

Der Trend zu Second hand

Weil Silizium knapp ist und gesetzliche Vorgaben drohen, wird Recycling zum wichtigen Thema für die Solarindustrie. Forscher arbeiten an neuen Verfahren zur Materialtrennung und leicht zu recycelnden Modulen.

Text: Sascha Rentzing, Fotos: Jan Oelker

Karsten Wambach und sein Team von der Solar Material, ein Geschäftsbereich der Solarworld-Tochter Deutsche Solar AG, stehen im wahrsten Sinne des Wortes vor einer historischen Aufgabe: 300 Kilowatt Module von Deutschlands ältestem Solarkraftwerk, einer 1983 auf der Nordseeinsel Pellworm aufgestellten Freilandanlage, liegen seit Oktober am Standort Freiberg auf Halde und sollen nun durch die Recycling-Anlage geschickt werden. Betreiberin Eon Hanse hatte die teils defekten und technisch überholten Sonnenfänger von AEG-Telefunken abmontieren und durch neue ersetzen lassen. Die konkrete Herausforderung für Solar Material: Aus den ausrangierten Stromgeneratoren Wafer gewinnen, die sich von frischen Siliziumscheiben in Nichts unterscheiden.

Kein leichter Job. Denn mit so großen Mengen antiquierter und außergewöhnlich dicker Sonnenfänger mussten die Recycling-Spezialisten noch nicht umgehen. Bisher ging es in Freiberg eher um die Zerlegung defekter moderner Module, zumeist Bruchware. Dennoch ist Wambach zuversichtlich, dass die Wiederbelebung eines

Großteils der Paneele gelingen wird: „Wir haben bereits zwei Jahre Erfahrungen gesammelt.“ Nach dem Herauslösen der Zellen aus dem Modul müssten diese nur gereinigt, die Kontakte entfernt und schließlich die Metallisierungs-, Antireflex- und Dotierungsschichten abgeätzt werden, erläutert der Recycling-Experte den Prozess.

Ende der Recycling-Lethargie

Warum die Deutsche Solar den Zuschlag für das prestigeträchtige Pellworm-Projekt bekommen hat, liegt auf der Hand: Weltweit verfügt sonst kein anderes Unternehmen über eine Wiederverwertungsmühle für Siliziummodule. Oder anders gesagt: Bisher hat sich die Photovoltaik (PV)-Branche mit dem Thema Recycling kaum befasst (neue energie 9/2004).

Doch lange werden die Freiburger nicht mehr die Solisten-Rolle spielen. Nach Jahren der Zurückhaltung arbeitet mittlerweile eine ganze Reihe von PV-Unternehmen und Forschern weltweit an Methoden der Zellen-Wiederaufbereitung. Mit ersten Erfolgen: Neue Verfahren zur chemischen oder mechanischen Zerlegung von Modulen sind

auf dem Sprung vom Labor in die Pilotierung. An innovativen Prozessen basteln etwa Sharp oder BP Solar.

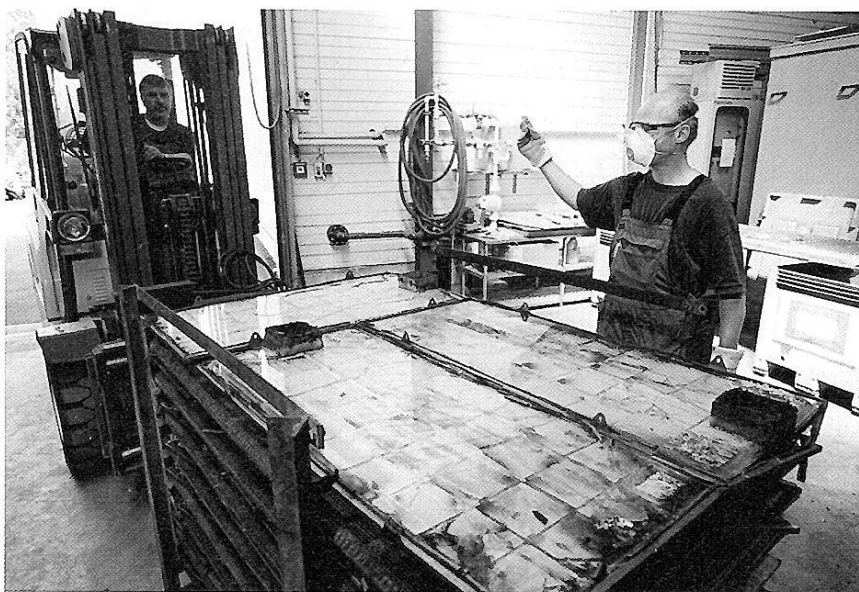
Aber auch neue, aufgrund ihrer speziellen Zusammensetzung besonders leicht recycelbare Solargeneratoren dürften bald verstärkt im Markt angeboten werden. Bei der Entwicklung alternativer Modulkonzepte beziehungsweise neuer Materialien ganz vorne mit dabei sind der spanische Zellen- und Modulhersteller Isofoton oder die Bayer Materialscience AG.

