste Fabrik der Welt, die sich ausschließlich mit Sonnenenergie versorgt – und damit sogar neue Sonnenzellen produziert. In der Nähe von Los Angeles stellt die Firma Arco Solar, Tochter des Ölmultis Atlantic Richfield, das bislang größte photovoltaische Kraftwerk mit einer Leistung von 1000 Kilowatt in die Wüste

**Hier wird ein neues Energiezeitalter vorbereitet**



**Photovoltaik.** Der Name für die Energietechnik ist kombiniert aus dem griechischen Wort für Licht und dem Namen des Italieners Alessandro Volta, eines der Pioniere in der Erforschung der Elektrizität.

**Solarzellen.** Runde oder rechteckige Kristallplatten, meist aus Silicium, sind die Basis der Photovoltaik. Eine Antireflexschicht an der Oberfläche bewirkt, daß möglichst wenig Lichtteilchen, sogenannte Photonen, zurückgespiegelt werden. Kontakte an der Unter- und Oberseite der Plättchen nehmen den Strom ab.

**Solarmodule.** So werden die Paneele genannt, in denen eine Anzahl von Solarzellen – in Serie geschaltet – wetterfest verpackt sind. Bei solchen Modulen rechnet man heute mit einer

Lebensdauer von mindestens 20 Jahren. Derzeit gängige Solarmodule haben bei einer Größe von 30,5 cm x 122 cm eine Höchstleistung von 40 Watt. Ein einziges solches Modul würde also ausreichen, um eine Lautsprecheranlage mit Strom zu versorgen.

**Wirkungsgrad.** Der Anteil der eingestrahnten Solarenergie, den man der Solarzelle als elektrische Energie entnehmen kann, beträgt bei den relativ teuren runden monokristallinen Siliciumzellen im Schnitt zwölf Prozent. Die billigeren polykristallinen Zellen schaffen zehn Prozent. Amorphe Siliciumzellen, deren hauchdünne Schicht nicht kristallin strukturiert ist, bringen es heute erst auf fünf bis sechs Prozent. Sie werden von den Japanern millionenfach in Taschenrechner einge-

baut, weil dort der Wirkungsgrad nur eine untergeordnete Rolle spielt.

**Stabilität.** Damit die Stromerzeugung wirtschaftlich wird, müssen Solarzellen eine lange Lebensdauer haben – auch in extremer Witterung wie etwa un-

ter sengender Wüstensonne. Bei kristallinen Zellen ist hohe Stabilität erreicht, bei amorphen ist sie noch Forschungsziel der Wissenschaftler.

**Kosten.** Photovoltaische Systeme kosten heute pro Watt Höchstleistung nach Experten des US-Energieministeriums knapp 40 Mark. Die Fachleute rechnen jedoch damit, daß dieser Preis auf weniger als fünf Mark reduziert werden wird. Dann würde die Photovoltaik für Elektrizitätsgesellschaften wirtschaftlich interessant.

**Sonnenenergie.** Im Westen der USA und Südamerikas, in der Sahara oder in Australien liefert die Sonne übers Jahr auf 1 m<sup>2</sup> rund 2200 Kilowattstunden Energie. In Südeuropa sind es im Schnitt 1400, in Mitteleuropa 1000 bis 1100 kWh pro m<sup>2</sup>. Das Dach eines 100 m<sup>2</sup> großen Bungalows in Frankfurt könnte also pro Jahr rund 10 000 kWh Strom erzeugen.

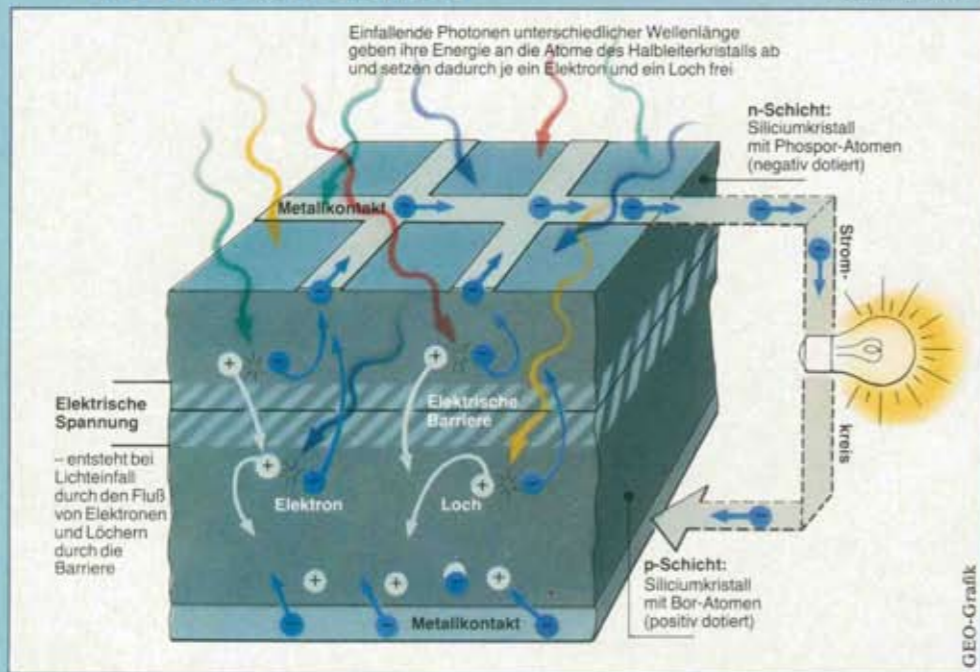
**Netzstrom.** Aus der Steckdose kommt bei uns Wechselstrom mit 220 Volt, aus einer Solarzelle Gleichstrom mit 0,5 Volt. Aber mit Invertern läßt sich der Solarstrom ans Netz anpassen. Bisher haben diese nur bei Höchstleistung der Solarzellen einen guten Wirkungsgrad: Sie wandeln 90 bis 93 Prozent des Solarstroms in Wechselstrom, bei schwacher Lichteinstrahlung aber nur noch 70 bis 85 Prozent. Im Freiburger Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme wurde jetzt ein Inverter entwickelt, der unabhängig von der Intensität des Solarstroms stets 95 Prozent in Wechselstrom umwandelt. Besonderer Clou: Der Netzstrom steuert mit der Sinusschwingung seiner Spannung den Inverter, so daß bei einer Stromabschaltung durch das E-Werk auch automatisch der Inverter abschaltet. Dies ist eine Grundbedingung dafür, daß Solardächer gefahrlos an ein Stromnetz angeschlossen werden können.



