

# RESOLAR-Projekt mit interessanten Ergebnissen abgeschlossen

## Pressebericht

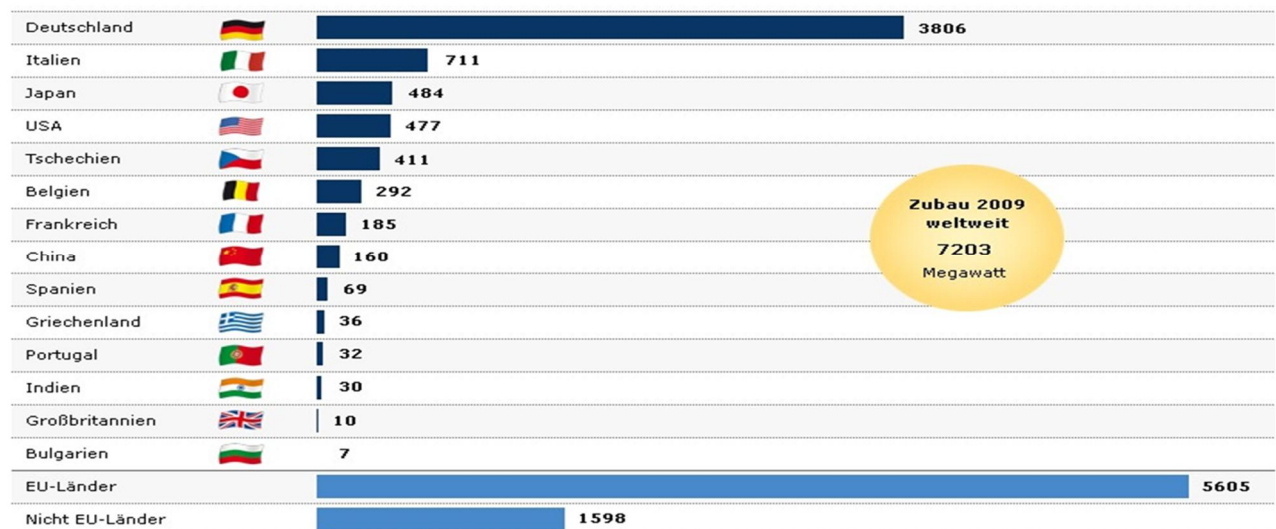
Dr. Beate Kummer

In keiner anderen Branche hat sich in den letzten Jahren die Abhängigkeit von der politischen Unterstützung in so großem Maße gezeigt wie in der Photovoltaikindustrie. Die Branche erlebte in den zurückliegenden Jahren einen wahren Boom: eine saubere Art der Energiegewinnung, bei der allerdings auch Abfall entsteht. In einer Studie der Firma Ökopol (Hamburg) ging man 2007 noch davon aus, dass jährlich zwischen 3.500 und 4.000 Tonnen Altmaterial in Europa zu entsorgen sind und allein bis 2010 die Mengen um das Zehnfache ansteigen werden. Für das Jahr 2030 wurden bis zu 130.000 Tonnen prognostiziert. Dies zu verifizieren, aktuelle Rücknahmemengen und deren Herkunft zu ermitteln sowie Aussagen über eine optimale Entsorgung zu machen, war Ziel des Projektes RESOLAR, das von Hellmann Process Management GmbH & Co. KG, Osnabrück, sowie Kummer:Umweltkommunikation GmbH, Bad Honnef, unter Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) durchgeführt wurde. Absicht des Forschungsvorhabens war auch, die regionalen Gegebenheiten in den Blick zu nehmen, um ggf. die gemeinsame Erfassung mit anderen Abfällen genauer zu betrachten. Anlässlich der EPIA-Konferenz in Madrid Ende Januar 2011 wurden die Projektergebnisse einem breiten Publikum vorgestellt.

Die Zahlen zum Zubau neuer Anlagen sind in der Zwischenzeit gut belastbar, da die neue Solarstromleistung dem jeweiligen Netzbetreiber in den meisten Fällen gemeldet wird. Aktuelle Übersichten können hierzu auf [www.photon.de](http://www.photon.de) eingesehen werden.

### Zubau von Solarstromanlagen in Deutschland und weltweit 2009

In Megawatt



Quelle: EPIA, Stand 2009

Abb.1: Der Zubau von Solarstromanlagen im Ländervergleich (EPIA, 2009).

## **1. Erhebungen bei Entsorgungsanlagen und öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern**

Im Zeitraum Dezember 2009 bis März 2010 wurden Umfragen bzw. Erhebungen zur Rücknahmemöglichkeit und Erfahrungen über die Rückgabe von Photovoltaik-Modulen unter

- öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (örE),
- Deponiebetreibern und Verbrennungsanlagenbetreibern und
- Versatzbergwerke

durchgeführt. Unter allen örE, Deponiebetreibern und Müllverbrennungsanlagenbetreibern wurde eine umfangreiche repräsentative Auswahl getroffen, so dass auch eine realistische Chance für Nacherhebungen und weitere Recherchen gegeben war. Eine Untersuchung unter allen in Deutschland vertretenen Anlagenbetreibern hätte den Rahmen des Projektes gesprengt. Zudem ist anzumerken, dass es sich bei den örE, den MVA-Betreibern und Deponiebetreibern teilweise um einheitliche Adressaten handelt. Manche örE haben jedoch nur einen Recyclinghof oder eine Sammelstelle für Wertstoffe, Sperrmüll und Elektro- und Elektronikschrott. Sinn der Untersuchung war, möglichst viele Rückgabestellen für die in Gewerbebetrieben und Privathaushalten anfallenden Mengen anzusprechen und einen Überblick darüber zu erhalten, wie die Entsorgungssituation heute ist.

