



Frischzellenkur: 200 Tonnen ausgediente Silizium-Module kann die Freiburger Recycling-Anlage von Sunicon jährlich wiederaufbereiten.

# DIE SCHMUTZIGE SEITE DES SAUBEREN STROMS

Um die Ökobilanz ihrer Anlagen zu verbessern, arbeitet die Solarindustrie an umweltfreundlicheren Herstellungsverfahren und effizienten Recycling-Systemen.

VON SASCHA RENTZING

**W**er in eine Photovoltaik-Anlage investiert, hat zumeist klare Ziele: Er will die Umwelt schützen und den Solarstrom gewinnbringend verkaufen. Dank großzügiger Förderung ist die Sonnenernte inzwischen in vielen Ländern wirtschaftlich sehr attraktiv. Bei der Umweltfreundlichkeit aber gibt es einen Haken: Zwar wandeln Solarzellen Licht emissionsfrei in Strom um, ihre Herstellung verschlingt jedoch viel Energie.

„Bei einer für Mitteleuropa typischen Einstrahlung dauert es zweieinhalb Jahre, bis eine herkömmliche kristalline Anlage die Energie erzeugt hat, die in ihre Fertigung gesteckt wurde“, erklärt

Mariska de Wild-Scholten von der niederländischen Firma SmartGreenScans. Das Unternehmen ist auf die Lebenszyklusanalyse von Photovoltaik-Technik spezialisiert.

Dünnschichtfertigung ist kaum effizienter: Verglichen mit der kristallinen Technik, bei der man Siliziumblöcke zunächst in dicke Scheiben (Wafer) sägt, um sie anschließend weiterzuverarbeiten, ist die Dünnschichtfertigung zwar weniger aufwendig; um die entsprechenden Module herzustellen, genügt es, eine billige Glasscheibe mit einer hauchfeinen halbleitenden Schicht zu überziehen. Dennoch betrage die Energierücklaufzeit dieser Systeme je nach verwendetem Halbleitermaterial bis zu zwei Jahre, so de Wild-Scholten.

Foto: Dpa/Picture-Alliance

Im Vergleich zu Gas- und Kohlekraftwerken hat die Photovoltaik (PV) natürlich immer noch eine sehr gute Ökobilanz. Während sich mit fossilen Brennstoffen befeuerte Kraftwerke wegen ihres steten Kohlendioxid-Ausstoßes energetisch und umwelttechnisch niemals amortisieren, holen Solarzellen bei einer Lebensdauer von 30 Jahren mindestens zwölfmal so viel Energie herein, wie ihre Produktion verbraucht hat. Doch könnten die Kohlendioxid-Emissionen der Solarindustrie insgesamt bedenklich steigen: Im vergangenen Jahr trieb die hohe Nachfrage die weltweite Modulproduktion laut dem US-Marktforschungsunternehmen iSuppli um 8000 Megawatt (MW) auf einen Spitzenwert von 18 000 MW, 2011 sollen Module mit einer Gesamtleistung von 26 000 MW von den Bändern laufen. Damit erhöht sich die Menge an Kohlendioxid, die Solarwerke in die Luft blasen, jährlich um mehrere Millionen Tonnen.

**Um ihr grünes Image zu wahren**, will die Branche ihren Ausstoß begrenzen. Triple Green – dreifach grün – heißt die Devise: Module erzeugen erstens grünen Strom, werden zweitens in ökologisch gebauten, mit Ökoenergie gespeisten Werken ressourcenschonend produziert und drittens nach Ablauf ihrer Lebenszeit recycelt. Für die Organisation des Altmodul-Recyclings in Europa wurde 2007 eigens der Verband PV Cycle gegründet.

Bislang befleckt die Branche ihre weiße Weste allerdings gleich zu Beginn der solaren Wertschöpfungskette, in den Siemens-Reaktoren für die Siliziumgewinnung. Der Halbleiter wird mithilfe von Schmelz-, Reinigungs- und Destillationsprozessen bei hohen Temperaturen aus Quarz hergestellt. Die hierfür nötige Energie spiele eine Solaranlage erst nach einem dreiviertel Jahr wieder ein, erklärt de Wild-Scholten. Auch die Wafer- und Zellenfertigung ist alles andere als umweltfreundlich: Zur Waferreinigung nutzen Hersteller Säuren und Laugen. Zur elektrischen Ausrichtung bringen sie Phosphor und Bor in die Zellen ein, und beim Verlöten kommt Blei ins Spiel. Diese Chemikalien und Schwermetalle finden sich später in den Abwässern der Fabrik wieder.

Dünnschichtmodule sind nicht unbedenklicher. Einige bestehen aus Cadmiumtellurid (CdTe), einer Verbindung aus zwei Elementen, die umwelt- und gesundheitsschädlich sind, wenn sie freigesetzt werden. Beim Dünnschichtsilizium reinigen die Hersteller ihre Vakuumkammern mit Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>). Das Treibhausgas reagiert mit dem Silizium, das nach der Beschichtung an den Wänden der Kammern kleben bleibt. So vorsichtig die Unternehmen auch agieren – etwas NF<sub>3</sub> entleucht immer: „17 Prozent des erzeugten Stickstofftrifluorids gelangen während seines Produktlebenszyklus in die Atmosphäre“, erklärt Andreas Weisheit, verantwortlich für das PV-Geschäft des Münchner Gasanbieters Linde.