Dieser im Freiburger Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme entwickelte Inverter wandelt Gleichstrom aus Solarzellen beinahe verlustlos in 220-Volt-Wechselstrom um

**Speicher.** Solarenergie hat vorerst für die sogenannte dezentralisierte Versorgung Zukunft – etwa wo viele Kilometer Stromleitung zu einer abgelegenen Siedlung zu teuer wären. Hier stellt sich künftig das Problem der Energiespeicherung für die Nacht, vor allem für den Winter. Die Wissenschaftler forschen zur Zeit intensiv an neuen Langzeit-Speichersystemen für elektrische Energie. Zum Beispiel arbeiten amerikanische Forscher an Redoxspeichern: Unterschiedliche Lösungen in zwei Kammern, die durch eine semipermeable Membran voneinander getrennt sind, werden durch Strom oxidiert bzw. reduziert, wobei Ionen durch die Membran wandern. Schließlich ist der Redoxspeicher geladen. Werden die Elektroden an beiden Kammern miteinander verbunden, läuft der Prozeß in umgekehrter Richtung, und es fließt Strom. Ein idealer Speicher wäre der Wasserstoff: Mit Hilfe der Energie von der Sonne wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Beides kann dorthin verfrachtet werden, wo es gebraucht wird. Der Wasserstoff läßt sich dann – umweltfreundlich – in einem Kraftwerk, einer Heizung oder in einem Automotor verbrennen. Dabei entsteht wieder Wasser.

## Ein Trommelfeuer von Photonen bringt Bewegung in Siliciumzellen



Massenherstellung billiger, jedoch hocheffizienter Solarzellen und Module ist „Spire“, so Little, heute weltweit führend. Firmen aus sechs Ländern haben bereits „Spire“-Maschinen gekauft. Mit japanischen Unternehmen führt Roger G. Little Gespräche über die Vergabe von Lizenzen.

In seinen Werkhallen stehen bereits Maschinen der zweiten Photovoltaik-Generation, die Mitte der achtziger Jahre zum Einsatz kommen sollen. Und in seinen Labors laufen sogar schon Versuche mit der dritten, für Ende der achtziger Jahre geplanten Generation, die den Strom aus den Solarzellen gegenüber dem aus anderen Quellen endgültig konkurrenzfähig machen soll.

UNTER DER ERSTEN GENERATION der Photovoltaik wird jene Technik verstanden, mit der heute die meisten Solarzellen produziert werden. Diese sind an ihrer kreisrunden Form zu erkennen, weil sie aus einem runden, über einen Meter langen Siliciumkristall von höchster Reinheit gesägt werden. „Monokristalline“ Solarzellen sind teuer. Denn das Herstellungsverfahren, bei dem das Rohmaterial gereinigt und anschließend der Kristall langsam aus einer etwa 1400 Grad Celsius heißen Schmelze wächst, ist für die Elektronikindustrie entwickelt worden. Dort aber spielen die Materialkosten nur eine geringe Rolle – die Mikro-Chips sind heute winzig klein.

Bei der Photovoltaik hingegen geben die Materialkosten den Ausschlag. Je mehr Strom nämlich fließen soll, desto mehr Fläche wird gebraucht. Forscher in aller Welt arbeiten deshalb an Verfahren, mit denen geeignetes Silicium billiger und in Massen produziert werden kann.

Und auch für die Herstellung der Solarzellen – etwa die Dotierung mit Phosphor und Bor für den pn-Übergang oder das Aufbringen der Kontakte – und deren Einbau in fertige Solarmodule müssen neue Techniken für eine billige Massenproduktion entwickelt werden.

ALS EINSTIEG in diese zweite Generation der Photovoltaik haben die deutschen Firmen Wacker-Chemtronic und AEG beispielsweise als erste begonnen, Solarzellen aus gegossenem Silicium herzustellen, das er-

heblich billiger ist. Die Siliciumscheiben erhalten dabei die viel günstigere quadratische Form von zehn mal zehn Zentimetern. Ihre Oberfläche zeigt eine schillernde Struktur, weil sich dieses „polykristalline“ Silicium, im Gegensatz zum monokristallinen Material, aus vielen kleinen Kristallen zusammensetzt.

