

Abs	Neue Energie (3 / 2011)	ÖKO-Test (5 / 2011)	Abs
	Solar Schredder oder Säurebad (Sascha Rentzing)	Solarzellenrecycling Neues Leben für alte Module (Sascha Rentzing)	
0	Das Recycling ausgedienter Solarmodule steht erst am Anfang. Doch das freiwillige Rücknahmesystem der Solarbranche, PV Cycle, macht Fortschritte: Effizientere Verfahren senken die Kosten für die Wiederaufbereitung , Investoren suchen Standorte für ihre Fabriken.	Solarpaneele sind als Abfall alles andere als grün. Die Branche will sie daher freiwillig recyceln. Technisch gibt es bereits praxistaugliche Verfahren . Wir stellen die interessantesten vor.	0
1	Die Sonne hat der Region Ostbrandenburg nach dem Niedergang der DDR und dem Scheitern der Halbleiterindustrie wieder hoch geholfen. Mit Conergy, First Solar und Odersun haben in Frankfurt an der Oder in den letzten fünf Jahren gleich drei bedeutende Photovoltaik-Hersteller ihre Produktion aufgebaut. Dank ihrer Aufträge konnten sich auch in der benachbarten Stahlhochburg Eisenhüttenstadt viele Maschinenbauer und Metallanbieter etablieren. Die beeindruckende Bilanz in der Region: Photovoltaik (PV) brachte hunderte neue, zukunftssichere Jobs und spült über Gewerbesteuererinnahmen dringend benötigtes Geld in die klammen Gemeindekassen.	Wohin mit ausgedienten Modulen? Früher oder später müssen sich die Betreiber von Solaranlagen über deren Entsorgung Gedanken machen. So viel steht fest: Harmloser Hausmüll sind die schillernden Öko-Strom-Erzeuger nicht, denn sie setzen sich aus vielen giftigen Komponenten zusammen. Sie dienen Atomstromanhängern dazu, unter der Überschrift „Gift auf dem Dach“ Stimmung gegen den Sonnenstrom zu machen. Eine Siliciumkachel besteht zu 60 Prozent aus Glas, 30 Prozent machen Kunststoffe für Lamine, Folien, Kabel und die Anschlussbox sowie das Aluminium für den Rahmen aus. Die Zellen sind mit Kontakten aus Silber versehen und werden mit anderen Zellen mittels Blei verlötet. Nur zehn Prozent entfallen auf den eigentlichen Halbleiter Silicium.	1
	Weltweit gibt es eine Solar-Recyclingfabrik im industriellen Maßstab		
2	Frankfurt und Eisenhüttenstadt wollen sich mit ihren bisherigen Erfolgen nicht zufrieden geben. Nach den Produzenten sollen jetzt auch Firmen an die Oder geholt werden, die Solarmodule nach ihrer Lebenszeit wiederaufbereiten. Deshalb reisten die Oberbürgermeister beider Städte Ende Januar nach Madrid, um auf der 2. Internationalen PV-Modul-Recycling-Konferenz für die Ansiedlung einer Recyclingfabrik für Siliziumsolarmodule in der Region zu werben. „PV-Recycling gilt innerhalb der boomenden solaren Wertschöpfungskette als zukünftiger Wachstumsmarkt“, erklärt Frankfurts OB Martin Wilke seinen Auftritt in Spanien.	Dünnschichtmodule sind nicht unbedenklicher: Einige bestehen aus Cadmium-Tellurid (CdTe), einer Verbindung aus zwei Elementen, die umwelt- und gesundheitsschädlich sind, wenn sie freigesetzt werden. Andere basieren auf Kupfer. Ihnen wird – je nach Prozess – Indium, Gallium, Selen oder Schwefel beigegeben sowie hochgiftiges Cadmiumsulfid, das die Absorberschicht schützt. Demnach ähneln Module in ihrer Zusammensetzung anderen Elektrogeräten, wie zum Beispiel Flachbildschirmen. Während die EU schon jetzt die Hersteller von Fernsehern, Handys und Laptops mit der Elektronikschrott-Richtlinie verpflichtet, ihre Altgeräte fachgerecht zu entsorgen, also zumindest zum Teil zu recyceln, gibt es für Solarschrott bisher keine gesetzliche Rücknahmepflicht. Bei kleinen Mengen ist meist nur eine Abgabe auf den kommunalen Wertstoffhöfen möglich, auch Entsorgungsbetriebe nehmen Altmodule oft ab.	2
		Die Situation könnte sich aber bald ändern: Umweltschützer sowie die mächtige Interessengruppe Non-Toxic Solar Alliance (NTSA) , der namhafte Wissenschaftler	3