Angesprochen wurden insgesamt 138 Adressaten:

- 43 Müllverbrennungsanlagenbetreiber
- 88 Landkreise / Abfallwirtschaftsbetriebe (z.B. Glasaufbereitungsanlagen)
- 7 Betreiber von Versatzbergwerken

Der Rücklauf war mit etwa 50 % sehr vielversprechend, und deshalb konnten bereits erste aufschlussreiche Erkenntnisse gewonnen werden. So gab es in den meisten möglichen Annahmestellen nur wenig Erfahrung mit dem Rücklauf von PV-Module. Wenn bereits einzelne Mengen angenommen worden waren, wurden sie vergleichbar mit Elektroaltgeräten gelagert und teilweise auch über ähnliche Wege entsorgt. Manche Rücknahmestellen verwiesen gar auf das ElektroG, obgleich bis heute keine Rücknahmeverpflichtung gemäß ElektroG besteht. Die Lagerung bei den Annahmestellen und Recyclinghöfen war ebenfalls sehr unterschiedlich, zum Teil fanden sich Gitterboxen, aber auch Container und Mulden, in denen in der Regel die Module nicht bruch sicher gelagert wurden. Die Mengen, die aus Privathaushalten angeliefert wurden, kamen zum überwiegenden Anteil über Handwerks- und Installationsunternehmen, dies jedoch nur in ganz geringen Mengen. Deutlich größere Mengen werden jedoch über die Glasaufbereitungsanlagen verwertet. Nach Erfahrungen aus dem Projekt waren allein in 2010 in einer Glasrecyclinganlage insgesamt 3.000 Tonnen PV-Module angeliefert worden, diese Mengen waren allerdings ausschließlich Produktionsabfälle und keine Altmodule aus den Privathaushalten.

## **2. Die rechtlichen Rahmenbedingungen**

Es sind jeweils europaweit geltende sowie spezielle deutsche Rechtsvorschriften in die Prüfung eingeflossen. Zudem wurden erste Sichtungen zukünftiger Neuregelungen vorgenommen. Derzeit gibt es keine verordnete Rücknahme bzw. andere Rücknahmeverordnungen für die Verwertung/Beseitigung von PV-Modulen. Es gelten in der Abfallphase die allgemein gültigen Vorschriften für eine ordnungsgemäße und hochwertige Abfallentsorgung.

## 2.1 EuP/ Ökodesign-Richtlinie

Die im Juli 2005 erschienene EuP-Rahmenrichtlinie (2005/32/EC - Directive for energy using products) hat zum Ziel, eine Ressourcen schonende, insbesondere energieeffiziente, Produktgestaltung durch geeignete politische Instrumente zu unterstützen. Durch eine Harmonisierung der rechtlichen Rahmenbedingungen sollen Wettbewerbsverzerrungen innerhalb der EU vermieden und die Umweltwirkungen energiebetriebener Produkte reduziert werden. Die Richtlinie, die eine verbesserte Energieeffizienz und allgemeine Umweltverträglichkeit von Elektrogeräten zum Ziel hat, wurde am 6. Juli 2005 erlassen und musste bis zum 11. August 2007 von den Regierungen der EU in nationales Recht umgesetzt werden. Dies geschah in Österreich mit der Ökodesign-Verordnung 2007 und in Deutschland mit dem Energiebetriebene-Produkte-Gesetz. Die Gültigkeit der Richtlinie 2005/32/EG endete am 19. November 2009. Am 20. November 2009 wurde die Nachfolge-Richtlinie 2009/125/EG in Kraft gesetzt, welche bis zum 20. November 2010 umgesetzt werden musste. Die wichtigste Änderung der neuen gegenüber der ursprünglichen Richtlinie besteht darin, dass der Geltungsbereich von energiebetriebenen auf energieverbrauchsrelevante Produkte ausgeweitet wurde. Es können jetzt auch passive Produkte, d.h. solche, die einen Einfluss auf die Energieeffizienz haben können, geregelt werden. Ein Beispiel hierfür sind Dämmstoffe.

Energiebetriebene Produkte, die folgende Kriterien erfüllen, können grundsätzlich von der Richtlinie betroffen sein:

- Jährliches Verkaufsvolumen in der EU von mindestens 200.000 Stück.
- Erhebliche Umweltauswirkungen des jeweiligen Produkts gemäß den im Beschluss Nr.1600/2002/EG festgelegten strategischen Prioritäten der Gemeinschaft.
- Erhebliches Potential für eine Verbesserung der Umweltverträglichkeit zu vertretbaren Kosten.

