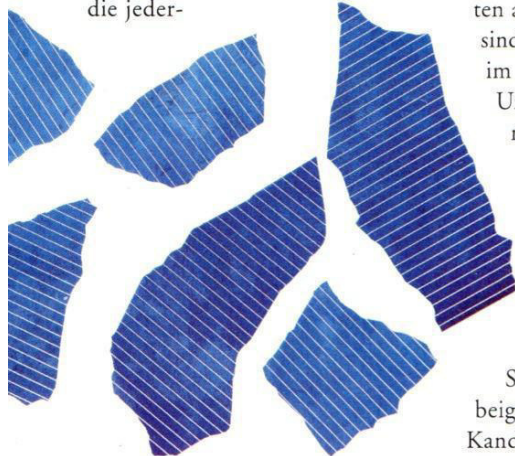


Scherben bringen nicht nur Glück

Die Solarindustrie will dieses Jahr mit dem **Recycling ausgedienter Photovoltaikmodule** beginnen. Ihr freiwilliges Rücknahmesystem, PV-Cycle, feiert die Solarbranche schon als **großen Coup**. Doch eine Infrastruktur ist noch nicht vorhanden, die Umsetzung nicht geklärt.

Text: Jürgen Heup

Eines haben Photovoltaik und Atomkraft gemein. Beide erzeugen Strom. Doch das war's schon mit den Gemeinsamkeiten. Während Solarpaneele friedlich auf den Dächern schlummern und Sonnenstrahlen einfangen, stehen Kernkraftwerke bedrohlich in der Landschaft und produzieren hochgefährliche Strahlung und Müll in ihren Betonbäuchen. Diametral auseinander liegt auch das, was von den beiden Kraftwerksarten nach Außerdienststellung übrig bleibt. Auf der einen Seite radioaktive Meiler, deren Abbau und Entsorgung Heerscharen von Ingenieuren und Wissenschaftlern vor unlösbare Aufgaben stellt. Auf der anderen Seite Solarmodule, die jeder-



mann mit dem Schraubendreher einfach demontieren kann. Und dann ab in den Schrott.

Doch halt. Solarmodule, als Stromproduzent ökologisch, sind als Abfall nicht automatisch grün. Auch wenn die Siliziumfraktion unter den Solarherstellern nicht müde wird zu betonen, dass ihre Halbleiter ja im Grunde nichts anderes seien als Sand. Solarmodule setzen sich aus zahlrei-

chen weiteren Komponenten zusammen. Ein kristallines Standardmodul etwa besteht bezogen auf das Gewicht zu über 60 Prozent aus Glas. Die Kunststoffe für die Laminierschichten, die Rückseitenfolien, Kabel und Anschlussbox sowie das Aluminium für den Rahmen summieren sich auf über 30 Gewichtsprozent. Die eigentliche Siliziumzelle dagegen schlägt nur mit vier Prozent zu Buche.

Selbst die Zelle besteht nicht aus purem Silizium. Da wären die typisch silbrig schimmernden Kontakte, die sich wie ein hauchdünnes Gitter über die dunklen Solarzellen ziehen. Sie glänzen nicht nur so, sie sind tatsächlich aus Silber. Und enthalten außerdem Blei. Die Zellen wiederum sind untereinander verlötet. Auch hier ist im Standardmodul wieder Blei im Spiel. Und dann gibt es noch Strahlenfänger mit Halbleitern wie Cadmiumtellurid (CdTe). Eine kristalline Verbindung aus zwei Elementen, die umwelt- und gesundheitsschädlich sind, wenn sie freigesetzt werden. Oder Dünnschichtmodule auf Basis von Kupfer: Ihnen wird in verschiedenen chemischen Varianten Selen, Schwefel, Indium oder Gallium beigemischt. Darunter ebenfalls toxische Kandidaten. Und auch die so genannten CIGS-Module enthalten Priesen des giftigen Cadmiums.

Solarmodule sind eine harte Nuss

Diese Schadstoffe gibt ein Solarmodul aber nicht so einfach preis: Die verschiedenen Elemente werden in der Produktion beim Abscheidungsprozess zu festen Schichten verbacken. Bei der Laminierung werden sie zudem verkapselt und mit den Trägermaterialien, seien es Glas, Metall oder Kunst-