Mit moderner Technik können Photovoltaik-Hersteller ihre Ökobilanz verbessern. Linde bietet einen sogenannten Fluor-On-Site-Generator an, der das weit weniger flüchtige Fluor anstelle von NF<sub>3</sub> in die Dünnschichtkammern pumpt. Die italienische Firma Saita offeriert ein System für Solarwerke, das 97 Prozent des Prozesswassers aufbereitet und es im Kreislauf zirkulieren lässt. Dadurch sinke der Frischwasserbedarf auf etwa ein Fünfundzwanzigstel. Der Berliner Fabrikplaner IB Vogt hat sogar eine komplette „Greenfab“ entwickelt. Die nötige Energie, erklärt Geschäftsentwickler Lino Garcia, erzeugten Solar- und Erdwärmeanlagen vor Ort. Abwärme diene zum Heizen

und Kühlen, Wasser werde recycelt, und neue Logistik- und Transportkonzepte erhöhten die Produktivität.

Eine Ökorevolution in der Solarindustrie ist dennoch nicht in Sicht. IB Vogts Greenfab verkaufte sich noch kein einziges Mal. Sie sei „ein bisschen teurer“ als ein gängiges Werk, erklärt Garcia. Durch Energie- und Rohstoffersparnisse amortisiere sich die Investition zwar, aber wann genau das der Fall sei, habe IB Vogt in Ermangelung realer Fallbeispiele bisher nicht kalkulieren können. Kein leichtes Problem: Auch Solarmodulhersteller müssen den Zeitpunkt des Return on Investment exakt berechnen können. Zudem bremsen die Marktlage grüne Investitionen. Der Wettbewerb hat sich mit dem Auftrumpfen preisaggressiver chinesischer Hersteller zugespitzt. „Deshalb investieren die Firmen vor allem in Produktionserweiterungen und effizientere Zelltechniken. Massenfertigung und hohe Wirkungsgrade senken Kosten am ehesten“, räumt iSuppli-Analyst Stefan de Haan ein. Nicht einmal Umweltmanagementsysteme, die zeigen, an welchen Stellen der Produktion die Umwelt am stärksten belastet wird, sind bisher Standard in der Branche – in der verwandten Halbleiterindustrie sind sie längst üblich.

Der Modulhersteller Q-Cells hat immerhin besonders kritische Teile seiner Fertigung ökologisch umgerüstet. Am Standort Thalheim produziere die Firma seit zwei Jahren nur mit Ökostrom, sagt Vorstandschef Nedim Cen. Sie habe ihren Abfall mithilfe eines neuen Abgaswäschers halbiert und sei Mitglied des Recycling-Verbands PV Cycle.

**Das PV-Cycle-System** ist bereits 2010 angelaufen: Wer alte Solarplatten entsorgen will, muss sie nicht mehr kostenpflichtig auf der Deponie abladen, sondern kann sie zu einer der 95 Sammelstellen in Europa bringen. Die Hersteller finanzieren das Recycling, indem sie einen an ihrem Umsatz bemessenen Beitrag von bis zu 25 000 Euro pro Jahr in einen von PV Cycle verwalteten Fonds zahlen. Doch das Ganze kommt nur sehr schleppend in Gang. In Europa gibt es bislang nur zwei Recycler, die Altmodule in ihre Einzelteile zerlegen und die Rohstoffe in den Kreislauf zurückführen: Sunicon in Freiberg und die US-Firma First Solar, die in Frankfurt an der Oder CdTe-Module produziert und recycelt. Ab 2015 laufe jedoch die erste große Welle ausgedienter Paneele auf, schätzt Sunicon-Geschäftsführer Karsten Wambach. Ab 2020 könnten bereits 35 000 Tonnen jährlich anfallen. Das entspricht einem Rücklauf von fast zwei Millionen Modulen.

Für die dringend erforderlichen neuen Recyclingfabriken finden sich nur schwer Geldgeber. Eine Investition ist ein immenses Risiko. Denn noch ist unklar, ob sich das Zerlegen alter Solarplatten überhaupt rechnet. Ein Werk arbeite bei heutigem Stand der Technik erst ab 20 000 Tonnen im Jahr rentabel, erklärt Wambach. Und diese Rechnung geht nur bei den gegenwärtigen Energie- und Rohstoffpreisen auf.

Trotz der hohen wirtschaftlichen Risiken für grüne Solarfabriken und Recyclinganlagen glaubt Eric Maiser, PV-Experte im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, an einen Durchbruch von Triple Green, allerdings komme das „Grün in kleinen Dosen“. Auch Carlos Lee vom Halbleiter-Branchenverband SEMI glaubt, dass die Branche ihre Ökobilanz noch stark verbessern wird. Die Chipindustrie habe ihre Abfallmenge, ihren Energie- und Wasserbedarf sowie ihre Emissionen in den letzten 15 Jahren um mehr als die Hälfte gesenkt. „Die PV steht heute da, wo die Chiphersteller Mitte der neunziger Jahre standen.“ ☺