## 2.2 Abfallrahmenrichtlinie/Kreislaufwirtschaftsgesetz

Die Richtlinie 75/442/EWG des Europäischen Rates vom 15. Juli 1975 über Abfälle ist mehrfach und in wesentlichen Punkten geändert worden. Die Richtlinie 75/442/EWG wurde aufgehoben und durch die Richtlinie 2006/12/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 ersetzt. Die novellierte Abfallrahmenrichtlinie steht im Mittelpunkt abfallpolitischer europäischer Initiativen, Schwerpunktthema ist die Ressourcenschonung sowie die Einhaltung der 5-stufigen Abfallhierarchie. Diese neue europarechtliche Vorschrift muss bis Ende 2010 in nationalstaatliches Recht umgesetzt werden, daraus ergibt sich eine Novellierungspflicht des deutschen Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. Diese schreibt vor, dass Abfälle in erster Linie zu vermeiden sind, zum Zweiten zur Wiederverwendung vorbereitet werden müssen, in nächster Stufe stofflich und energetisch zu verwerten sind und in letzter Hinsicht zu beseitigen sind. In diesem Zusammenhang ist es von großer Bedeutung, dass Metalle und andere endliche Ressourcen vor allem effizienter zu verwenden sind. Im vorliegenden Beispiel sind hier insbesondere die Metalle in den Dünnschichten, seltene Erdenmetalle sowie das Aluminium im Rahmen zu betrachten!!

Darüber hinaus sind neben den grundlegenden Vorschriften der Abfallrahmenrichtlinie und des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) weitere abfallrechtliche Vorschriften anzuwenden. Zudem existiert eine EU-Rohstoffstrategie, die bei der Herstellung und Nutzung der PV-Module betrachtet werden muss. Daneben gelten weitere abfallrechtliche und stoffrechtliche Vorschriften, die im Folgenden näher ausgeführt werden.

### 2.3 WEEE/RoHS – Richtlinie zur Entsorgung von Elektroaltgeräten

In den letzten Jahren wurde immer wieder die Aufnahme von Photovoltaik-Modulen in den Geltungsbereich der WEEE diskutiert. Die **WEEE**-Richtlinie (von engl.: *Waste Electrical and Electronic Equipment*) ist die EG-Richtlinie 2002/96/EG zur Reduktion der zunehmenden Menge an Elektronikschrott aus nicht mehr benutzten Elektro- und Elektronikgeräten. Ziel ist das Vermeiden, Verringern sowie umweltverträgliche Entsorgen der zunehmenden Mengen an Elektronikschrott durch eine erweiterte Herstellerverantwortung.

Die Anwendung der WEEE auf die Herstellung der PV-Module befand sich erneut im europäischen Diskussionsprozess, in der jüngst verabschiedeten Revision jedoch aus dem Anwendungsbereich ausgenommen. Falls die Hersteller zukünftig betroffen sein werden, muss eine Einsammlung privat anfallender Module über öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger erfolgen.

PV-Module unterliegen auch nicht der EU-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe (RoHS . Restriction of the Use of Hazardous Substances), die die Verwendung von sechs gefährlichen Stoffen in bestimmten Produktkategorien einschränkt. Im Rahmen eines gesetzlich angeordneten Überarbeitungsverfahrens schlug die Europäische Kommission am 3. Dezember 2008 eine Revision sowohl der WEEE- als auch der RoHS-Verordnung vor. Die Revisionen enthielten keine Vorschläge zur Berücksichtigung von Solarmodulen durch die Verordnungen. Als Teil des üblichen EU-Gesetzgebungsverfahrens ("Mitentscheidungsverfahren") wurden die Vorschläge im Europäischen Parlament und dem Europäischen Rat, der die 27 EU-Mitgliedsstaaten (Länder) repräsentiert, beraten. Der Europäische Rat und das Europäische Parlament erwägen immer wieder, die RoHS- und WEEE-Richtlinien so zu formulieren, dass künftig alle Elektro- und Elektronikgeräte (Electrical and Electronic Equipment . EEE) unter diese Richtlinien fallen, sofern sie nicht spezifisch davon ausgeschlossen oder befreit werden. Am 2. Juni 2010 stimmte der Unterausschuss des Europäischen Parlaments für den Ausschluss von erneuerbaren Energien von der RoHS-Richtlinie und am 23. Juni 2010 für den Ausschluss von Photovoltaik-Modulen von der WEEE-Richtlinie. Dieser Ausschluss unterliegt allerdings einem Prüfungsauftrag und kann in den nächsten Jahren revidiert werden, wenn die von PV CYCLE abgegebene Selbstverpflichtung (siehe Einschub) zur Rücknahme und Entsorgung nicht wirken sollte.