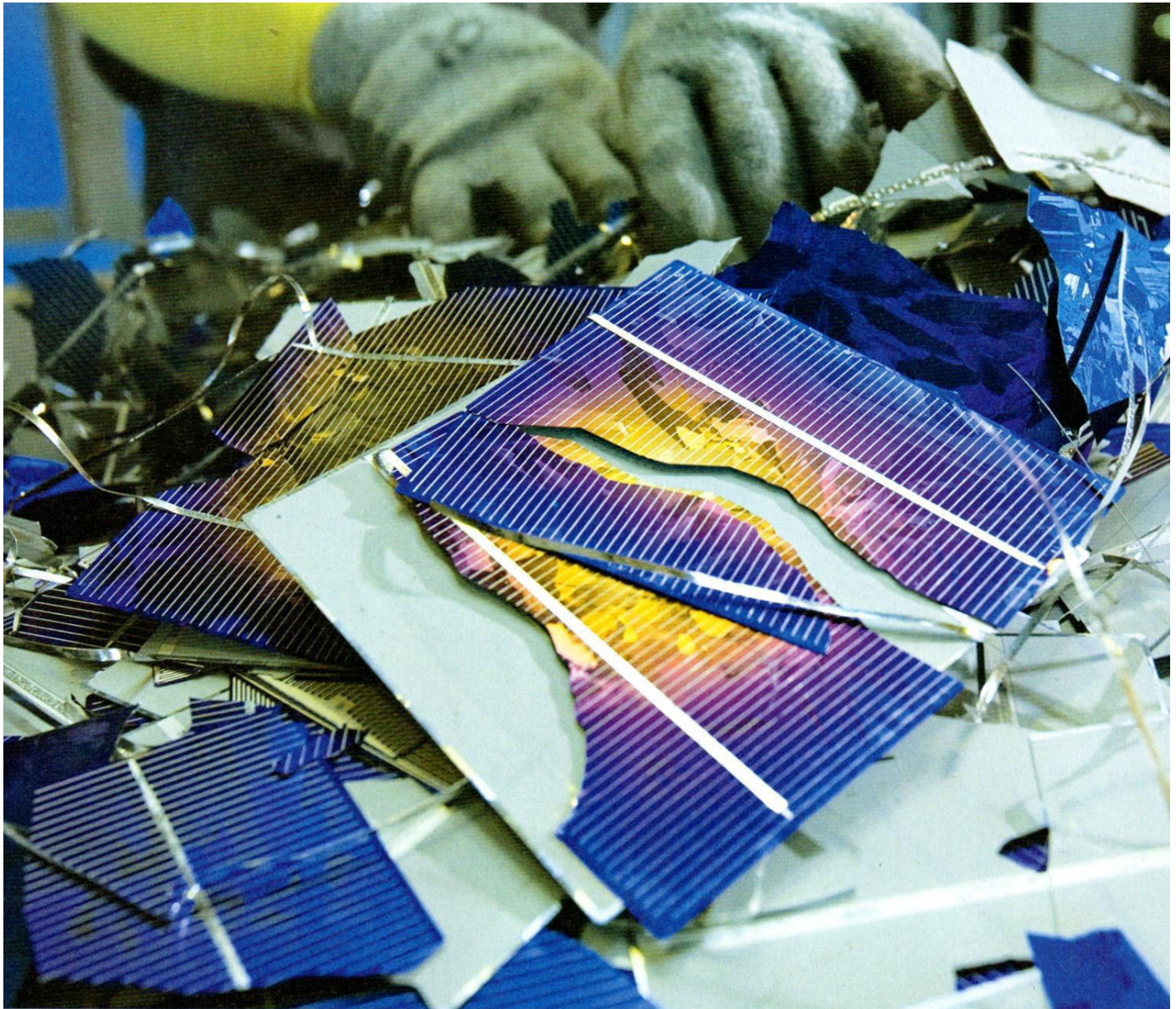
stoff, verbunden: Die Hülle sorgt für die Langlebigkeit der Solarmodule. Sie bewirkt aber auch, dass man die kleinen Solarkraftwerke nicht ohne weiteres in ihre Bestandteile zerlegen kann.

Solarmodule sind jedenfalls kein unbedenklicher Hausmüll. Vielmehr ähneln sie in ihrer komplexen Zusammensetzung Elektrogeräten wie etwa Flachbildschirmen. Die europäische Union hat bereits 2003 mit der WEEE-Richtlinie (Waste Electrical and Electronic Equipment, zu Deutsch: Entsorgen von Elektro- und Elektronik-Altgeräten). Die Elektronikindustrie dazu verdonnert, ihre Altgeräte nach Dienstzeitende zu sammeln und fachgerecht zu entsorgen. Fachgerecht heißt, die Elektroschrottberge zu einem bestimmten Teil zu recyceln.

Was das bedeutet, davon kann die Elektrogerätebranche ein Lied singen. So müssen Hersteller heutzutage eine Zulassung beantragen, wenn sie neue Waschmaschinen, Computer, Staubsauger, Handys oder Toaster auf dem Markt einführen wollen. Diese Zulassung erhalten sie nur, wenn sie sich entsprechend ihrer Warenmenge anteilig an der Entsorgung beteiligen und die Geräte keine bedenklichen Stoffe beinhalten. Ein Elektro-Altgeräte-Register, das die Hersteller im Auftrag des Gesetzgebers aufbauen mussten, koordiniert dieses Verfahren. Für so manchen Beteiligten ein bürokratisches Monstrum. Es regelt haarklein, welcher Container an welcher kommunalen Sammelstelle von welchem Hersteller zu entsorgen ist.

It's a waste, to waste your waste

Die Solarbranche blieb bei der Erstellung der EU-Richtlinie 2003 noch außen vor. Zu gering waren ihre Produktionsmengen, zu verschieden ihre Technologien, als dass man die Photovoltaik (PV) pauschal der WEEE-Richtlinie zuordnen wollte. Und der Eu-



Blaues Altglas: Ein Mitarbeiter bei Solarworld im sächsischen Freiberg sortiert Zellbruch für die Rohstoffaufbereitung.

ropäische Photovoltaik Industrieverband Epia hatte zusammen mit dem Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) der EU rechtzeitig signalisiert, dass man ein freiwilliges Sammel- und Entsorgungssystem aufbauen werde. Zwei Fliegen mit einer Klappe will man so schlagen: Ein freiwilliges Recyclingssystem wäre ein Imagegewinn für eine ganze Industriebranche. Und unter vorgehaltener Hand fürchtet die Solarbranche sich vor den Kosten und der Bürokratie, die WEEE verursacht.

2007 gründeten Epia und BSW zusammen mit sechs Unternehmen PV Cycle. Ein Verein, der die freiwillige Rücknahme und das Recycling-Programm für Altmodule organisieren soll. Ein Verband, dem heute, drei Jahre später, schon 59 Firmen aus aller Welt beigetreten sind, Hersteller und Importeure von Photovoltaikmodulen in Europa. Der Verband vertritt derzeit 85 Prozent des europäischen Photovoltaikmarkts, verkündet Jan Clyncke, Geschäftsführer von PV-Cycle, auf der ersten internationalen Recycling-

Konferenz Ende Januar in Berlin: „Es freut mich sehr, einen Branchenverband führen zu dürfen, der sich mit derartiger Voraussicht und derartigem Engagement für das Ziel einsetzt, die Photovoltaikbranche doppelt grün zu machen.“

Auch technisch hat man die ersten Schritte unternommen, wie auf der PV-Cycle Konferenz einige Mitglieder aufzeigten: In Freiberg betreibt die Solarworld-Tochter Sunicon seit 2004 eine Pilotanlage zur Aufbereitung von Solarmodulen. „Das ▶

war die erste ihrer Art weltweit“, sagt Karsten Wambach, Chef von Sunicon. 200 Tonnen verarbeitet die Anlage im Jahr. Ein Modulberg, der einer Leistung von einem Megawatt entspricht. 2009 wurden in Freiberg die Altmodule aus dem belgischen Chevetogne recycelt. Ein Solarpark aus den frühen 80er Jahren, eines der ersten großen Solarstromkraftwerke, die deinstalliert wurden. Die Module wurden nicht geschreddert, sondern so zerlegt, dass die Wafer unversehrt blieben. „Wiederverwertete Wafer verkürzen die Energierücklaufzeit um bis zu 30 Prozent“, so das positive Resümee von Wambach, der zugleich Präsident von PV Cycle ist. Damit ist die Zeit gemeint, die eine Solaranlage benötigt, um so viel Energie zu erzeugen, wie für ihre Herstellung benötigt wurde. Je nach verwendeter Technologie und Standort variiert die Rücklaufzeit in Europa zwischen acht Monaten und bis zu fünf Jahren.