Dass die Branche in punkto Recycling erst jetzt aus den Startlöchern kommt, ist kein Wunder: Zum einen fehlten schlicht die nötigen Mengen, zum anderen der Druck durch gesetzliche Vorgaben. Rücknahme und Behandlung der Sonnenwaren sind bislang nicht verpflichtend vorgeschrieben. Zwar gilt seit dem 13. August 2005 die so genannte EU-Direktive zu Abfällen aus elektrischen und elektronischen Geräten (Elektroschrott-Richtlinie), nach der Hersteller von Fernsehern, Radios und Co. diese Geräte auf eigene Kosten zurücknehmen und recyceln müssen – ausgediente PV-Erzeugnisse sind hiervon aber ausgenommen.

Das könnte sich aber bald ändern. Denn in der Richtlinie steht auch, dass sie auf noch nicht erfasste Produkte wie „photovoltaische Erzeugnisse, das heißt Solarpaneele“ ausgedehnt werden kann. „Die Branche tut gut daran, sich mit dem Thema zeitig auseinanderzusetzen“, rät Arnulf Jäger-Waldau von der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU-Kommission, Abteilung Erneuerbare Energien. Brüssel beobachtet die Entwicklung der Solarenergie genau. Spätestens wenn die PV vom Nischen- zum Massenprodukt geworden sei und alte Module im Abfallstrom relevanter würden, so Jäger-Waldau, werde die EU handeln.

Jede Menge Modulschrott ab 2020

Die große „Altmodul-Welle“ wird wohl nicht vor 2020 anrollen – das ergibt sich aus den Installationszahlen der Vergangenheit und einer angenommenen Laufzeit von



ANLIEFERUNG: Ausrangierte Module werden stapelweise in die Recyclinganlage der Deutschen Solar AG geschafft.



SORTIERUNG: Bevor die WAFER per chemischen Verfahren aus dem Modul herausgelöst werden, sind die Alurahmen zu entfernen.

rund 20 Jahren. Mit wachsenden Rückströmen kaputter Sonnenfänger ist aber bereits in wenigen Jahren zu rechnen. Das Hamburger Institut für Ökologie und Politik GmbH, Ökopol, geht fürs Jahr 2010 bereits von über 1.000 Tonnen Solarschrott aus. Bis 2040 würde die Menge alter Module dann auf sage und schreibe 35.000 Tonnen ansteigen. Ein klares Signal für die Branche, sich schon heute Gedanken über eine effiziente Abfalllogistik zu machen.

Und ein weiterer Grund, das Recycling-Thema anzupacken: Durch mehrfachen Zellen-Gebrauch lässt sich das knappe Silizium sparen. Für Solarworld war dies im Übrigen ein wichtiger Beweggrund, die Pionierrolle im Recycling zu übernehmen. Aber mehr noch. Die PV-Branche könnte durch frühzeitige Bemühungen unter Beweis stellen, dass ihr das Thema Nachhaltigkeit am Herzen liegt: Obwohl es rechtlich – noch – kein Problem ist, alte Solaranlagen als nor-

malen Hausmüll auf der Müllkippe zu entsorgen, kümmern sich die Unternehmen um die ausrangierten Sonnenfänger.