#### **Einschub zu PV CYCLE:**

In Bezug auf WEEE hat die Photovoltaikindustrie erkannt, dass PV-Abfall in Europa in ca. 10-15 Jahren, wenn größere Mengen von Modulen das Ende ihrer Lebensdauer erreichen, ein Problem darstellen wird. Aus diesem Grund hat die Photovoltaikindustrie ein industrieweites freiwilliges Rücknahme- und Recyclingsystem (PV CYCLE) entwickelt. Im Laufe des Jahres 2010 wird PV CYCLE in Deutschland mit der Rücknahme und dem Recycling beginnen und das Programm anschließend auf weitere Märkte ausdehnen, also bereits lange bevor nennenswerte Mengen an PV-Modulen das erwartete Ende ihrer Lebensdauer erreichen.

### 2.4 Abfallverzeichnisverordnung

Die Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (AVV) ist beim Entsorgen der PV-Module anzuwenden. Am 1. Februar 2007 wurden mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zur Vereinfachung der abfallrechtlichen Überwachung vom 15. Juli 2006 Änderungen in der Abfallverzeichnis-Verordnung, im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz und anderen Verordnungen wirksam. In der Diskussion standen im Rahmen des Projektes folgende Abfallschlüsselnummern (je nach Herkunft und Anfallstelle), jedoch wird empfohlen, sich auf einheitliche Schlüsselnummern zu einigen:

- É 160120 Glas
- É 160122 Bauteile a.n.g.
- É 160303\* anorganische Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten
- É 160304 anorganische Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 160303 fallen
- É 170202 Glas
- É 170204\* Glas, Kunststoff und Holz, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind
- É 170407 gemischte Metalle
- É 170904 gemischte Bau- und Abbruchabfälle
- É 200135\* gebrauchte elektrische und elektronische Geräte, die gefährliche Bestandteile enthalten, mit Ausnahme derjenigen, die unter 200121 und 200133 fallen.

## 2.5 Nachweisverfahren/Registerpflichten

Das Gesetz zur Vereinfachung der abfallrechtlichen Überwachung vom 15. Juli 2006 (BGBl I, Seite 1619) und die Verordnung zur Vereinfachung der abfallrechtlichen Überwachung vom 20. Oktober 2006 BGBl I, Seite 2298) sind bei der Entsorgung (Transport/Einsammlung, Verwertung/Beseitigung) anzuwenden, wenn PV-Module (oder einzelne Bauteile) als gefährlicher Abfall eingestuft werden (siehe Ausführungen zu Kapitel 2.6). Registerpflichten betreffen in jedem Fall die Entsorger, im Falle der Einstufung als gefährlicher Abfall auch die Beförderer und Erzeuger des Abfalls (nur bei gewerblichen Anfallstellen).

## 2.6 Internationale Abfallverbringung

Das AbfVerbrG - Abfallverbringungsgesetz (Gesetz zur Ablösung des Abfallverbringungsgesetzes und zur Änderung weiterer Rechtsvorschriften (in Kraft getreten am 28. Juli 2007)) sowie die EU-Abfallverbringungsverordnung sind anzuwenden bei grenzüberschreitender Verbringung der PV-Module zur Entsorgung in ausländischen Verwertungs-/Beseitigungsanlagen. Das anzuwendende Verfahren (Notifizierung ja oder nein?) richtet sich nach der Einstufung als

- É grün oder gelb gelisteter Abfall  
(das heißt, ob er als gefährlich oder ungefährlich eingestuft ist)  
z.B. **Grün:** B1010 (Abfälle aus Metallen und Metalllegierungen), GC010 (ausschließlich aus Metallen oder Legierungen bestehende elektrische Geräte und Bauteile), **Gelb:** A2010 Glasabfälle aus Kathodenstrahlröhren oder sonstigen beschichteten Gläsern.

## 2.7 Stoffrecht - REACH-Verordnung

Seit dem 1. Juni 2007 ist die REACH-Verordnung in Kraft. Sie richtet sich an Hersteller, Importeure und Anwender von Stoffen, Gemischen/Zubereitungen und Erzeugnissen. Schwer einschätzbar sind die ökonomischen Auswirkungen, die die EU-weit geltende Chemikalienverordnung REACH noch mit sich bringen wird. Hersteller und Importeure von Chemikalien . so das Ziel . übernehmen in viel größerem Umfang als bisher die Verantwortung für den sicheren Umgang mit Stoffen. Alle chemischen Stoffe, die mindestens in einer Menge von einer Tonne pro Jahr in der EU produziert oder in die EU importiert werden, müssen erfasst und künftig bei der neu gegründeten Europäischen Chemikalienagentur in Helsinki registriert werden. Ein Hersteller/Importeur muss einen Stoff registrieren, wenn dessen Herstellung/Import jährlich eine Tonne überschreitet. Dies ist unabhängig vom Risikopotenzial. Auch Erzeugnishersteller (z.B. Spielzeuge, Automobile,

etc.) sind betroffen und zwar wenn unter regulären bzw. vorhersehbaren Verwendungsbedingungen Stoffe freigesetzt werden sollen. Registrierungspflicht besteht zudem für Erzeugnisse, wenn sie Stoffe mit besonders besorgniserregenden Eigenschaften in Anteilen über 0,1 Prozent enthalten. In unterschiedlichem Ausmaß betrifft REACH damit auch die Distribution und bedeutet zunächst einmal einen hohen bürokratischen Aufwand.