Auch First Solar, ebenfalls Mitglied bei PV Cycle, kann praktische Erfahrung vorweisen. Der amerikanische Hersteller hat auf eigene Kappe mit der Wiederverwertung begonnen, recycelt derzeit hauptsächlich Bruch- und Ausschussware. First Solar verbindet ein besonderes Interesse mit einem reibungslosen Entsorgungssystem. Als ein Hersteller von CdTe-Modulen fürchtet man eine Gängelung durch Elektroschrottrichtlinien wie WEEE besonders. Würden ihre Module unkontrolliert auf Deponien landen, bestünde die Gefahr, dass die EU gar mit einem Verbot für den Einsatz von Cadmiumtellurid reagieren könnte. Bei vielen Elektrogeräten ist dies bereits der Fall. Ein vorbildliches Recycling nimmt da viel Wind aus den Segeln.

Entsprechend perfekt wirkt das Konzept, das Lisa Krueger von First Solar vorstellt: Bilder vom Werk mit Schredder und Sortieranlagen, ausgerüstet mit speziellen Filtersystemen, um die Stäube aufzufangen. „Wir können 95 Prozent der Halbleiter wiedergewinnen und 90 Prozent des Glases verwenden. Die Recyclingkosten werden zu 100 Prozent durch den Verkauf abgedeckt, weil wir bereits einen Teil des Verkaufserlö-

ses in einen zweckgebundenen unabhängigen Fonds legen.“ Dadurch stelle man sicher, dass das Recycling von CdTe-Modulen selbst im Falle der Insolvenz von First Solar gewährleistet werde. Jedes Modul trage eine Adresse und Anschrift, erklärt Lisa Krueger. Per E-Mail oder Telefon brauche man sich nur zu melden, und schon werde jedes Modul abgeholt und recycelt. „Für den Kunden ist das kostenlos“, erklärt die Vize-Präsidentin der Abteilung „Nachhaltige Entwicklung“. Mit welchen Kosten First Solar rechnet, wie viel die Firma vom Verkaufserlös zurücklegt, das verrät Krueger nicht.

Wann haben Module ausgedient?

Aber sowohl Sunicon wie auch First Solar verarbeiten derzeit noch homöopathische Mengen, verglichen mit dem, was in einigen Jahren einmal auf die Solarbranche zurollen wird. Jan Clyncke: „2010 rechnen wir in ganz Europa mit 5000 Tonnen.“ Ab 2015 werde die erste große Welle ausgedienter Module auflaufen. 2020, so schätzt Clyncke, könnten es dann bereits 35 000 Tonnen jährlich sein.

Mengen, die Fluch und Segen zugleich sind. Um die Recyclingkosten für 2010 zu decken, rechne man mit 24 Cent pro Kilogramm, also etwa fünf Euro pro Modul. Rentabel arbeite eine Recyclinganlage erst ab 20 000 Tonnen im Jahr, schließt Karsten Wambach aus den Erfahrungen mit der Pilotanlage. Das entspricht dem Rücklauf einer installierten PV-Leistung von 200 Megawatt oder mehr als einer Million Module.

Der PV-Recycler in spe kann sich aber schon mal auf ein Geschäft mit vielen Unbekannten einstellen. Denn wer weiß schon wirklich, wie lange die noch junge Photovoltaiktechnologie überhaupt Strom produzieren kann? 20 Jahre, oder doch 30, wie viele Hersteller prognostizieren? Oder toppen Solarstromanlagen am Ende gar die Laufzeit von Atomkraftwerken und halten 40 Jahre durch? Eine weitere Frage in diesem Kontext: Wann entschließt sich ein Betreiber, seine Paneele zu entsorgen? Das Beispiel Chevetogne verdeutlicht, dass Außerbetriebsetzung und Abbau zeitlich weit auseinander liegen können. „Dieser alte belgische Solarpark war bereits fünf Jahre vom Netz, als man sich entschloss, die Module zu recyceln“, sagt Wambach.



Und es lauern weitere Unbekannte. In welchem Zustand werden die Paneele geliefert? Unversehrt, so wie es sich die Recycler wünschen, damit sie die verschiedenen Technologien CIGS, CdTe und kristallin vorsortieren können. Oder als kunterbunter Scherbenhaufen. Dann müsse man sich schon mal darauf einrichten, dass das Recyceln doppelt schwierig werde und das Endprodukt geringere Qualität habe, so Wambachs Erfahrung mit der Pilotanlage in Freiberg.

Und was, wenn der Verbraucher seine Solarmodule fälschlich im Glascontainer entsorgt? Dann landen sie zum Beispiel im Schredder bei Reiling Glas Recycling. In deren Werk im sächsischen Torgau findet man heute zwischen Autoglas und Fensterscheiben schon die ein oder andere Solarpaneele: „Mengenmäßig sind wir bereits am Anschlag“, wertet Roland Pohl, Abteilungsleiter bei Reiling, den Anteil an Paneelen, der gerade noch akzeptiert werden könne. Die Chargen mit Solarmodulen würden aufgrund der Zusammensetzung chemische Probleme bereiten und zu geringerer Qualität führen. „Glas, das sich dann kaum noch vermarkten lässt“, warnt Pohl. Und dabei habe man es bisher bloß mit kristallinen Modulen zu tun: „Was, wenn auch die Cadmium- und Kupferbasierten bei uns im Brecher landen?“