Genau dieses Umweltbewusstsein deutlich zu machen und damit die Akzeptanz für seine Cadmium-Tellurid-Technologie (CdTe) zu erhöhen (neue energie 9/2005), ist das Anliegen der First Solar LLC. Um Vorbehalte gegenüber dem Schwermetall Cadmium auszuräumen, hat der US-amerikanische Dünnschicht-Hersteller jüngst ein Recycling- und Rücknahmesystem gestartet. Betreiber sollen sich künftig um die Entsorgung ihrer Anlage keine Sorgen machen und sicher sein, dass die Rückführung des Cadmiums in den Metallkreislauf gewährleistet ist. Konkret läuft das bei First Solar so: Das Unternehmen holt die ausgedienten Panels beim Kunden ab und bringt diese zur Recycling-Anlage. Dort werden sie in einer Hammermühle zerkleinert und anschließend chemisch aufgeschlossen. Am Ende

des Verfahrens steht CdTe-angereicherter Metallschlamm, der in die Metallverhüttung geht, sowie Glas, das verkauft und wiederverwertet werden kann.

Trotz zusätzlicher Kosten: First Solar recycelt

Ökologisch Sinn macht dieser Prozess allemal, denn so kann ein Austrag des Cadmiums in die Umwelt verhindert werden. Anders als beim Recycling kristalliner Siliziummodule, dessen Ergebnis intakte, erneut zu gebrauchende Wafer sind, ist eine direkte Wiederverwertung der CdTe-Halbleiterschicht jedoch nicht möglich, da diese bei der thermischen Behandlung beschädigt wird. Das Wertniveau der Rückgewinnung ist damit deutlich geringer. Hinzu kommt das generelle Problem, dass der Transport der alten Module zur Recyclinganlage sehr aufwändig ist. Viele First Solar-Sonnenkraftwerke stehen in Europa. Haben sie aus-

gedient, müssen sie erst nach Amerika verschifft werden.

Die Kunden brauchen sich wegen der Recycling-Kosten aber keine Gedanken zu machen – diese trägt First Solar. „Für jedes Modul, das wir verkaufen, legen wir Geld beiseite, um das Wiederverwerten später finanzieren zu können“, erklärt David Wortmann, Direktor für strategische Unternehmensplanung, das Vorgehen. Diese Rücklagen würden zusätzlich durch eine Versicherung abgesichert.

Etwas stärker wiegt das Kostenargument dagegen momentan noch in einem anderen Dünnschichtbereich, dem Kupfer-Indium-(Gallium-)Diselenid (CIS)-Segment. So haben sich der Hersteller Würth Solar GmbH & Co KG und das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) im Rahmen des EU-Projekts „Sense“ (Sustainability Evaluation of Solar Energy systems) zuletzt zwar intensiv mit dem Thema Recycling befasst und konnten beweisen, dass eine Wiedergewinnung des seltenen Metalls Indium per nasschemischem Verfahren möglich ist – eine Übertragung des Prozesses vom Labor- in den Pilot- oder großtechnischen Maßstab ist jedoch zu-

nächst nicht vorgesehen. „Der Aufbau einer Recyclinganlage ist mit hohem finanziellen Aufwand verbunden“, betont Johann Springer, stellvertretender Leiter des Bereichs Photovoltaische Materialforschung beim ZSW. Erst wenn größere Altmodul-Mengen anfielen und die Indium-Industrie an der Abnahme des Metalls Interesse zeige, lohne sich eine solche Investition.

In der Tat würde ein CIS-Recycling aber schon heute Sinn machen. Ähnlich wie CdTe-Module enthält auch diese Technologie Cadmium. Zudem dürften die zu recycelnden Modulmengen in den nächsten Jahren merklich zunehmen. Denn der Aufbau von CIS-Produktionen geht rasch voran: Die Hersteller haben angekündigt, bis zum Jahr 2010 Fertigungskapazitäten von über 100 Megawatt aufzubauen (neue energie 11/2005).