IN DER DRITTEN GENERATION aber sollen Solarzellen aus hauchdünnen amorphen Siliciumschichten bestehen, die auf ein billiges Grundmaterial aufgetragen werden.

Heute kostet die Installation eines photovoltaischen Kraftwerkes nach Angaben des amerikanischen Energieministeriums noch 15 Dollar pro peak-Watt – die Installation jener Menge an Solarzellen, die bei stärkster Sonneneinstrahlung gerade ein Watt elektrischer Leistung bringt.

Wenn der Preis aber nur noch fünf bis sieben Dollar beträgt, machen die Solaranlagen bereits den Dieselelektrogeneratoren Konkurrenz. Bei zwei bis drei Dollar lohnen sie sich schon auf dem Dach eines Einfamilienhauses. Und wenn die Photovoltaik schließlich weniger als zwei Dollar pro peak-Watt kostet, wird es auch für Elektrizitätsgesellschaften interessant, Solarkraftwerke zu bauen.

Zwei bis drei Millionen Dollar kostet die größte Solarzellen-Fabrik, die „Spire“ heute anbietet. Sie kann pro Jahr Solarmodule der ersten Generation mit einer elektrischen Spitzenleistung von einem Megawatt erzeugen und ist bereits so konzipiert, daß sie ohne großen Aufwand auf die künftigen Techniken umgestellt werden kann.

1983 etwa, so Little, könne er fünf Anlagen liefern, in den folgenden Jahren hält er ein Wachstum von jeweils 30 bis 40 Prozent für möglich. In welcher Branche sonst reden Unternehmer heute von solchen Wachstumsraten?

Den Großen im Solargeschäft, die die Module in Massen produzieren, will er keine Konkurrenz machen. Aber er wird mit seinen Maschinen stets im Wettbewerb mit deren Entwicklungsabteilungen stehen, die ihrerseits neue Produktionsanlagen entwickeln. So sorgt „Spire“-Unternehmer Little mit dafür, daß der technische Fortschritt der Photovoltaik auf Touren bleibt. Er verweist dabei

auf Parallelen in der Computerindustrie: Auch Giganten wie IBM kaufen heute Technologie von kleinen Spezialunternehmen.

Ein Gigant der Photovoltaik wird allem Anschein nach die amerikanische Firma „Solarex“ werden, die der in Ungarn geborene Physiker Dr. Joseph Lindmayer und sein Kollege Dr. Peter Varadi 1973 aus der Taufe gehoben haben. Bereits zu Beginn der neunziger Jahre will Lindmayer Solarmodule mit einer Gesamtleistung von 1000 Megawatt produzieren und eine Dollarmilliarde umsetzen.

In den vergangenen neun Jahren wuchs die Produktion des Unternehmens, das heute 500 Mitarbeiter beschäftigt, jährlich um 50 bis 70 Prozent.

Für 1981 nennt Lindmayer eine Gesamtproduktion von einem Megawatt, dieses Jahr sollen es zwei werden, vor allem mit dem neuen polykristallinen Siliciummaterial von der „Solarex“-Tochterfirma „Semix“ im angrenzenden Bundesstaat West Virginia.

Wie chancenreich auch kühl rechnende Multis Lindmayers Gewerbe einschätzen, beweist deren Engagement in seinem Unternehmen: Der Ölkonzern Standard Oil of Indiana hält rund 30 Prozent der Anteile, und auch der staatliche italienische Energiekonzern ENI ist mit im Boot.

Die vier „Solarex“-Anlagen in einer neuen Industriezone bei Rockville nahe Washington lassen die Dynamik erkennen, mit der sich dieses Unternehmen entwickelt. Pausenlos kommen quadratische, zehn mal zehn Zentimeter große schillernde Kristallplatten aus Maschinen, werden von Arbeiterinnen mit Metallkontakten versehen, wandern in die Qualitätsprüfung und schließlich in die Anlage, in der sie zu wetterfesten Modulen verpackt werden.

Schon von weitem fällt die weiße Stahlkonstruktion auf, die sich, 50 Kilometer von Washington, direkt an der Autobahn nach Pittsburgh erhebt und aussieht wie ein riesiges Dach ohne Haus. Ein großes Schild verkündet, was hier von „Solarex“ gebaut wird: „Der erste Solar-Brüter der Welt.“

Beim Wort Brüter denkt man, an Kernkraft erinnert, unwillkürlich an lange Bauzeiten. Nicht so hier: Am



## Hier gibt es hausgemachte Energie

Das mit Siliciumzellen gedeckte Dach dieses Hauses nahe Boston liefert tags mehr Strom, als benötigt wird. Der Überschuss geht ans öffentliche Netz, woraus dann bei Dunkelheit Energie bezogen wird. Das Solar-E-Werk am Flughafen von Dallas hingegen hat ein Handicap: Die Anlage, ausgerüstet mit Fresnelspiegeln, die das Sonnenlicht über den Siliciumzellen bündeln, funktioniert bei bedecktem Himmel nicht



16. Oktober 1981 tat Harry R. Hughes, Gouverneur des Bundesstaates Maryland, den ersten Spatenstich. Im Dezember 1982 soll bereits die Produktion beginnen.