Mündere Qualität der Recycling-Produkte könnte zu einem ziemlichen Hoffnungs-dämpfer für PV Cycle werden. Vom ökonomischen Nutzen durch Recycling hat schon so manch einer Luftschlösser gezeichnet. Etwa wenn es um die Möglichkeit geht, Rohstoffkosten zu sparen. Und was tun, wenn, wie beim Silizium geschehen, die Rohstoffpreise in den Keller rauschen? Oder wenn der Energieeinsatz zur Stofftrennung so hoch ist, dass gar die ökologische Bilanz in Schieflage gerät? Man müsse sich noch klar werden, bis zu welchem Grad sich Recycling überhaupt lohnt, räumt Karsten Wambach ein. Sonst werde man das zweite Grün am Ende zu teuer bezahlen. ◀

25. April 2010, 17:24 Uhr

Recycling von Modulen

Solar-Konzerne kämpfen um ihr grünes Image

Von Sascha Rentzing

Blei, Cadmium-Tellurid, Silber - in Solarmodulen stecken viele bedenkliche Stoffe. Die EU erwägt deshalb ein Giftstoffverbot für die Branche. Manche Hersteller wollen das verhindern, durch freiwillige Rücknahme alter Panels. Ihr Kalkül: Lieber teuer recyceln als die Produktion umzustellen.

Hamburg - Man könnte sich die Welt so leicht aufteilen: in die gute Solarenergie und die böse Atomkraft. Beide Industrien erzeugen Strom. Doch während Sonnenmodule es sauber und leise tun, produzieren Kernkraftwerke gefährliche Strahlung und radioaktiven Müll. Und während die Demontage von Atommeilern Ingenieure vor schwierige Aufgaben stellt, können Solarmodule einfach vom Dach geschraubt und verschrottet werden.

Leider ist die Welt nicht so einfach gestrickt, leider ist die Solar-Industrie nicht völlig grün. Auch Sonnenstrommodule bestehen zum Teil aus giftigen Komponenten. Die Zellen einer Siliziumkachel etwa werden mit Kontakten aus Silber versehen und mit Blei verlötet.

Dünnschichtmodule sind nicht harmloser: In vielen von ihnen findet sich Cadmium-Tellurid (CdTe) eine Verbindung aus den zwei hochgiftigen Stoffen Cadmium und Tellur. Als Verbindung ist Cadmium-Tellurid zwar wesentlich ungefährlicher. Der Konzern Solarworld behauptet dennoch, die Verwendung eines potentiellen Giftstoffs gefährde das grüne Image der Branche. Dass CdTe sich vor allem in den Panels des Konkurrenten First Solar findet, erwähnt Solarworld nicht.

Die Debatte um mögliche Giftstoffe beschäftigt nicht nur die Unternehmen. Auch die EU stellt sich die Frage, inwieweit man einer ökologischen Vorzeigebbranche die Verwendung bedenklicher Substanzen erlauben darf. Die sogenannte RoHS-Richtlinie (Restriction of hazardous substances) wird derzeit überarbeitet. Sie verbietet unter anderem den Einsatz von Blei, Cadmium und Quecksilber in elektronischen Geräten, lässt Solarmodule aber außen vor. Das könnte sich nun ändern. Der [Solarindustrie](#) drohen strenge Umweltauflagen.

Teuer recyceln statt Produktion umstellen

Manche Unternehmen in der Branche wollen das um jeden Preis verhindern - insbesondere jene Hersteller, die mit Blei oder Cadmium produzieren. Denn zwar ist es möglich, potentiell giftige Stoffe durch ungefährlichere zu ersetzen - doch die Umstellung der Produktion würde Jahre dauern und viele Millionen verschlingen.

Die Hersteller verfolgen daher eine andere Strategie: Lieber teuer recyceln als die Produktion umstellen. Kritiker wollen sie mit einem freiwilligen Sammel- und Entsorgungssystem für kritische Stoffe besänftigen. Die Solarverbände BSW und EPIA sowie fünf Firmen gründeten 2007 den Verein PV Cycle, der die Rücknahme und das Recycling für Altmodule organisieren soll.

Inzwischen gehören ihm 59 Firmen an, PV Cycle vertritt damit rund 85 Prozent des europäischen Photovoltaikmarkts.

PV Cycle hat bereits erste Projekte gestartet: Die Solarworld-Tochter Sunicon betreibt im sächsischen Freiberg seit 2004 eine Pilotanlage zur Modul-Aufbereitung. "Das war die erste ihrer Art weltweit", sagt Sunicon-Chef und PV-Cycle-Präsident Karsten Wambach. 100 Tonnen verarbeitet die Anlage im Jahr, Module mit einer Megawatt (MW) Leistung. 2009 wurden die Altmodule aus dem belgischen Solarpark Chevetogne recycelt.

Auch die US-Firma First Solar recycelt, bisher hauptsächlich Bruch- und Ausschussware. Sie hat besonderes Interesse an einem reibungslosen Entsorgungssystem: Als Hersteller von CdTe-Modulen fürchtet sie ein Stoffverbot besonders. Cadmium ist Teil des Halbleiters und damit Herzstück der US-Module. Würde die EU das lichtsammelnde Element untersagen, wäre dies das Aus für die billige Technik. Der Konzern müsste seine Produktion mühsam umstellen.

Entsprechend viel Mühe hat sich First Solar mit seinem Recycling-Konzept gegeben: "Wir können 95 Prozent der Halbleiter wiedergewinnen und 90 Prozent des Glases verwenden", sagt Lisa Krueger, Vizepräsidentin des Geschäftsbereichs Nachhaltige Entwicklung. Die Recyclingkosten würden zu 100 Prozent durch den Verkauf abgedeckt, weil ein Teil des Verkaufserlöses in einen zweckgebundenen unabhängigen Fonds fließt. So stelle First Solar sicher, dass die CdTe-Module auch im Falle einer Insolvenz recycelt würden.

Teures Geschäft mit vielen Unbekannten

Doch verglichen mit den vielen Altmodulen, die in einigen Jahren auflaufen werden, verarbeiten Sunicon und First Solar bisher nur geringe Mengen. "2010 rechnen wir in ganz Europa mit 5000 Tonnen", sagt PV-Cycle-Geschäftsführer Jan Clyncke. Ab 2015 werde die erste große Welle ausgedienter Paneele auflaufen, 2020 könnten es dann bereits 35.000 Tonnen jährlich sein.