Silizium-Module leichter zerlegen können

Mit den größten Volumina ist zweifelsohne beim klassischen Silizium zu rechnen – der auf mittlere Sicht vorherrschenden Technologie. Bei der Suche nach Recycling-Optionen befassen sich Firmen und Forscher hier

vor allem mit der Frage, wie sich Module am leichtesten aufknacken lassen, um an die wertvollen Zellen zu kommen. Dieser Schritt gilt für ein Recycling als wesentlich.

Kurz vor dem Abschluss (März 2006) steht beispielsweise ein Forschungsvorhaben, das das japanische Wirtschaftsministerium im Jahr 2001 in Auftrag gegeben hat und an dem unter anderem Marktführer Sharp sowie der Kunststoffhersteller Asahi beteiligt sind. Konkretes Ziel des Projekts: den Kunststoff Ethylen-Vinylacetat-Copolymer (EVA), der in fast allen gängigen Modulen als Verkapselungsmaterial zum Einsatz kommt und die einzelnen Modulbestandteile gewissermaßen zusammenhält, effizient zu schmelzen und zu entfernen und die ‚befreite‘ Zelle anschließend mit möglichst geringem Aufwand zu reinigen. Über Details des Vorhabens und ob möglicherweise eines der am Projekt beteiligten Unternehmen den Bau einer eigenen Recycling-Fabrik plant, gibt es momentan keine Informationen. Macht Sharp aber mit seiner Ankündigung ernst, auf dem Weg zu einer „Green Company“ auch „ein Recycling für die Wiederverwendung der Solarmodule“ zu implementieren, dürfte es nur eine Frage der Zeit sein, bis der weltgrößte Zellenproduzent eine eigene Solarmühle baut oder sich an einem derartigen Projekt beteiligt.

Weniger an Recycling-Verfahren als an für die Wiederverwertung besonders geeigneten Modulen arbeitet dagegen Isofotón gemeinsam mit dem spanischen Forschungsinstitut Gaiker. Die Besonderheit des neuen iberischen Sonnenfängers: Zelle und EVA-Verkapselung sind nicht unmittelbar miteinander verbunden, sondern werden durch eine transparente Schicht voneinander getrennt. Diese gewährleistet, dass die Zelle – mithilfe eines Vakuumgeräts – relativ problemlos aus dem Modul gelöst werden kann. Ein Schmelzvorgang bei hohen Temperaturen kann so entfallen.

Nach Angaben von Isofotón-Sprecherin Lucía Sainz wird es aber noch dauern, bis die Technologie marktreif ist. So lägen die Materialkosten der neuen Module um fünf Prozent über denen herkömmlicher Sonnenfänger. Zudem müsse das neue Vakuum-Trennverfahren erst automatisiert werden.

Auch die Bayer Materialscience ist neuen Materialien für leicht wieder verwertbare Panels auf der Spur. Im Unterschied zur Isofotón-Technologie finden einige der dort speziell für die Modul-Einkapselung entwickelten Materialien in der Praxis bereits Verwendung. Wie zum Beispiel Einbett-

Ende der Recycling-Lethargie

Das immense Wachstum der Photovoltaik (PV) lässt keinen Zweifel aufkommen: Spätestens ab 2020 wird auf die Industrie eine Welle von Altmodulen zurrollen. Einige Unternehmen bereiten sich frühzeitig darauf vor. Allen voran die Solarworld AG. Seit zwei Jahren betreibt der Konzern am Standort Freiberg eine Pilot-Recyclinganlage mit einem Megawatt (MW) Kapazität. Da es derzeit wenig Altmodule gibt, wird in Freiberg auch Bruch- oder Mangelware anderer europäischer Modulhersteller verarbeitet.