Abfälle sind verordnungsrechtlich generell ausgenommen, Sekundärrohstoffe jedoch nicht. Werden also Stoffe in einem Rückgewinnungsverfahren aufbereitet und wieder in Verkehr gebracht, sind sie von REACH betroffen. Nach Art. 2 Abs. 7 Buchstabe d gilt eine Ausnahme von der Registrierungspflicht (diese Ausnahme gilt nicht für andere REACH-Verpflichtungen). Die meisten Recyclingunternehmen sind deshalb in der komfortablen Situation, dass sie keine aufwändigen Stoffdossiers verfassen müssen, die für die Registrierung notwendig sind. Jedoch nicht alle Recyclingunternehmen können sich in Sicherheit wiegen, dass sie hinsichtlich REACH keine (Registrierungs)- oder sonstige Pflichten haben.

Nach Art. 3 Nr. 3 ist das PV-Modul ein „Erzeugnis“ und damit ein Gegenstand, der bei der Herstellung eine spezifische Form, Oberfläche oder Gestalt erhält, die in größerem Maße als die chemische Zusammensetzung seine Funktion bestimmt. Die Rechtsfolge: Anwendung von Art. 33, Informationspflichten bzgl. der besonders besorgniserregenden Stoffe, Informationspflichten gegenüber Anwendern (auch Endverbraucher („substances of very high concern“ u. a. Stoffe mit CMR- oder PBT-Eigenschaften<sup>1</sup>) und

- É diese in einer Konzentration von mehr als 0,1% und über 1 Tonne pro Jahr in den Erzeugnissen enthalten sind,
- É nicht jedoch, wenn der Hersteller / Importeur des Erzeugnisses ausschließen kann, dass Menschen oder die Umwelt durch den Stoff exponiert werden.

Des Weiteren gilt die REACH-Verordnung mit allen Anhängen. Die REACH-Verordnung geht weit über bestehende Stoffbeschränkungen hinaus. Bei der neuen EU-weit geltenden Vorschrift geht es vielmehr um Anmeldung aller Stoffe, um die sichere Verwendung von Stoffen als solchen, in Zubereitungen und in Erzeugnissen sowie um die Beschränkung einzelner Stoffe, wenn sie nachgewiesenermaßen zu schweren gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Die EU-Kommission und die Europäische Chemikalienagentur gehen davon aus, dass es in der ersten Phase der Umsetzung zu einer Anzeigepflicht von solchen besonders **besorgniserregenden Stoffe** kommt (**Anhang XIV**, Kandidatenliste), derzeit sind mehr als 100 Stoffe in der Diskussion. In einer zweiten Phase werden weitere Stoffe hinzukommen, die zukünftig auch in ihrer Anwendung beschränkt werden können. Dann wären alle Anwendungen betroffen, von Spielzeug, Textilien, Automobilen bis hin zu Elektro- und Elektronikgeräten. Dann würde es auch zu ganz klaren Überschneidungen zwischen REACH und RoHS kommen.

Im Anhang XVII der REACH-Verordnung existieren zudem Stoffverbote sowie Vorschriften zur Beschränkung bei der Nutzung in Endanwendungen. Cd-Beschränkungen-/Verbote (vgl. **CdTe-Zellen**) existieren für zahlreiche Produkte (s. ChemikalienverbotsV, EU-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (RiL 2002/95/EG, RoHS) und Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG, WRRL) sowie im Anhang XVII der REACH-V für Cd und Cd-Verbindungen (CAS-Nr-7440-43-9, EINECS 21-152-8); ob Stoffverbote beim Inverkehrbringen der Dünnschichtmodule anzuwenden sind, hängt von der Konzentration des Cd im Bauteil bzw. Gesamterzeugnis ab und von der Anwendbarkeit zahlreicher Ausnahmen vom Geltungsbereich der Stoffverbote. näher ausgeführt.

### 3. Erfahrungen in den Modellregionen

In verschiedenen Modellregionen sollte schließlich die Praxis bereits heute entsorgter PV-Module gesichtet werden. Es sollten Aussagen über die Mengen, die Art der Herkunft sowie Lagerung getroffen werden können. Bei der Auswahl der Modellregionen war entscheidend, ob es sich um eine eher ländliche Region handelt oder eine städtische und letztendlich auch, in welchem Teil Deutschlands sich die Region befindet. Schließlich hat man sich auf drei Regionen festgelegt, die sich durch die genannten Kriterien

- städtisch/ländlich
- geografisches Vorkommen

unterscheiden.

#### **Solarstadt / Projekt SolarRegion Freiburg**

Freiburg, die südlichste Großstadt Deutschlands, verfügt dank 1.800 Sonnenstunden im Jahr nicht nur über ein fast mediterranes Flair, sondern bietet auch optimale Rahmenbedingungen zur Nutzung der Sonnenenergie. So liegt Freiburg in der Entwicklung und Anwendung der Sonnenenergie mit an der Spitze. Mit dem Projekt SolarRegion Freiburg hat sich die Stadt Freiburg eine führende Stellung in der Anwendung von Solarenergie erworben. Über die Nutzung der umweltfreundlichen Energiequelle hinaus arbeiten Institutionen, Unternehmen und engagierte Bürgerinnen und Bürger gemeinsam mit der Stadt an der nachhaltigen Entwicklung der Region. Ob in den Bereichen Arbeit, Bürgerbeteiligung, Marketing, Tourismus, Bauen, Forschung oder Bildung, überall entfaltet die Sonnenenergie positive Wirkung für die Gesellschaft.