Abs	Neue Energie (3 / 2011)	ÖKO-Test (5 / 2011)	Abs
		<p>angehören, fordern eine Ausweitung des Cadmiumverbots auf Solarzellen. „Ich halte es für höchst fragwürdig und nicht nachvollziehbar, warum ausgerechnet die Photovoltaik als grüne Technologie von einer Umweltrichtlinie ausgenommen werden soll“, sagt NTSA-Mitglied Jürgen Werner, Leiter des Instituts für Physikalische Elektronik der Universität Stuttgart. EU-Politiker lässt die Kritik nicht unbeeindruckt: „Es wird erwogen, Solarmodule in den Anwendungsbereich der Elektronikschrott-Richtlinie aufzunehmen“, sagt Constanze Beckerhoff, Sprecherin des EU-Parlaments. Der Rat habe sich bereits dafür ausgesprochen.</p>	
3	<p>Das Timing für die Bewerbung ist perfekt. Die Europäische Union erwägt immer noch ein Giftstoffverbot für Solarmodule.</p>		
	<p>Um das zu verhindern, wollen PV-Hersteller und -Importeure in Europa ein freiwilliges Rücknahme- und Recyclingsystem etablieren (neue energie 3/2010).</p>	<p>Um für diesen Fall vorbereitet zu sein, arbeiten die Photovoltaik-(PV)-Hersteller und -Importeure in Europa an einem freiwilligen Rücknahme- und Recyclingsystem.</p>	4
	<p>„Die Branche hat sich die Selbstverpflichtung auferlegt, ‚doppelt grün‘ zu handeln: Zum einen natürlich durch die Bereitstellung von sauberer Energie, zum anderen indem sie gewährleistet, dass aus den heute gegen den Klimawandel eingesetzten Lösungen keine Entsorgungsprobleme für kommende Generationen erwachsen“, erklärt Karsten Wambach. Er ist Geschäftsführer der Solarworld-Tochter Sunicon, die in Freiberg seit 2004 eine Pilotanlage zur Aufbereitung von Siliziummodulen betreibt, und Präsident des Verbands PV Cycle, der das Recycling in Europa organisieren soll.</p>	<p>„Die Branche hat sich die Selbstverpflichtung auferlegt, doppelt grün zu handeln: Zum einen durch die Bereitstellung von sauberer Sonnenenergie, zum anderen indem sie gewährleistet, dass aus den heute gegen den Klimawandel eingesetzten Lösungen keine Entsorgungsprobleme für kommende Generationen erwachsen“, erklärt Karsten Wambach. Er ist Geschäftsführer der Solarworld-Tochter Sunicon, die in Freiberg seit 2004 eine Pilotanlage zur Aufbereitung von Siliziummodulen betreibt, und Präsident des Verbands PV Cycle, der das Recycling in Europa organisieren soll.</p>	
		Erste Altmodulwelle rollt an	
4	<p>Die Zeit drängt: Ab 2015 laufe die erste große Welle ausgedienter Module auf, schätzt Wambach. Ab 2020 könnten bereits 35 000 Tonnen jährlich anfallen. Das entspricht einem Rücklauf von 350 Megawatt (MW) PV-Leistung oder fast zwei Millionen Modulen. Dafür muss die nötige Infrastruktur aufgebaut werden.</p>	<p>Die Zeit drängt: Ab 2015 laufe die erste große Welle ausgedienter Module auf, schätzt Wambach. Ab 2020 könnten bereits 35.000 Tonnen jährlich anfallen. Das entspricht einem Rücklauf von 350 Megawatt (MW) PV-Leistung oder fast zwei Millionen Modulen. Dafür muss die nötige Infrastruktur aufgebaut werden. Zwar ist das Solarrecycling bereits voriges Jahr angelaufen. Wer alte Solarplatten entsorgen will, muss sie also nicht mehr wie Sonderabfall behandeln, sondern kann sie zu einer der 95 Sammelstellen in Europa bringen.</p>	5
	<p>Denn bisher betreibt in Europa nur Dünnschichthersteller First Solar eine Anlage in industriellem Maßstab. Und die nützt den Siliziumherstellern nichts, da sie nur First Solars eigene Cadmium-Tellurid-Paneele (CdTe)</p>	<p>Doch gibt es in Europa bisher nur zwei Recycler, die Altmodule in ihre Einzelteile zerlegen und die Rohstoffe in den Kreislauf zurückführen: Die sächsische Sunicon und die US-Firma First Solar, die in Frankfurt an der Oder</p>	

Abs	Neue Energie (3 / 2011)	ÖKO-Test (5 / 2011)	Abs
	verarbeiten kann.	Dünnschichtmodule produziert und recycelt.	