### Ein »Schneller Brüter«, der mit Solarstrom Solarzellen produziert

3000 Solarmodule mit Lindmayers neuestem „Semix“-Silicium werden dann, auf den 2500 Quadratmetern des Daches, elektrischen Strom mit einer Spitzenleistung von 200 Kilowatt erzeugen. 60 Kilowatt sind für eine Produktionsanlage im Innern erforderlich. Den Überschuss sammeln Batterien – für Schlechtwettertage. Dadurch ist garantiert, daß der Brüter fünf Arbeitstage störungsfrei produzieren kann: Und zwar zehnmal so viele neue Solarzellen pro Jahr, wie zur Energieversorgung der Fabrik nötig sind.

Eine Verzehnfachung der eingesetzten Energie in einem Jahr – das wäre wahrhaftig ein „Schneller Brüter“.

Mit dieser Anlage wollen Lindmayer und seine Leute den Interessenten aus aller Welt vor Augen führen, daß es möglich ist, eine beliebige Fabrik nur mit Lichtenergie zu betreiben – völlig autark, ohne Anschluß an ein elektrisches Stromnetz, ohne Versorgung mit Öl oder Gas.

Der Brüter soll das Zentrum eines „Photovoltaik-Industrieparks“ werden. Über 380 000 Quadratmeter Land hat Lindmayer billig erworben. Es ist für neue „Solarex“-Anlagen vorgesehen, aber auch für andere Firmen, die sich auf Photovoltaik spezialisiert haben.

In Martinsburg baut die Tochter „Semix“, finanziell unterstützt vom Bundesstaat West Virginia, für 15 bis 20 Millionen Dollar eine neue Fabrik, die, so Lindmayer, „sehr billiges“ polykristallines Basismaterial für die „Solarex“-Solarzellenfertigung herstellen wird. Schon Anfang 1983 soll sie fertig sein und pro Jahr 1000 Tonnen Silicium produzieren.

Noch vor wenigen Jahren kam der Dollarstrom für die Entwicklung der Photovoltaik hauptsächlich aus Washington: Waren es 1975 noch be-

ne wie an kleine Firmen, an Universitäten und private Forschungsorganisationen und an die drei großen staatlichen Forschungszentren für Solarenergie: das Jet Propulsion Laboratory in Pasadena, das Solar Energy Research Institute in Golden und die Sandia Laboratories in Albuquerque.

Auch die Anwender von Solartechnik gehen nicht leer aus: Sogenannte „tax credits“ – nicht zu verwechseln mit Steuerabschreibungen – für Solarenergie erlauben ihnen, bis zu 50 Prozent der Kosten einfach von ihrer Steuersumme abzuziehen.

Auch Politiker der amerikanischen Bundesstaaten wittern die Chancen, die in der Photovoltaik-Industrie stecken. Zu ihnen gehört Gouverneur John D. Rockefeller von West Virginia, der beim ersten Spatenstich für Lindmayers neue „Semix“-Fabrik versicherte, dieses Projekt „mit großem Enthusiasmus“ zu fördern. Kein Wunder: Photovoltaik schafft in den USA Arbeitsplätze.

Das öffentliche Interesse für die Photovoltaik wird durch das Washingtoner Energieministerium mit einer ganzen Reihe von Pilotprojekten gefördert. Zum Beispiel mit einer Villa in der Nähe des Ortes Carlisle, rund eine Fahrstunde von Boston. In schillerndem Blau leuchtet das langgestreckte Dach durch den Laubwald: Exakt 9072 zehn mal zehn Zentimeter große Solarex-Zellen aus Semix-Silicium bilden die Oberfläche.

In der holzgetäfelten Küche des 285-Quadratmeter-Hauses fehlt nichts, was den elektrifizierten „American way of life“ komfortabel zu machen pflegt. Dennoch sind die Bingleys, die das Haus Anfang dieses Jahres gekauft haben, in kurzer Zeit energiebewußt geworden. „Früher stellte ich die Elektrogeräte an, ohne zu überlegen“, erzählt die Hausfrau Karen. „Ich wußte: Strom steht jederzeit zur Verfügung.“

Jetzt nutzt sie, weil sie ihn selber erzeugt, den Strom effizienter, schaltet das Licht aus, wenn es nicht benötigt wird, und stellt Waschmaschine oder Geschirrspüler jeweils nur zur Mittagszeit an.

Elektroherd, Kühlschrank, Klimaanlage und einiges mehr arbeiten mit Licht: Bis zu siebeneinhalb Kilowatt leistet das Solardach an Sonnentagen im Sommer. An jenem trüben

Nachmittag, an dem wir die Bingleys besuchen, zeigt das Meßgerät immer noch 1,7 Kilowatt an.

Reicht das aus? Und erst am Abend? Sitzt da die Familie bei Kerzenlicht?