#### **Ostalbkreis**

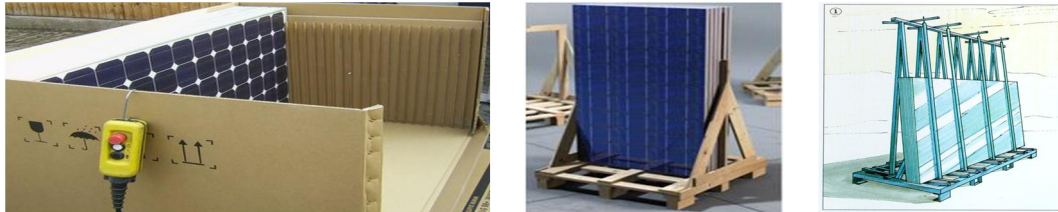
Der Ostalbkreis liegt in Baden-Württemberg und hat etwa 317.000 Einwohner. Er besteht aus drei großen Kreisstädten und 39 Städten und Gemeinden. Mit seiner Lage im Zentrum Süddeutschlands ist er repräsentativ für diese sonnenreichste Region Deutschlands mit ebenfalls 1.800 Sonnenstunden im Jahr. Somit ist die Ostalb ideal geeignet als Modellregion. Ferner ist sie durch ihre direkte Anbindung an die A7, welche ganz Deutschland von Norden nach Süden durchquert, logistisch besonders attraktiv. Durch eine Vielzahl an Wertstoffhöfen beteiligt sich die Bevölkerung im Ostalbkreis aktiv an der Abfalltrennung und ist an ein Bringsystem gewöhnt. Die Akzeptanz zur getrennten Sammlung von Solarmodulen ist in diesem Fall einfacher zu erreichen. Zudem hat die Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung (GOA) erst jüngst einen Versuch zur gemeinsamen Erfassung von Abfällen und Wertstoffen in einer Rohstofftonne begonnen, so dass zurzeit das Bewusstsein zur Abfalltrennung im Ostalb erhöht ist. Begleitet wurde der Modellversuch durch Pressemeldungen und konkrete Anschreiben an Handwerksbetriebe und Installateure.

#### **Landkreis Osnabrück**

Der Landkreis Osnabrück ist geprägt durch städtische und ländliche Struktur im südlichen Niedersachsen. Die AWIGO Abfallwirtschaft Landkreis Osnabrück GmbH ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft des Landkreises Osnabrück und für die Entsorgung verantwortlich. Rückgebaute bzw. veraltete oder zukünftig zurückzubauende Solarmodule und Photovoltaikanlagen können an fünf bekannten Recyclinghöfen im Landkreis Osnabrück zurückgegeben werden: Ankum, Dissen, Georgsmarienhütte, Melle und Wallenhorst. Begleitet wurde die Rücknahme durch eine Pressemeldung. Darüber hinaus fand ein Anschreiben mit weiteren Informationen an Handwerksunternehmen aus der Elektro- und Haustechnik in Stadt und Land Osnabrück statt.

Letztendlich konnten in den Modellregionen unterschiedliche Erfahrungen gewonnen werden:

Die Sammlung von alten Photovoltaik-Modulen muss in einem geeigneten Behältnis erfolgen. Hierbei sind verschiedene Kriterien und der nachgelagerte Prozessschritt der Aufbereitung beziehungsweise Entsorgung zu berücksichtigen. Bei der Auslieferung von PV-Modulen kommen je nach Hersteller unterschiedliche Transportbehältnisse zur Anwendung. Gängige Behältnisse sind spezielle Pappkisten oder Gestelle wie nachfolgend abgebildet.



**Abb. 2:** Unterschiedliche Transportbehältnisse für PV-Module

Bei der Rückführung von defekten Modulen sind diese jedoch nur noch bedingt geeignet. Pappkisten mit speziellem Einzug beispielsweise eignen sich fast ausschließlich für PV-Module der gleichen Größe; dies kann bei der Einsammlung von Altmodulen jedoch nicht garantiert werden. Hinzu kommt, dass Pappkisten witterungsanfällig sind und bei Nässe aufweichen können. In einem solchen Fall muss dann mit Folie nachgewickelt und für Stabilität gesorgt werden.



**Abb. 3:** End-of-life-Module bei Hellmann Process Management

Als praktikabel haben sich hier Gitterboxen erwiesen, da die Altmodule in diese eingestapelt werden können. Dies hat zur Folge, dass Glasscherben eventuell nicht aufgefangen werden, deshalb sind Inlays zu nutzen. Geschlossene Sammelboxen, wie sie im freiwilligen Rücknahmesystem PV CYCLE eingesetzt werden, sind ebenfalls hervorragend geeignet. Diese können entweder aus Kunststoff oder aus Holz sein. Allerdings sind die Kosten für die Anschaffung der Sammelboxen hoch. Dafür erfüllen sie jedoch eine Vielzahl von Kriterien wie Transport- und Bruchsicherheit, Aufnahme von Glasbruch/ Glasscherben, Tauschfähigkeit, Witterungsbeständigkeit, Aufnahme von verschiedenen Modulgrößen, usw.