5	Hersteller wie unabhängige Recyclingspezialisten suchen deshalb eifrig nach geeigneten Standorten. Die Oder-Region steht bei den Firmen dank ihrer Nähe zu vielen großen PV-Produzenten und attraktiven Förderquoten offenbar hoch im Kurs.	Um ein Recycling im großen Stil zu ermöglichen, suchen Hersteller wie unabhängige Recyclingspezialisten eifrig nach weiteren Standorten. Besonders die ostdeutsche Oder-Region ist wegen ihrer Nähe zu vielen großen PV-Produzenten ins Visier der Firmen gerückt.	6
	„Wir sind im Gespräch mit Unternehmen aus dem Bereich Solarrecycling“, bestätigt Christopher Nüßlein vom Investor Center Ostbrandenburg.	„Wir sind im Gespräch mit Unternehmen aus dem Bereich Solarrecycling“, bestätigt Christopher Nüßlein vom Investor Center Ostbrandenburg in Frankfurt an der Oder.	
6	Allerdings könnte sich eine Recyclingfabrik auch als Bürde erweisen. Noch ist völlig unklar, ob sich das Sammeln, Transportieren und Zerlegen alter Solarplatten überhaupt wirtschaftlich lohnt. Bei heutigem Stand der Technik arbeite eine Aufbereitungsanlage erst ab 20 000 Tonnen im Jahr rentabel, erklärt Wambach.	Allerdings könnte sich eine neue Recycling-Fabrik auch als große Bürde erweisen. Noch ist völlig unklar, ob sich das Sammeln, Transportieren und Zerlegen alter Solarplatten überhaupt wirtschaftlich lohnt. Eine Recyclinganlage 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. Werden Glas und Metalle billiger oder die für die Stofftrennung benötigte Energie teurer, müssten größere Mengen recycelt werden, damit sich die Anlagen rechnen.	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 sich die Anlagen rechnen.	
	Die Recycler in spe erwarten auch organisatorische und technische Probleme:	Die Recycler in spe erwarten auch organisatorische und technische Probleme: Wie viele Altanlagenbetreiber werden beim Recycling überhaupt mitmachen? Immerhin erwarten auch sie Unannehmlichkeiten und Kosten.	7
	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 angeliefert – unversehrt, wie es sich die Recycler wünschen, damit sie diese leichter handhaben können? Oder kommen sie als Scherbenhaufen?	Nach wie vielen Arbeitsjahren haben Module ausgedient? Wann entschließt sich ein Betreiber, seine Paneele zu entsorgen – nach 20 oder erst nach 30 Jahren? In welchem Zustand werden die Paneele angeliefert?	