Natürlich nicht. Denn das Haus ist auch mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden. Es hat aber nicht nur einen Stromzähler, sondern zwei: einen für den Strom, der aus dem Netz bezogen wird, und einen anderen für den Überschußstrom vom Solardach, der – in Gegenrichtung – ins Stromnetz fließt. Nach einer Verordnung des Staates Massachusetts muß das E-Werk nämlich für Solarstrom bis zu 30 Kilowatt Leistung jenen Preis bezahlen, den es selbst für seinen Netzstrom verlangt. So wirkt das Stromnetz sozusagen als Speicher für Solarenergie.

### Im Winter läßt sich zur Mittagszeit mehr Sonnenstrom erzeugen als im Sommer

Im Sommer erzeugen die Bingleys ungefähr so viel Strom, wie sie verbrauchen. Im Winter kann die Leistung zur Mittagsstunde sogar acht Kilowatt betragen und damit höher sein als die Spitzenleistung im Sommer. Denn wenn die Solarzellen kühl bleiben, arbeiten sie effizienter.

Erstaunlich, wie in den USA bereits alle möglichen Stellen zusammenarbeiten, um Demonstrationsprojekte wie das Carlisle-Haus schnell auf die Beine zu stellen und die Photovoltaik zu popularisieren: Die Initiative ging vom Energieministerium aus, das den Grund und die Energieanlage bezahlen wollte. Das Gebäude finanzierte, werbewirksam, eine lokale Bank. Der Entwurf stammt von einem auf Solar-Architektur spezialisierten Ingenieurbüro, von „Solarex“ kommen die Solarmodule und vom Massachusetts Institute of Technology die Energieversorgungssysteme.

Mit 20 solchen Photovoltaik-Häusern, die allesamt mit dem Stromnetz verbunden sind, sammelt man in Amerika bereits Daten und Erfahrungen, darüber hinaus mit zwölf Pilotanlagen „mittlerer“ Größe.

Von direkter Sonneneinstrahlung unabhängig, liefern Solarmodule – in



langen Reihen aneinandergeschaltet – beispielsweise Strom für ein Touristenzentrum des Canyonlands National Park im Bundesstaat Utah: Spitzenleistung 100 Kilowatt. Ebensoviel bringen die Module, die ein Shopping Center in New Mexico elektrisch versorgen. Und sogar 135 Kilowatt leistet die Photovoltaik-Anlage des Zentrums für Wissenschaft und Kunst in Oklahoma City, das alljährlich von Hunderttausenden Menschen besucht wird.

Für eine Pilotanlage nördlich von Boston bezahlte das amerikanische Energieministerium 2,7 Millionen Dollar. Sie versorgt die Technische High School von Beverly mit 100 Kilowatt elektrischer Leistung. 3200 Solarmodule erzeugen hier pro Jahr 116 000 Kilowattstunden. Die Schule nutzt 96 Prozent dieser Energie direkt, die restlichen vier nimmt die Elektrizitätsgesellschaft ab. Damit die Studenten die neue Energietechnik praxisnah kennenlernen, hat man das Kontrollzentrum in einem der Hörsäle eingerichtet.

INZWISCHEN HAT Präsident Reagan die Fördermittel für die Kom-

merzialisierung der Photovoltaik gestrichen – mit dem schlagenden Argument, daß sich Ölmultis der Sache annehmen. In der Tat sind die drei größten Konzerne der Welt, Exxon, Shell und Mobil Oil, inzwischen in die Photovoltaik eingestiegen.

Vor allem aber Standard Oil of Indiana mit seiner Minderheitsbeteiligung bei „Solarex“ und Atlantic Richfield mit seiner Tochter „Arco

Solar“ investieren kräftig in diese Zukunftstechnologie. Die beiden Multis nahmen 1981 in der Rangliste der größten Wirtschaftsunternehmen der Welt die Plätze 9 und 13 ein.

„Solarex“ und „Arco Solar“ teilen sich heute zwei Drittel des Photovoltaik-Weltmarktes, der freilich noch nicht einmal zehn Megawatt pro Jahr umfaßt. In 60 Ländern verkauft „Arco Solar“ heute photovoltaische Anlagen. Die erste Traumgrenze, eine Jahresproduktion von Solarmodulen mit der elektrischen Leistung von einem Megawatt, wurde in Los Angeles schon 1980 überschritten. Das nächste Ziel, ein einziges Kraftwerk mit einer Leistung von einem Megawatt, wird „Arco Solar“ in wenigen Monaten erreichen. In Hesperia, rund hundert Kilometer östlich von Los Angeles, werden sich noch in diesem Jahr auf 80 000 Quadratmeter kalifornischen Wüstenbodens etwa hundert stählerne „Tracker“ mit der Sonne drehen. Jeder von ihnen wird 256 Solarmodule tragen. Der Sonnenstrom – aus fast 900 000 runden monokristallinen Solarzellen – wird durch sogenannte Inverter umgeformt und fließt in das Netz der Southern California Edison Company, einer der zwei großen Elektrizitätsgesellschaften Kaliforniens.

Der Clou dieses Kraftwerkes: Sein Strom ist, freilich dank der kalifornischen Steuerkredite, bereits heute wettbewerbsfähig. „Wir brauchen ja nicht mit dem billigen Strom der Grundlast zu konkurrieren“, meint der Forschungschef Elliot Berman von „Arco Solar“. „Wir messen uns mit dem hohen Preis der Spitzenlast, die von sehr kostspielig produzierenden Gasturbinen erzeugt wird.“

DAS GEGENSTÜCK zu Hesperia entsteht – ebenfalls am 34. Breitengrad – in Saijo an der Nordküste der japanischen Insel Shikoku. Hier ist der Boden nicht ausgedörrt wie unter der kalifornischen Sonne, hier steht das Wasser in den Reisfeldern, bedeckt eine üppige Vegetation die Berge. Im Juli ist hier noch Regenzeit.