Die PV-Recycler in spe müssen sich auf ein teures Geschäft mit vielen Unbekannten einstellen: Eine Recyclinganlage arbeite erst ab 20.000 Tonnen im Jahr rentabel, erklärt Wambach. Das entspricht dem Rücklauf von 20 MW Photovoltaik-Leistung oder mehr als einer Millionen Modulen.

Und diese Rechnung geht nur bei den gegenwärtigen Energie- und Rohstoffpreisen auf: Werden Glas und Metalle billiger oder die für die Stofftrennung benötigte Energie teurer, müssten noch größere Mengen recycelt werden, damit die Anlagen sich rentieren.

Zudem sind bei der Wiederverwertung organisatorische und technische Probleme zu erwarten: Nach wie vielen Arbeitsjahren müssen Module recycelt werden? Wann entschließt sich ein Betreiber, seine Paneele zu entsorgen - nach 20 oder erst nach 30 Jahren? In welchem Zustand werden die Paneele geliefert - unversehrt, wie es sich die Recycler wünschen, damit sie die verschiedenen Techniken, Silizium- oder Dünnschichtmodule, vorsortieren können? Oder kommen sie als Scherbenhaufen?

Das Solar-Recycling steht also noch vor großen Herausforderungen. Obendrein wird es zurzeit von manchen Unternehmen zum Schutz der eigenen Produktionsverfahren instrumentalisiert. Wirklich grün ist die Solarbranche noch lange nicht.

URL:

- <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/recycling-von-modulen-solar-konzerne-kaempfen-um-ihr-gruenes-image-a-688779.html>

© SPIEGEL ONLINE 2010

Alle Rechte vorbehalten

Vervielfältigung nur mit Genehmigung der SPIEGELnet GmbH

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	Spiegel (25.4.2010)	Abs
	Scherben bringen nicht nur Glück (Jürgen Heup)	Recycling von Modulen: Solar-Konzerne kämpfen um ihr grünes Image (Sascha Rentzing)	
<p>Verwertung eines Fremdtexes von Jürgen Heup (bis Juli 2015 leitender Redakteur von Neue Energie)</p> <p>Das Plagiat ist inhaltlich weitgehend identisch. Der Originaltext wurde gekürzt und vielfach manipuliert. Insbesondere wurden auch 3 Zahlen manipuliert:</p> <p>Aus „sechs Unternehmen“ wurden „fünf Firmen“ (Abs. 8/6)</p> <p>Aus „200 Tonnen“ wurden „100 Tonnen“ (Abs. 9/7)</p> <p>Aus „200 Megawatt“ wurden „20 MW“ (Abs. 13/11)</p>			
0	Die Solarindustrie will dieses Jahr mit dem Recycling ausgedienter Photovoltaikmodule beginnen. Ihr freiwilliges Rücknahmesystem, PV-Cycle, feiert die Solarbranche schon als großen Coup. Doch eine Infrastruktur ist noch nicht vorhanden, die Umsetzung nicht geklärt.	Blei, Cadmium-Tellurid, Silber - in Solarmodulen stecken viele bedenkliche Stoffe. Die EU erwägt deshalb ein Giftstoffverbot für die Branche. Manche Hersteller wollen das verhindern, durch freiwillige Rücknahme alter Panels. Ihr Kalkül: Lieber teuer recyceln als die Produktion umzustellen.	0
1	Eines haben Photovoltaik und Atomkraft gemein. Beide erzeugen Strom. Doch das war's schon mit den Gemeinsamkeiten.	Hamburg - Man könnte sich die Welt so leicht aufteilen: in die gute Solarenergie und die böse Atomkraft. Beide Industrien erzeugen Strom.	1
	Während Solarpaneele friedlich auf den Dächern schlummern und Sonnenstrahlen einfangen,	Doch während Sonnenmodule es sauber und leise tun,	
	stehen Kernkraftwerke bedrohlich in der Landschaft und produzieren hochgefährliche Strahlung und Müll in ihren Betonbäuchen. Diametral auseinander liegt auch das, was von den beiden Kraftwerksarten nach Außerdienststellung übrig bleibt.	produzieren Kernkraftwerke gefährliche Strahlung und radioaktiven Müll.	
	Auf der einen Seite radioaktive Meiler, deren Abbau und Entsorgung Heerscharen von Ingenieuren und Wissenschaftlern vor unlösbare Aufgaben stellt.	Und während die Demontage von Atommeilern Ingenieure vor schwierige Aufgaben stellt,	
	Auf der anderen Seite Solarmodule, die jedermann mit dem Schraubendreher einfach demontieren kann.	können Solarmodule einfach vom Dach geschraubt	
	Und dann ab in den Schrott.	und verschrottet werden.	
2	Doch halt. Solarmodule, als Stromproduzent ökologisch, sind als Abfall nicht automatisch grün. Auch wenn die Siliziumfraktion unter den Solarherstellern nicht müde wird zu betonen, dass ihre Halbleiter ja im Grunde nichts anderes seien als Sand.	Leider ist die Welt nicht so einfach gestrickt, leider ist die Solar-Industrie nicht völlig grün.	2
	Solarmodule setzen sich aus zahlreichen weiteren Komponenten zusammen. Ein kristallines Standardmodul etwa besteht bezogen auf das Gewicht zu über 60 Prozent aus Glas. Die Kunststoffe für die Laminierschichten, die Rückseitenfolien, Kabel und Anschlussbox sowie das Aluminium für den Rahmen summieren sich	Auch Sonnenstrommodule bestehen zum Teil aus giftigen Komponenten.	