First Solar, Hersteller von Dünnschichtmodulen aus Cadmium-Tellurid, betreibt seit kurzem eine Recyclinganlage mit einem MW Kapazität. Damit hat das Unternehmen schon heute eine Antwort auf die Frage parat, was mit den wegen des Cadmiums nicht unumstrittenen Panels nach ihrer Lebenszeit geschieht: Sie werden in ihre Bestandteile zerlegt und das Cadmium gelangt zurück in den Metallkreislauf. Bei starkem Wachstum der Dünnschicht hält es First Solar aber für denkbar, eine weitere Anlage in Europa zu bauen. Mit Verfahren zur Zerlegung von Modulen in die Bestandteile befasst sich PV-Produzent Sharp in Kooperation mit anderen japanischen Unternehmen. Ziel: Die effiziente Schmelze der Modul-Verkapselung. Mit ersten Forschungsergebnissen ist im Frühjahr zu rechnen. Denkbar, dass Sharp eine eigene Recyclinganlage betreiben wird. Konkrete Bauabsichten hat der Konzern noch nicht geäußert.

Modulbauer Isofotón sowie die Bayer Materialscience sind Sonnenfängern auf der Spur, die sich besonders einfach recyceln lassen. Die Idee: Herkömmliche Kunststoffe durch leicht entfernbare Materialien zu ersetzen. Während die Spanier noch forschen, hat Bayer sein Produkt bereits im Markt platziert: eine spezielle Einbettfolie, anstelle des gängigen Verkapselungsmaterials Ethylen-Vinylacetat-Copolymer.

Schließlich brütet auch der Europäische Verband der Solarindustrie (EPIA) über einem Recycling-Konzept der Zukunft. Favorisiert wird derzeit ein weltweit koordiniertes Rücknahmesystem: Teilnehmende PV-Unternehmen finanzieren eine unabhängige Institution, die sich um Sammlung, Transport und Recycling alter Module kümmert.

folien aus so genanntem thermoplastischen Polyurethan (TPU), einem besonderen Kunststoff. In eigens für den Einsatz auf hoher See konzipierten Modulen der Sunware Solartechnik GmbH & Co KG ersetzen diese Folien das gängige EVA als Verkapselungsmaterial. Der Vorteil des Polyurethans: Trotz seiner enormen Widerstandsfähigkeit kann der Stoff recht leicht aus defekten Solargeneratoren entfernt werden. „TPU weicht schon bei 120 Grad auf und lässt sich dann ohne Probleme abziehen; zur EVA-Schmelze braucht man dagegen an die 800 Grad“, erklärt Bayer-Chemotechniker Ernst-Ulrich Reisner. Klarer Nachteil der Bayer-Folie ist allerdings ihr Preis. Laut Sunware-Geschäftsführer Julian Schüren sind TPU-Module rund doppelt so teuer wie herkömmliche Panels – und damit für eine breite Anwendung vorerst uninteressant.

Ein Recycling-Konzept für die ganze Welt

Relevanter erscheint da ein Vorschlag des Europäischen Verbands der Solarindustrie (EPIA). Dort wird derzeit über ein Konzept für eine Stiftung diskutiert, die als „zentrale Abholkoordination“ funktionieren könnte: Teilnehmende PV-Unternehmen finanzieren dabei eine unabhängige Institution, die ausschließlich dafür verantwortlich ist, Sammlung, Transport und Recycling alter Module europa- oder weltweit zu koordinieren. Gibt irgendwo eine Anlage ihren Geist auf, kümmert sie sich darum, dass diese sachgemäß und auf kürzestem, schnellstem und kostengünstigstem Weg entsorgt wird.

Voraussetzung sind allerdings mehrere Recycling-Anlagen oder zumindest eine große Wiederverwertungs-Mühle, die in der Lage ist, pro Jahr mehrere hundert Tonnen ausgedienter Sonnenfänger der unterschiedlichsten Hersteller zu verarbeiten. Diese Infrastruktur zu schaffen, wäre dann Aufgabe der Solarindustrie.

In der Branche scheint die EPIA-Idee gut anzukommen. „An den Vorbereitungen beteiligen sich Unternehmen aus Europa und Japan“, weiß Recycling-Experte Wambach. Er selbst gehört zu den größten Befürwortern des Projekts. Was nicht verwundert. Bei einer gemeinschaftlichen Lösung des Recycling-Problems spräche aktuell vieles dafür, dass ein Großteil der in Europa anfallenden Altmodule in Freiberg landet. So könnte sich das frühzeitige Engagement von Solarworld-Chef Frank Asbeck einmal mehr in barer Münze auszahlen. ◀