**Abb. 4:** Sammelbox für EOL-Module bei Abasol in Burgos

Für eine fachgerechte Sammlung und einen sicheren Transport sind Gitter- und geschlossene Sammelboxen am besten geeignet. Bei einem geringen oder unregelmäßigen Anfall von Modulen sollten aus wirtschaftlichen Erwägungen eher Gitterboxen zum Einsatz kommen. Die geschlossene Sammelbox hingegen eignet sich bei einem höheren Mengenaufkommen und insbesondere zur Sammlung von Modulen, die im Rahmen einer Solarpark-Installation anfallen.

#### 4. Ressourceneffizienz Aspekte

Die Materialzusammensetzung der Photovoltaik-Anlagen macht einen nachhaltigen Umgang wegen der enthaltenen seltenen Metalle notwendig. Bei weiter anhaltendem starkem Marktwachstum und hohem Druck, die Preise der PV-Module weiter zu senken, muss der Materialeinsatz deutlich effizienter werden (vgl. Tabelle 1). Je mehr Solarmodule und Solarzellen (Photovoltaikanlagen) in den nächsten Jahren produziert und installiert werden, umso wichtiger wird eine Wiederaufarbeitung, um die Rohstoffe zurück zu gewinnen. Die bereits in 2007 veröffentlichten Gehalte an Wertstoffen wie Metallen etc. haben sich bis heute nicht wesentlich geändert.

	c-Si	a-Si	CIS	CdTe
Glas	74	90	85	95
Aluminium	10	10	12	<0,01
Silizium	ca.3	<0,1		
Polymere	0,12	10	6	3,5
Zink	<0,1	<0,1	0,12	0,01
Blei	0,6	<0,1	<,0,1	<0,01
Kupfer (Kabel)			0,85	1,0
Indium			0,02	
Selen			0,03	
Tellur				0,07
Cadmium				0,07
Silber	<0,006			<0,01

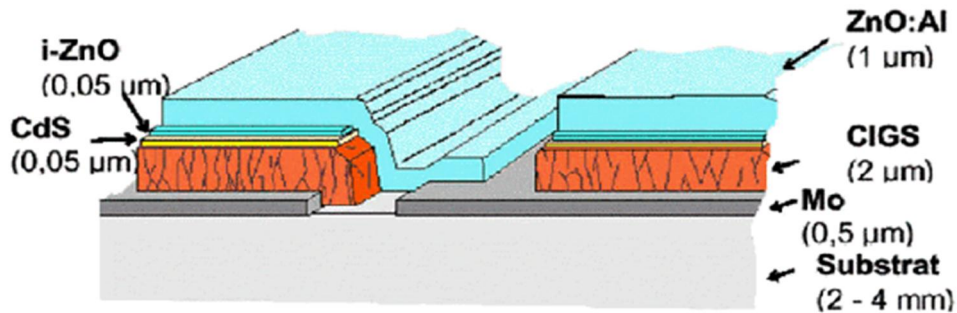
**Tab. 1:** Zusammensetzung PV-Module im Vergleich (Quellen: Ökopol, Solarworld, Recyclingmagazin), Angaben in %

Zukünftig werden neben den kristallinen Siliziumtechnologien vor allem die Dünnschichttechnologien an Marktanteilen gewinnen. Motivation dafür ist die zunehmende Bedeutung der Materialeinsparung. Dünnschichtzellen gibt es heute mit und ohne Silizium. Dünnschichtzellen mit Silizium existieren in verschiedenen Arten: vollständig amorphe Formen, nano- und mikrokristalline Formen bis hin zu polykristallinen Formen und Kombinationen der einzelnen Varianten. Dünnschichtzellen ohne Silizium werden durch zwei Arten von Licht absorbierenden Halbleitern präsentiert: CdTe-Verbindungen und  $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$  (CIS<sup>1</sup>, CIGS<sup>2</sup>)-Varianten.

Der Aufbau und die Zusammensetzung von Photovoltaik-Modulen werden in den kommenden Jahren wesentlich durch die Zielsetzung der Rohstoffeinsparung und Effizienzsteigerung beeinflusst werden. Bezogen auf die c-Si-Module ist hier vor allem die geringere Dichte der Wafer von Bedeutung. Es ist immer darauf zu achten, welche Art Module zu den marktverfügbaren Recyclinganlagen transportiert werden können.