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	Spiegel (25.4.2010)	Abs
	auf über 30 Gewichtsprozente. Die eigentliche Siliziumzelle dagegen schlägt nur mit vier Prozent zu Buche.		
3	Selbst die Zelle besteht nicht aus purem Silizium . Da wären die typisch silbrig schimmernden Kontakte , die sich wie ein hauchdünnes Gitter über die dunklen Solarzellen ziehen. Sie glänzen nicht nur so, sie sind tatsächlich aus Silber .	Die Zellen einer Siliziumkachel etwa werden mit Kontakten aus Silber versehen	
	Und enthalten außerdem Blei . Die Zellen wiederum sind untereinander verlötet. Auch hier ist im Standardmodul wieder Blei im Spiel.	und mit Blei verlötet.	
	Und dann gibt es noch Strahlenfänger mit Halbleitern wie Cadmiumtellurid (CdTe) . Eine kristalline Verbindung aus zwei Elementen , die umwelt- und gesundheitsschädlich sind, wenn sie freigesetzt werden. Oder Dünnschichtmodule auf Basis von Kupfer: Ihnen wird in verschiedenen chemischen Varianten Selen, Schwefel, Indium oder Gallium beigemischt. Darunter ebenfalls toxische Kandidaten. Und auch die so genannten CIGS-Module enthalten Priesen des giftigen Cadmiums.	Dünnschichtmodule sind nicht harmloser: In vielen von ihnen findet sich Cadmium-Tellurid (CdTe) eine Verbindung aus den zwei hochgiftigen Stoffen Cadmium und Tellur. Als Verbindung ist Cadmium-Tellurid zwar wesentlich ungefährlicher. Der Konzern Solarworld behauptet dennoch, die Verwendung eines potentiellen Giftstoffs gefährde das grüne Image der Branche. Dass CdTe sich vor allem in den Panels des Konkurrenten First Solar findet, erwähnt Solarworld nicht.	3
	Solarmodule sind eine harte Nuss		
4	Diese Schadstoffe gibt ein Solarmodul aber nicht so einfach preis: Die verschiedenen Elemente werden in der Produktion beim Abscheidungsprozess zu festen Schichten verbacken. Bei der Laminierung werden sie zudem verkapselt und mit den Trägermaterialien, seien es Glas, Metall oder Kunststoff, verbunden: Die Hülle sorgt für die Langlebigkeit der Solarmodule. Sie bewirkt aber auch, dass man die kleinen Solarkraftwerke nicht ohne weiteres in ihre Bestandteile zerlegen kann.		
5	Solarmodule sind jedenfalls kein unbedenklicher Hausmüll. Vielmehr ähneln sie in ihrer komplexen Zusammensetzung Elektrogeräten wie etwa Flachbildschirmen. Die europäische Union hat bereits 2003 mit der WEEE-Richtlinie (Waste Electrical and Electronic Equipment, zu Deutsch: Entsorgen von Elektro- und Elektronik-Altgeräten). Die Elektronikindustrie dazu verdonnert, ihre Altgeräte nach Dienstzeitende zu sammeln und fachgerecht zu entsorgen. Fachgerecht heißt, die Elektroschrottberge zu einem bestimmten Teil zu recyceln.	Die Debatte um mögliche Giftstoffe beschäftigt nicht nur die Unternehmen. Auch die EU stellt sich die Frage, inwieweit man einer ökologischen Vorzeigebbranche die Verwendung bedenklicher Substanzen erlauben darf. Die sogenannte RoHS-Richtlinie (Restriction of hazardous substances) wird derzeit überarbeitet. Sie verbietet unter anderem den Einsatz von Blei, Cadmium und Quecksilber in elektronischen Geräten, lässt Solarmodule aber außen vor. Das könnte sich nun ändern. Der Solarindustriedrohen strenge Umweltauflagen.	4
6	Was das bedeutet, davon kann die Elektrogerätebranche ein Lied singen. So müssen Hersteller heutzutage eine Zulassung beantragen, wenn sie neue Waschmaschinen, Computer, Staubsauger, Handys oder Toaster auf dem Markt einführen wollen. Diese Zulassung erhalten sie nur, wenn sie sich entsprechend ihrer Warenmenge anteilig an der Entsorgung		

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	Spiegel (25.4.2010)	Abs
	beteiligen und die Geräte keine bedenklichen Stoffe beinhalten. Ein Elektro-Altgeräte-Register, das die Hersteller im Auftrag des Gesetzgebers aufbauen mussten, koordiniert dieses Verfahren. Für so manchen Beteiligten ein bürokratisches Monstrum. Es regelt haarklein, welcher Container an welcher kommunalen Sammelstelle von welchem Hersteller zu entsorgen ist.		
	It 's a waste, to waste your waste	Teuer recyceln statt Produktion umstellen	
7	Die Solarbranche blieb bei der Erstellung der EU-Richtlinie 2003 noch außen vor. Zu gering waren ihre Produktionsmengen, zu verschieden ihre Technologien, als dass man die Photovoltaik (PV) pauschal der WEEE-Richtlinie zuordnen wollte.	Manche Unternehmen in der Branche wollen das um jeden Preis verhindern - insbesondere jene Hersteller, die mit Blei oder Cadmium produzieren. Denn zwar ist es möglich, potentiell giftige Stoffe durch ungefährlichere zu ersetzen - doch die Umstellung der Produktion würde Jahre dauern und viele Millionen verschlingen.	5
	Und der Europäische Photovoltaik Industrieverband Epia hatte zusammen mit dem Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) der EU rechtzeitig signalisiert, dass man ein freiwilliges Sammel- und Entsorgungssystem aufbauen werde.	Die Hersteller verfolgen daher eine andere Strategie: Lieber teuer recyceln als die Produktion umstellen. Kritiker wollen sie mit einem freiwilligen Sammel- und Entsorgungssystem für kritische Stoffe besänftigen.	6
	Zwei Fliegen mit einer Klappe will man so schlagen: Ein freiwilliges Recyclingsystem wäre ein Imagegewinn für eine ganze Industriebranche. Und unter vorgehaltener Hand fürchtet die Solarbranche sich vor den Kosten und der Bürokratie, die WEEE verursacht.		
8	2007 gründeten Epia und BSW zusammen mit sechs Unternehmen PV Cycle. Ein Verein, der die freiwillige Rücknahme und das Recycling-Programm für Altmodule organisieren soll .	Die Solarverbände BSW und EPIA sowie fünf Firmen gründeten 2007 den Verein PV Cycle, der die Rücknahme und das Recycling für Altmodule organisieren soll .	
	Ein Verband, dem heute, drei Jahre später, schon 59 Firmen aus aller Welt beigetreten sind, Hersteller und Importeure von Photovoltaikmodulen in Europa.	Inzwischen gehören ihm 59 Firmen an,	
	Der Verband vertritt derzeit 85 Prozent des europäischen Photovoltaikmarkts , verkündet Jan Clyncke, Geschäftsführer von PV-Cycle, auf der ersten internationalen Recycling-Konferenz Ende Januar in Berlin: „Es freut mich sehr, einen Branchenverband führen zu dürfen, der sich mit derartiger Voraussicht und derartigem Engagement für das Ziel einsetzt, die Photovoltaikbranche doppelt grün zu machen.“	PV Cycle vertritt damit rund 85 Prozent des europäischen Photovoltaikmarkts .	
9	Auch technisch hat man die ersten Schritte unternommen, wie auf der PV-Cycle Konferenz einige Mitglieder aufzeigten:	PV Cycle hat bereits erste Projekte gestartet:	7
	In Freiberg betreibt die Solarworld-Tochter Sunicon seit 2004 eine Pilotanlage zur Aufbereitung von Solarmodulen.	Die Solarworld-Tochter Sunicon betreibt im sächsischen Freiberg seit 2004 eine Pilotanlage zur Modul-Aufbereitung .	
	„Das war die erste ihrer Art weltweit“, sagt Karsten Wambach , Chef von Sunicon.	„Das war die erste ihrer Art weltweit“, sagt Sunicon-Chef und PV-Cycle-Präsident Karsten Wambach .	