Nach langer Fahrt findet unser Taxifahrer bei diesigem Wetter die Solaranlage. Sie sieht gar nicht großartig aus, denn nur die erste Baustufe mit 20 Kilowatt Leistung ist fertig.

Aber der erste Eindruck täuscht: Wir erfahren hier, wie systematisch

### Strom als ein Geschenk des Himmels

## DIE SCHÖNSTE GEOGRAPHIESTUNDE.



Rémy Martin  
Fine Champagne  
Cognac V.S.O.P.

Das Prädikat  
exclusiv für den  
Cognac, der  
seine Herkunft  
aus dem eng-  
begrenzten Gebiet  
der Champagne  
de Cognac  
nachweisen kann.  
Daher darf jede  
Flasche Rémy Martin  
diese Karte tragen.



die Japaner Photovoltaik entwickeln. Heute schon testen hier Ingenieure der regionalen Elektrizitätsgesellschaft kristalline Solarzellen verschiedener Firmen. Der Computer im Kontrollraum mißt und verarbeitet jede Minute die Sonnenstrahlung und die Funktion der Solarmodule und druckt alle zehn Minuten die Ergebnisse aus.

In diesem Herbst kommen 15 Kilowatt neuer Solarmodule hinzu. Dann wird die Anlage an das Stromnetz angeschlossen. Von 1983 bis 1985 erfolgt der Endausbau bis zur Gesamtleistung von einem Megawatt.

#### In Japan arbeiten Banken, Industrie und Staat gemeinsam an alternativen Energietechniken

50 Millionen Mark wird das Entwicklungsprojekt in Saijo insgesamt kosten. Das Geld wird von NEDO, der New Energy Development Organization, einer 1980 gegründeten Einrichtung zur Kommerzialisierung neuer Energiequellen, zur Verfügung gestellt. Deren Budget beträgt 1982 umgerechnet rund 1,7 Milliarden Mark. In der NEDO arbeiten der Staat sowie 173 Industriefirmen und Banken zusammen.

Haben neue Energietechniken hier inzwischen ein ähnliches Gewicht wie die Mikroelektronik? „Keineswegs“, sagt NEDO-Manager Junzo Sawamura im 28. Stockwerk des „Sunshine 60“-Wolkenkratzers in Tokyo. „Neue Energien nehmen bei uns einen viel höheren Rang ein. Denn bei der Energie geht es, wie bei der Ernährung, um die Existenz der Nation.“ Die NEDO fördert nicht nur die Solarenergie, sondern auch andere alternative Energiequellen.

Für die Photovoltaik stehen 1982 rund 50 Millionen Mark zur Verfügung. Einerseits werden Entwicklungsarbeiten in der Industrie bezahlt, andererseits sorgt die NEDO dafür, daß sich für die neuen Energietechniken Märkte entwickeln – indem sie beispielsweise verschiedene Demonstrationsanlagen im Land finanziert.

In einem NEDO-Prospekt ist schon die künftige Anwendung der Photovoltaik illustriert: Da geht es nicht nur um Solarmodule auf den

Dächern von Ein- und Mehrfamilienhäusern. Auch der Parkplatz und das Dach der Tsukuba-Universität werden mit Solarzellen gedeckt. In einer Fabrik für Autobatterien soll eine Solaranlage den Strom für die erste Aufladung der Akkus liefern. Solarmodule auf den Dächern vieler Wohnhäuser sollen – über ein Leitungsnetz miteinander gekoppelt – wie ein einziges Kraftwerk funktionieren. Und schließlich wird das zentrale E-Werk in Saijo Sonnenstrom ins Netz der Elektrizitätsgesellschaft liefern. Ob dabei den kristallinen oder den amorphen Siliciumzellen die Zukunft gehören soll, ist noch Gegenstand intensiver Tests. 1985 jedoch wird die Entscheidung fallen. Bis dahin sind 15 japanische Elektrokonzerne im Rennen, davon neun mit amorphem Material.

KRISTALLIN ODER AMORPH – darüber streiten sich heute noch die Forscher. Während kristalline Zellen schon heute einen befriedigenden Wirkungsgrad haben – sie wandeln bis zu zwölf Prozent des empfangenen Lichtes in Strom um –, schaffen amorphe Zellen bislang erst fünf bis sechs Prozent. Und während kristalline Zellen heute schon eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer haben, läßt die „Stabilität“ der amorphen noch zu wünschen übrig. Dafür aber sind die amorphen Dünnschichten heute schon sehr billig herzustellen, was bei kristallinem Material noch nicht gelingt.

Beim Elektrokonzern Sanyo wurden 1981 umgerechnet 125 Millionen Mark in die Photovoltaik investiert – nicht nur für Forschung und Entwicklung, sondern auch für den Bau einer Pilotfabrik in Osaka und einer ersten Fabrik für die Massenfertigung auf der Osaka vorgelagerten Insel Sumoto.