7	Trotz der vielen Fragezeichen glaubt die Solarbranche fest an einen Erfolg ihres freiwilligen Rücknahmesystems. PV Cycle wächst stetig – inzwischen gehören dem Verband mehr als 100 Firmen an, die etwa 90 Prozent des Weltmarkts abbilden. Gleichzeitig habe sich die Qualität der Rücknahme- und Recyclinginitiativen enorm verbessert, sagte PV-Cycle-Direktor Jan Clyncke in Madrid.	Trotz der vielen Fragezeichen glaubt die Solarbranche fest an einen Erfolg ihres freiwilligen Rücknahmesystems. PV Cycle wächst stetig – inzwischen gehören dem Verband mehr als 100 Mitgliedsfirmen an, die etwa 90 Prozent des Weltmarkts abbilden. Gleichzeitig habe sich die Qualität der Rücknahme- und Recyclinginitiativen enorm verbessert, sagt PV-Cycle-Direktor Jan Clyncke.	8
	„Daher rechnen wir in nächster Zeit mit noch mehr Weiterentwicklungen, die höchste Effizienz und Tempo bringen.“	„Daher rechnen wir in nächster Zeit mit noch mehr Weiterentwicklungen, die höchste Effizienz und Tempo bringen.“	
	Erst ab 20 000 Tonnen Material jährlich arbeitet eine Fabrik wirtschaftlich		
8	Technische Fortschritte erzielen nicht nur	Technische Fortschritte erzielen nicht nur	9

Abs	Neue Energie (3 / 2011)	ÖKO-Test (5 / 2011)	Abs
	europäische Firmen. Der japanische Konzern Showa Shell Sekiyu zum Beispiel will in den kommenden fünf Jahren serientaugliche Recyclingprozesse für Dünnschichtmodule aus Kupfer, Indium und Selen (CIS) entwickeln. So kann er zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen: nachhaltig wirtschaften und ihre Rohstoffversorgung sicherstellen.	europäische Firmen. Der japanische Konzern Showa Shell Sekiyu zum Beispiel will in den kommenden fünf Jahren serientaugliche Recyclingprozesse für Dünnschichtmodule aus Kupfer, Indium und Selen entwickeln. So kann er zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen: nachhaltig wirtschaften und seine Rohstoffversorgung sicherstellen.	
	Konzerntochter Solar Frontier will dieses Jahr bereits 900 MW CIS-Module herstellen und ihre Produktionskapazitäten stetig ausbauen. Ohne Recycling würde das Unternehmen wohl massive Probleme bei der Beschaffung der knappen Absorber bekommen, vor allem bei Indium (neue energie 12/2008).	Seltene Metalle im Visier Konzerntochter Solar Frontier hat im Februar dieses Jahres ein Werk mit 900 MW Kapazität in Betrieb genommen und will seine Produktionskapazitäten stetig ausbauen. Ohne Recycling drohen dem Unternehmen massive Probleme bei der Beschaffung der knappen Absorber, vor allem des Indiums. Der Weltvorrat an seltenen Metallen wie Indium oder Tellur gehen langsam zur Neige, da neben der Solarindustrie auch die Halbleiter- sowie die Elektrobranche wachsende Mengen benötigen. Experten rechnen daher mit weiter steigenden Preisen für die begehrten Rohstoffe. Gerade für die Dünnschichthersteller kann das Recycling daher wirtschaftlich attraktiv sein.	10
9	Für Dünnschichtproduzenten, die kein eigenes Verfahren entwickeln wollen, hält der kanadische Metallanbieter 5N Plus Lösungen für die Wiedergewinnung von CdTe und CIS bereit.	Für Dünnschichtproduzenten, die kein eigenes Recyclingverfahren entwickeln wollen, hält der kanadische Metallanbieter 5N Plus Lösungen für die Wiedergewinnung bereit.	11
	Nach dem Zerkleinern der ausgedienten Module löst 5N Plus den Halbleiter vom zerkleinerten Glas. Dabei entsteht ein Filterkuchen mit einem Halbleiteranteil von 95 Prozent. Dieser Kuchen wird schließlich raffiniert, sodass am Ende des Prozesses wieder Substanzen mit fast 100-prozentiger Reinheit zur Verfügung stehen. Vor allem CdTe-Hersteller zeigen Interesse an dem Verfahren.	Nach dem Zerkleinern der ausgedienten Module löst 5N Plus den Halbleiter vom zerkleinerten Glas. Dabei entsteht ein Filterkuchen mit einem Halbleiteranteil von 95 Prozent. Dieser Kuchen wird schließlich raffiniert, sodass am Ende des Prozesses wieder Substanzen mit fast 100-prozentiger Reinheit zur Verfügung stehen.	