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	Spiegel (25.4.2010)	Abs
	200 Tonnen verarbeitet die Anlage im Jahr. Ein Modulberg, der einer Leistung von einem Megawatt entspricht.	100 Tonnen verarbeitet die Anlage im Jahr, Module mit einem Megawatt (MW) Leistung.	
	2009 wurden in Freiberg die Altmodule aus dem belgischen Chevetogne recycelt. Ein Solarpark aus den frühen 80er Jahren, eines der ersten großen Solarstromkraftwerke, die deinstalliert wurden. Die Module wurden nicht geschreddert, sondern so zerlegt, dass die Wafer unversehrt blieben. „Wiederverwertete Wafer verkürzen die Energierücklaufzeit um bis zu 30 Prozent“, so das positive Resümee von Wambach, der zugleich Präsident von PV Cycle ist. Damit ist die Zeit gemeint, die eine Solaranlage benötigt, um so viel Energie zu erzeugen, wie für ihre Herstellung benötigt wurde. Je nach verwendeter Technologie und Standort variiert die Rücklaufzeit in Europa zwischen acht Monaten und bis zu fünf Jahren.	2009 wurden die Altmodule aus dem belgischen Solarpark Chevetogne recycelt.	
10	Auch First Solar, ebenfalls Mitglied bei PV Cycle, kann praktische Erfahrung vorweisen. Der amerikanische Hersteller hat auf eigene Kappe mit der Wiederverwertung begonnen, recycelt derzeit hauptsächlich Bruch- und Ausschussware.	Auch die US-Firma First Solar recycelt, bisher hauptsächlich Bruch- und Ausschussware.	8
	First Solar verbindet ein besonderes Interesse mit einem reibungslosen Entsorgungssystem. Als ein Hersteller von CdTe-Modulen fürchtet man eine Gängelung durch Elektroschrottrichtlinien wie WEEE besonders.	Sie hat besonderes Interesse an einem reibungslosen Entsorgungssystem: Als Hersteller von CdTe-Modulen fürchtet sie ein Stoffverbot besonders.	
	Würden ihre Module unkontrolliert auf Deponien landen, bestünde die Gefahr, dass die EU gar mit einem Verbot für den Einsatz von Cadmiumtellurid reagieren könnte. Bei vielen Elektrogeräten ist dies bereits der Fall. Ein vorbildliches Recycling nimmt da viel Wind aus den Segeln.	Cadmium ist Teil des Halbleiters und damit Herzstück der US-Module. Würde die EU das lichtsammelnde Element untersagen, wäre dies das Aus für die billige Technik. Der Konzern müsste seine Produktion mühsam umstellen.	
11	Entsprechend perfekt wirkt das Konzept, das Lisa Krueger von First Solar vorstellt: Bilder vom Werk mit Schredder und Sortieranlagen, ausgerüstet mit speziellen Filtersystemen, um die Stäube aufzufangen.	Entsprechend viel Mühe hat sich First Solar mit seinem Recycling-Konzept gegeben:	9
	„Wir können 95 Prozent der Halbleiter wiedergewinnen und 90 Prozent des Glases verwenden.“	„Wir können 95 Prozent der Halbleiter wiedergewinnen und 90 Prozent des Glases verwenden“, sagt Lisa Krueger, Vizepräsidentin des Geschäftsbereichs Nachhaltige Entwicklung.	
	Die Recyclingkosten werden zu 100 Prozent durch den Verkauf abgedeckt, weil wir bereits einen Teil des Verkaufserlöses in einen zweckgebundenen unabhängigen Fonds legen.“	Die Recyclingkosten würden zu 100 Prozent durch den Verkauf abgedeckt, weil ein Teil des Verkaufserlöses in einen zweckgebundenen unabhängigen Fonds fließe.	
	Dadurch stelle man sicher, dass das Recycling von CdTe-Modulen selbst im Falle der Insolvenz von First Solar gewährleistet werde. Jedes Modul trage eine Adresse und Anschrift, erklärt Lisa Krueger. Per E-Mail oder Telefon brauche man	So stelle First Solar sicher, dass die CdTe-Module auch im Falle einer Insolvenz recycelt würden.	