Der Sanyo-Techniker in weißem Kittel, weißer Mütze und weißen Baumwollhandschuhen holt pausenlos viereckige flache Metallbehälter an seinen Arbeitsplatz, klappt sie auf und entnimmt ihnen, mit einem Spezialbesteck, vier zehn mal zehn Zentimeter große Glasplatten, auf denen sich weinrote, durchscheinende Streifen befinden. Etwas unsanft läßt er sie in Kunststoffmagazine plumpsen: Solarzellen mit amorphem Silicium, von denen viele amerikanische und

europäische Experten glauben, daß sie bei der photovoltaischen Stromerzeugung keine Chance haben.

Der japanische Ingenieur holt sie von drei mit blaulackiertem Blech verkleideten Produktionsanlagen, bei denen jeweils mehrere Kammern hintereinandergeschaltet sind. Ich schaue durch eines der kleinen Bullaugen, die einen Blick in die Kammern erlauben. Ein blaues Leuchten erfüllt das Innere. Hier setzen sich durch sogenannte Glimmentladung hauchdünne Siliciumschichten auf dem Glas ab – nur wenige Tausendstelmillimeter dicke Filme, die später aus Sonnenlicht elektrischen Strom erzeugen.

In dieser Pilotfabrik, 15 Minuten vom Sanyo-Forschungszentrum in Osaka entfernt, läuft die Produktion schon auf vollen Touren. 80 Menschen sind hier beschäftigt. Sie teilen mit Spezialmaschinen die beschichteten Glasplatten in verschiedene Größen, sortieren sie, löten Drähte an die Zellen, prüfen deren Funktion.

Eineinhalb Millionen kleiner amorpher Solarzellen erzeugt Sanyo zur Zeit monatlich. Der Markt: mit Solarstrom betriebene Taschenrechner, von denen in Japan bereits vier Millionen pro Monat hergestellt werden.

#### Solarzellen müssen billig sein und zwanzig bis dreißig Jahre halten

Im Sanyo-Forschungszentrum in Osaka sitze ich nach unserem Besuch in der Pilotanlage Dr. Masaru Yamano gegenüber. „Executive Managing Director, General Manager, Technical Operations and Research Center, Sanyo Electric Co.“ steht auf seiner Visitenkarte.

Amerikaner und Europäer seien überzeugt, halte ich ihm vor, daß der „amorphe Weg“ bei der Stromerzeugung nicht zum Ziel führen werde.

„Wir sehen das anders“, sagt Yamano. „Wir werden den gewünschten Wirkungsgrad von zehn Prozent mit Sicherheit überschreiten. Wir haben bei den neuen Zellen einige Durchbrüche erzielt.“ Tatsächlich gebe es bei den Wissenschaftlern und Ingenieuren im Sanyo-Forschungszentrum keine Diskussion mehr über



# A-1

Bitte verlangen Sie beim Kauf ausdrücklich die offizielle Canon „WWW“-Garantiekarte für weltweiten Garantie-schutz (in Deutschland nur von Euro-Photo GmbH).

# Canon

## Canon A-1. Der Multi-Automat mit der Computer-Technik für alle Fotobereiche.

Die Canon A-1 bietet ein unglaubliches Maß an elektronischer und fotografischer Vielfalt. Fünf Automatik-Programme stehen zur Wahl: Blendena-utomatik, Offenblende- und Arbeitsblenden-Zeit-automatik, Programmautomatik und Canon-Blitz-automatik. Alle Funktionen werden vollelektronisch gesteuert, digital angezeigt und sind frei wähl- und kontrollierbar. Die A-1 ist ausbaufähig durch das universelle Canon-Reflexsystem mit über 50 Original-Canon-Objektiven und vielfältigem Zubehör vom automatischen Blitz, Motorantrieb bis hin zum Balgengerät etc.

Canon-Kameras erhalten Sie im Fachhandel und in den Fachabteilungen der Kaufhäuser. Informationen auch bei Euro-Photo GmbH, Linsellesstraße 142-156, D-4156 Willich 3 - Schiefbahn. Unsere neue Broschüren-Reihe '82 informiert Sie über den erfolgreichen Einsatz des Canon-Reflexsystems in der Landschafts-/Blumen-/Tiergarten-/Industrie-/Unterwasser- und Schwarzweiß-Fotografie. Erhältlich beim Canon Shop, Postfach, D-4156 Willich 3, nur gegen Voreinsendung der Schutzgebühr (1 Heft DM 4,- / Serie: 6 Hefte DM 21,-) auf das PSchA Essen Nr. 321401-432.

**Gute Fotos macht man mit Canon!**

Canon – Sponsor internationaler Sportwettkämpfe

den Wirkungsgrad. „Wir haben einen sehr guten Weg gefunden, um mehr als zehn Prozent zu erreichen. Das theoretische Limit liegt sogar bei 24 Prozent.“

Nur das zweite Problem, die Stabilität, bereite noch Sorgen. „Deshalb konzentrieren wir inzwischen darauf unsere Forschungsarbeit.“ Yamano ist davon überzeugt, daß es bald amorphe Zellen mit einer Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren geben wird. Man benötige nur noch zwei oder drei Jahre.