	Derzeit errichtet 5N Plus im US-Bundesstaat Wisconsin eine Recyclingfabrik, in der nach Firmenangaben künftig unter anderem CdTe-Module des US-Produzenten Abound Solar aufbereitet werden sollen. Auch First Solar zählt zu den Kunden von 5N Plus. Allerdings nutzt der Dünnschichtmarktführer nur den Raffinierungsprozess der Kanadier. Für das mechanische Auftrennen der Paneele und Lösen des Halbleiters hat First Solar ein eigenes Verfahren entwickelt, das die Firma in ihren drei Produktionsstätten Perrysburg, Frankfurt an der Oder und Malaysia bereits industriell anwendet.	Derzeit errichtet 5N Plus im US-Bundesstaat Wisconsin eine Recyclingfabrik.	
10	First Solar hat neben Sunicon die meiste Erfahrung – bis dato haben die Amerikaner mehrere tausend Tonnen Module und Produktionsabfälle wiederaufbereitet.	Der Recycler mit der meisten Erfahrung neben Sunicon ist First Solar – bis dato haben die Amerikaner 28.000 Tonnen Module und Produktionsabfälle wiederaufbereitet. Dennoch	12

Abs	Neue Energie (3 / 2011)	ÖKO-Test (5 / 2011)	Abs
		sieht die Firma noch Luft für Innovationen.	
	Höhere Durchsätze, also größere Produktionsmengen pro Zeiteinheit, ließen sich etwa durch Beschleunigung des Lösungsprozesses erreichen, erklärt Andreas Wade, Direktor für nachhaltige Entwicklung.	Höhere Durchsätze zum Beispiel, also größere Produktionsmengen pro Zeiteinheit, ließen sich etwa durch Beschleunigung des Lösungsprozesses erreichen, erklärt Andreas Wade, Direktor für Nachhaltige Entwicklung.	
	„Unser Team arbeitet kontinuierlich an Verbesserungen.“ Bei der Suche nach dem optimalen Prozess bleibe First Solar zudem „offen für Neuentwicklungen unabhängiger Anbieter“, so Wade.	„Unser Team arbeitet kontinuierlich an Verbesserungen.“ Bei der Suche nach dem optimalen Prozess bleibe First Solar aber auch weiterhin „offen für Neuentwicklungen unabhängiger Anbieter“, so Wade.	13
	2020 könnten in Europa insgesamt 35 000 Tonnen Recyclingmaterial anfallen		
11	Ein potenzieller Zulieferer ist die sächsische Firma Loser Chemie, die ein nach eigenen Angaben einmaliges Verfahren zum Recycling von Produktionsabfällen und kompletten Altmodulen gefunden hat. In einem unscheinbaren Nebengebäude des Unternehmens wird Glasschrott aus alten PV-Anlagen angeliefert, um seine Bestandteile in einer Pilotlinie mit zehn Tonnen Jahres kapazität zu recyceln.	Ein potenzieller Zulieferer ist die sächsische Firma Loser Chemie, die ein nach eigenen Angaben einmaliges Verfahren zum Recycling von Produktionsabfällen und kompletten Altmodulen gefunden hat. In einem unscheinbaren Nebengebäude des Unternehmens in Hainichen bei Chemnitz wird Glasschrott aus alten PV-Anlagen angeliefert, um seine Bestandteile in einer Pilotlinie mit rund 1,5 Tonnen Tages kapazität zu recyceln.	
	„Uns geht es vor allem um die effiziente Verwertung der Hauptabfallmenge Glas. Denn nur wenn das Glas beim Recycling unbeschädigt bleibt , wird es maximal vergütet und das Recycling lohnt sich“, erklärt Losers chemisch-technischer Leiter Wolfram Palitzsch.	„Uns geht es vor allem um die effiziente Verwertung der Hauptabfallmenge Glas. Denn nur wenn das Glas durch den Prozess richtig sauber wird , kann es maximal vergütet werden und das Recycling lohnt sich“, erklärt Losers chemischtechnischer Leiter Wolfram Palitzsch.	