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	Spiegel (25.4.2010)	Abs
	sich nur zu melden, und schon werde jedes Modul abgeholt und recycelt. „Für den Kunden ist das kostenlos“, erklärt die Vize-Präsidentin der Abteilung „Nachhaltige Entwicklung“. Mit welchen Kosten First Solar rechnet, wie viel die Firma vom Verkaufserlös zurücklegt, das verrät Krueger nicht.		
	Wann haben Module ausgedient?	Teures Geschäft mit vielen Unbekannten	
12	Aber sowohl Sunicon wie auch First Solar verarbeiten derzeit noch homöopathische Mengen, verglichen mit dem, was in einigen Jahren einmal auf die Solarbranche zurollen wird.	Doch verglichen mit den vielen Altmodulen, die in einigen Jahren auflaufen werden, verarbeiten Sunicon und First Solar bisher nur geringe Mengen.	10
	Jan Clyncke: „2010 rechnen wir in ganz Europa mit 5000 Tonnen.“	„2010 rechnen wir in ganz Europa mit 5000 Tonnen“, sagt PV-Cycle-Geschäftsführer Jan Clyncke.	
	Ab 2015 werde die erste große Welle ausgedienter Module auflaufen. 2020, so schätzt Clyncke, könnten es dann bereits 35 000 Tonnen jährlich sein.	Ab 2015 werde die erste große Welle ausgedienter Paneele auflaufen, 2020 könnten es dann bereits 35.000 Tonnen jährlich sein.	
13	Mengen, die Fluch und Segen zugleich sind. Um die Recyclingkosten für 2010 zu decken, rechne man mit 24 Cent pro Kilogramm, also etwa fünf Euro pro Modul.		
	Rentabel arbeite eine Recyclinganlage erst ab 20 000 Tonnen im Jahr, schließt Karsten Wambach aus den Erfahrungen mit der Pilotanlage.	Eine Recyclinganlage arbeite erst ab 20.000 Tonnen im Jahr rentabel, erklärt Wambach.	11
	Das entspricht dem Rücklauf einer installierten PV-Leistung von 200 Megawatt oder mehr als einer Million Module.	Das entspricht dem Rücklauf von 20 MW Photovoltaik-Leistung oder mehr als einer Millionen Modulen.	
14	Der PV-Recycler in spe kann sich aber schon mal auf ein Geschäft mit vielen Unbekannten einstellen.	Die PV-Recycler in spe müssen sich auf ein teures Geschäft mit vielen Unbekannten einstellen:	
		Und diese Rechnung geht nur bei den gegenwärtigen Energie- und Rohstoffpreisen auf: Werden Glas und Metalle billiger oder die für die Stofftrennung benötigte Energie teurer, müssten noch größere Mengen recycelt werden, damit die Anlagen sich rentieren.	12
		Zudem sind bei der Wiederverwertung organisatorische und technische Probleme zu erwarten:	13
	Denn wer weiß schon wirklich, wie lange die noch junge Photovoltaiktechnologie überhaupt Strom produzieren kann? 20 Jahre, oder doch 30, wie viele Hersteller prognostizieren? Oder toppen Solarstromanlagen am Ende gar die Laufzeit von Atomkraftwerken und halten 40 Jahre durch? Eine weitere Frage in diesem Kontext: Wann entschließt sich ein Betreiber, seine Paneele zu entsorgen? Das Beispiel Chevetogne verdeutlicht, dass Außerbetriebsetzung und Abbau zeitlich weit auseinander liegen können. „Dieser alte belgische Solarpark war bereits fünf Jahre vom	Nach wie vielen Arbeitsjahren müssen Module recycelt werden? Wann entschließt sich ein Betreiber, seine Paneele zu entsorgen - nach 20 oder erst nach 30 Jahren?	

Abs	Neue Energie (3 / 2010)	Spiegel (25.4.2010)	Abs
	Netz, als man sich entschloss, die Module zu recyceln", sagt Wambach.		
15	Und es lauern weitere Unbekannte.		
	<p>In welchem Zustand werden die Paneele geliefert? Unversehrt, so wie es sich die Recycler wünschen, damit sie die verschiedenen Techniken CIGS, CdTe und kristallin vorsortieren können. Oder als kunterbunter Scherbenhaufen. Dann müsse man sich schon mal darauf einrichten, dass das Recyceln doppelt schwierig werde und das Endprodukt geringere Qualität habe, so Wambachs Erfahrung mit der Pilotanlage in Freiberg.</p>	<p>In welchem Zustand werden die Paneele geliefert - unversehrt, wie es sich die Recycler wünschen, damit sie die verschiedenen Techniken, Silizium- oder Dünnschichtmodule, vorsortieren können? Oder kommen sie als Scherbenhaufen?</p>	
16	<p>Und was, wenn der Verbraucher seine Solarmodule fälschlich im Glascontainer entsorgt? Dann landen sie zum Beispiel im Schredder bei Reiling Glas Recycling. In deren Werk im sächsischen Torgau findet man heute zwischen Autoglas und Fensterscheiben schon die ein oder andere Solarpaneele: „Mengenmäßig sind wir bereits am Anschlag“, wertet Roland Pohl, Abteilungsleiter bei Reiling, den Anteil an Paneelen, der gerade noch akzeptiert werden könne. Die Chargen mit Solarmodulen würden aufgrund der Zusammensetzung chemische Probleme bereiten und zu geringerer Qualität führen. „Glas, das sich dann kaum noch vermarkten lässt“, warnt Pohl. Und dabei habe man es bisher bloß mit kristallinen Modulen zu tun: „Was, wenn auch die Cadmium- und Kupferbasierten bei uns im Brecher landen?“</p>		
17	<p>Mindere Qualität der Recycling-Produkte könnte zu einem ziemlichen Hoffnungsdämpfer für PV Cycle werden. Vom ökonomischen Nutzen durch Recycling hat schon so manch einer Luftschlöcker gezeichnet. Etwa wenn es um die Möglichkeit geht, Rohstoffkosten zu sparen. Und was tun, wenn, wie beim Silizium geschehen, die Rohstoffpreise in den Keller rauschen? Oder wenn der Energieeinsatz zur Stofftrennung so hoch ist, dass gar die ökologische Bilanz in Schiefelage gerät? Man müsse sich noch klar werden, bis zu welchem Grad sich Recycling überhaupt lohnt, räumt Karsten Wambach ein. Sonst werde man das zweite Grün am Ende zu teuer bezahlen.</p>	<p>Das Solar-Recycling steht also noch vor großen Herausforderungen. Obendrein wird es zurzeit von manchen Unternehmen zum Schutz der eigenen Produktionsverfahren instrumentalisiert. Wirklich grün ist die Solarbranche noch lange nicht.</p>	14