Ähnlich optimistisch ist Dr. Akio Shimazaki, Direktor des Konkurrenten Fuji Electric: „Die Meßergebnisse in den Testanlagen sind besser, als wir erwartet haben“, sagt er. In ihrem Entwicklungszentrum testen die Fuji-Forscher auch schon amorphe Zellen mit 300 bis 400 Quadratzentimeter Fläche.

Die amerikanische und japanische Herausforderung in dieser Schlüsseltechnologie der Zukunft ist da. Sobald sie die Rentabilitätsgrenze erreicht haben wird, eröffnen sich der Photovoltaik beinahe grenzenlose Märkte. Auch die letzte große Hürde, die elektrochemische Speicherung elektrischer Energie, wird von amerikanischen und japanischen Labors mit Hochdruck angegangen. Nehmen die Europäer die Herausforderung an?

Auch sie haben in der Photovoltaik ihre Eisen im Feuer. Die Kommission der Europäischen Gemeinschaft finanziert beispielsweise 15 photovoltaische Pilotprojekte mit 30 bis 300 Kilowatt Leistung, die schon 1983 fertiggestellt sein sollen und auch amerikanischen Experten Respekt einflößen.

Die bayerische Firma Wacker-Chemitronic in Burghausen ist heute in der Welt führend in der Produktion hochreinen Siliciums für die Halbleiter- und Solarenergie-Industrie. Wacker ist derzeit das einzige Unternehmen, das polykristallines Solarzellen-Material verkauft. Wacker-Chemitronic liefert viel an amerikanische Kunden und besitzt in den USA eine Tochterfirma.

### Noch gibt es im Welt- raum keine Werkstatt

Von der AEG in Wedel bei Hamburg hergestellte Solarzellen, die Energie für Satelliten liefern, müssen besonders penibel getestet werden, ehe sie zum Einsatz kommen: Sind sie einmal im All, haben sie ohne Störung zu funktionieren



AEG-Telefunken nimmt im Markt der Solarzellen für Raumfahrzeuge eine Spitzenstellung ein. Auch für die Anwendung auf der Erde hat AEG eine exzellente Technik parat: Gemeinsam mit der Chemitronic-Tochter „Heliotronic“, entwickelt die AEG, zu 80 Prozent vom Bundesforschungsministerium finanziert, eine polykristalline Billig-Solarzelle für die Zukunft. 250 Millionen Mark gibt der Staat für das Entwicklungsprojekt aus, das acht Jahre läuft und 1985 beendet sein soll. Im Juli dieses Jahres legte Bundesforschungsminister v. Bülow bei AEG in Wedel bei Hamburg den Grundstein für eine Pilot-Fertigungsanlage mit mehreren Megawatt Jahreskapazität.

Siemens will bis 1985 für die Entwicklung preisgünstiger Photovoltaik rund 150 Millionen Mark ausgeben. Die Forscher in München verfolgen dabei ein „integriertes Gesamtkonzept“, das eine entscheidende Verbiligung in allen Teilschritten – vom Rohstoff bis zum fertigen Modul – zum Ziel hat.

In der Weltrangliste der wachsenden Photovoltaik-Industrie spielt jedoch noch keine europäische Firma bislang eine nennenswerte Rolle – hier dominieren die Amerikaner. Sie haben am schnellsten erkannt: Schon heute gibt es millionenfach kleine Anwendungsmöglichkeiten, bei denen der Strom von der Sonne ohne Konkurrenz ist.

Sobald sie auch im großen rentabel ist, wird die Photovoltaik der einzige Stromlieferant sein, der nicht an die berühmten „Grenzen des Wachstums“ stößt. Wahrscheinlicher als alle Voraussagen über die künftige Rolle der Solarenergie ist die Prognose von „Solarex“-Chef Lindmayer: „Wenn die Photovoltaik im Jahre 2000 auch nur ein Prozent des Strombedarfs der Welt deckt, dann haben wir eine riesige Industrie, die sich trägt und für das weitere Wachstum von selbst sorgt.“ □



## An alle Aktienbesitzer: Zehn Märkte bieten mehr als einer.

Was es im Inland nicht gibt, das gibt es im Ausland: Kohle-Aktien in Australien, Elektronik-Aktien in Japan, Öl in Texas, Erze in Kanada...

Warum also sollten Sie Ihr Aktiendepot auf Deutschland beschränken? In zehn Märkten haben Sie mehr Chancen als in einem. Dabei muß die Sicherheit, daß Sie nur qualitativ hochwertige Aktien bekommen, keinesfalls kleiner werden. Vorausgesetzt, Sie wenden sich an Fachleute.

Eine Bank, bei der bekanntermaßen schon viele

Kunden viel Erfolg mit Auslands-Aktien hatten, ist die Dresdner Bank. Mit einer eigenen Spezialistengruppe aus internationalen Analysten in Frankfurt und Wertpapier-Experten an den Börsenplätzen zwischen Tokio und New York.

Wir geben Ihnen aber nicht nur die notwendigen aktuellen Informationen, wir sorgen auch dafür, daß der Umgang mit Auslandsaktien so einfach ist wie mit inländischen. Schon beim Erwerb. Sie unterschreiben nur Ihre Order. Lassen Sie sich doch mal beraten.



Dresdner Bank

In Berlin: BHI