12	Im Gegensatz zu anderen Anbietern schreddert Loser die Module nicht, sondern befreit das Glas zunächst von Kunststoffen und löst die Halbleiter in einem Säurebad , sodass am Ende reines Weißglas zur Verfügung steht. Die Halbleitersubstanzen reichern sich in der Lösung an, bis eine bestimmte Konzentration an Selen , Indium und Co erreicht ist. Anschließend werden die Substanzen physikalisch aus dem Bad ausgeschleust oder chemisch ausgefällt . Was die Firma jetzt sucht , ist Unterstützung aus der Politik und industrielle Partner, um das Recycling im großen Stil organisieren zu können. „Bisher war das Interesse der PV-Firmen eher verhalten. Aber es wird mit steigenden Altmodul-Mengen sicher wachsen“, sagt Palitzsch.	In einer speziellen chemischen Lösung löst die Firma die Halbleiter sauber ab, sodass am Ende reines Weißglas zur Verfügung steht. Die Halbleitersubstanzen verbleiben in der Lösung und reichern sich dort immer mehr an, bis eine bestimmte Konzentration an Gallium , Indium und anderen Substanzen erreicht ist. Anschließend können aus der Lösung einzelne reine Metallverbindungen ausgefällt werden, wie zum Beispiel Indiumhydroxid. Inzwischen bekommt die Firma Unterstützung aus der Politik und hat einen industriellen Partner gefunden. Mit der Reiling Unternehmensgruppe will sie das Recycling im großen Stil aufbauen.	14
13	Während im Dünnschichtbereich inzwischen etliche Anbieter serientaugliche Recycling-Lösungen präsentieren, ist im Siliziumbereich Sunicon allein auf weiter Flur.	Während im Dünnschichtbereich inzwischen etliche Anbieter serientaugliche Recyclinglösungen präsentieren, ist beim Silicium Sunicon allein auf weiter Flur.	15
	Eine Erklärung: Das Aufbereiten Kristalliner Siliziummodule ist schlicht aufwändiger. Sunicon benötigt zwei Prozessschritte. Zuerst werden Kunststoffe thermisch entfernt, Glas	Eine Erklärung: Das Aufbereiten kristalliner Siliciummodule ist schlicht aufwendiger. Sunicon benötigt zwei Prozessschritte: Zuerst werden Kunststoffe thermisch entfernt, Glas	

Abs	Neue Energie (3 / 2011)	ÖKO-Test (5 / 2011)	Abs
	und Rahmen demontiert und sortenrein recycelt. In der zweiten Stufe gewinnt die Firma die Wafer zurück, indem sie die Beschichtungen abätzt. Da besonders die thermische Trennung der Kunststoffe viel Energie benötigt und die Modulbestandteile noch manuell separiert werden, arbeitet die Pilotanlage nicht wirtschaftlich.	und Rahmen demontiert und sortenrein recycelt. In der zweiten Stufe gewinnt die Firma die Wafer zurück, indem sie die Beschichtungen abätzt. Da besonders die thermische Trennung der Kunststoffe viel Energie benötigt und die Modulbestandteile noch manuell separiert werden, arbeitet die Pilotanlage nicht wirtschaftlich.	
	Der nächste Schritt soll eine energieoptimierte, automatisierte Anlage sein, die wirtschaftlich arbeitet , so erklärt Sunicon.	Der nächste Schritt soll eine energieoptimierte, automatisierte Anlage sein, die Module wirtschaftlich recycelt , erklärt Sunicon.	16
	Das Unternehmen arbeitet seit sieben Jahren an seinem Verfahren. Startpunkt und Ort einer kommerziellen Wiederaufbereitung stehen nicht fest.	Das Unternehmen arbeitet seit sieben Jahren an seinem Verfahren. Startpunkt und Ort einer kommerziellen Wiederaufbereitung stehen nicht fest.	