<sup>1</sup> CIS: Kupfer-Indium-Dieselenid

<sup>2</sup> CIGS: Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid



**Abb. 5:** Groschematischer Aufbau einer Dünnschichtzelle

Hinsichtlich der Ressourceneffizienzaspekte ist anzumerken, dass sehr unterschiedlich zusammengesetzte Solarzellen auf dem Markt verfügbar und letztendlich wegen ihrer stofflichen Zusammensetzung vom Recyclingunternehmen zu prüfen sind. Eine **Solarzelle** oder **photovoltaische Zelle** ist ein elektrisches Bauelement, das kurzwellige Strahlungsenergie, in der Regel Sonnenlicht, direkt in elektrische Energie umwandelt. Die physikalische Grundlage der Umwandlung ist der photovoltaische Effekt, der ein Sonderfall des inneren photoelektrischen Effekts ist. Solarzellen unterscheiden sich dadurch grundsätzlich von anderen Arten der regenerativen Elektrizitätserzeugung, bei denen lediglich die Antriebsenergie für den Generator nichtkonventionell erzeugt wird. Manchmal werden auch Elemente eines Sonnenkollektors als Solarzelle bezeichnet. Sie erzeugen aber keinen Strom, sondern Prozesswärme und ersetzen beispielsweise Warmwasser-Boiler.

Unbestritten ist bei allen Marktbeteiligten, dass Glas, Aluminium, aber insbesondere die Bestandteile in den dünnen Schichten ein erhebliches Ressourcenpotenzial darstellen. Cadmium, Indium und Selen gehören zu den Bestandteilen metallischer Rohstoffe, die in einem rohstoffarmen Land wie Deutschland zu 100 % importiert werden müssen. Laut jüngster Erhebungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe hat Deutschland im Jahr 2009 für rund 4 Milliarden Euro 33 Millionen Tonnen Metallrohstoffe eingeführt. Dies hat die Bundesregierung dazu bewogen, eine eigene deutsche Rohstoffagentur zu gründen, die sich zukünftig mit strategischen Rohstoff-Fragen auseinandersetzen wird. Zudem gibt es nun bereits seit 2008 ein Zentrum für Ressourceneffizienz, das auch im Auftrag der Bundesregierung Ressourceneffizienzpotenziale der Wirtschaft voran treiben soll ([www.vdi-zre.de](http://www.vdi-zre.de)).

## 5. Ausblick und Zusammenfassung

Die Initiative PV CYCLE ist sicher eine Initiative, die aus Sicht der Hersteller zu begrüßen ist. Sie hat derzeit leider nicht im Blick, dass Module aus der Produktion in wesentlich größeren Mengen bereits jetzt anfallen. Da bis heute nur sehr wenig Module aus dem Endverbraucherbereich zurückgekommen sind (nach Aussage von PV CYCLE 80 Tonnen in 2010 in Deutschland), sind alle zukünftige Initiativen darauf auszurichten, auch Produktionsabfälle zurückzunehmen.

Für die weitere zukünftige Vorgehensweise einer funktionierenden europaweiten Rücknahme von Photovoltaikmodulen werden nun folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Aufnahme der PV-Module in den Anwendungsbereich der WEEE und RoHS, um eine kostenlose Rücknahme an kommunalen Anfallstellen für private Endverbraucher zu ermöglichen,

- Kopplung der Rücknahme der PV-Module an die Rückführung der Elektro-Altgeräte über kommunale Sammelstellen,
- Kennzeichnung der PV-Module hinsichtlich der Art der Module zur besseren Getrennthaltung während der Einsammlung und Recyclingprozessen,
- Kommunikation der von PV CYCLE eingerichteten Sammelstellen über Kommunen und relevante Entsorgungsunternehmen,
- Prüfungen von Schwermetallgehalten der in Verkehr gebrachten PV-Module zwecks Überschreitung der nach REACH vorgesehenen Beschränkungen,
- Unterstützung funktionierender Recyclingverfahren, um Ressourceneffizienz sicher zu stellen.

## 6. Literaturverzeichnis

Ausschuss für Gefahrstoffe (Verfasser), Bekanntmachung 910 zu Gefahrstoffen, Risikowerte und Expositions-Risiko-Beziehungen für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen, Ausgabe Juni 2008.

BINE Informationsdienst, Recycling von Photovoltaikmodulen, projektinfo 02/2010.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2009, September 2010.

Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar), Faktenblatt, August 2010.

Ernst & Young, Photovoltaik in Deutschland, Marktstudie . Entwicklungen und Trends, Januar 2006.

European Chemical Agency (ECHA) Guidance on waste and recovered substances, Version 2, May 2010, <http://.www.echa.europa.eu>

European Photovoltaik Industry Association (EPIA), Global market outlook for photovoltaics until 2014, Mai 2010.

Edoff, M., Thin Film Solar Cells based on CIS, Presentation at the EC RTD Renewable Energies Press Briefing, Uppsala, 2004.

EUWID Recycling and Waste Management, Sanyo first signatory of PV Cycle commitment, Nr. 19/2010, Oktober 2010.

A.T. Kearney, Set for 2020 - Solar Photovoltaic Electricity: A mainstream power source in Europe by 2020, for European Photovoltaic Industry Association (EPIA), Oktober 2009.

LoserChemie GmbH, Hainichen, Waste minimisation with an universal chemical recycling procedure for CIS, CIGS and CdTe photovoltaic waste . an approach for sustainable materials use, 2010.

Luschitz, J., Präparation und Charakterisierung von CdTe-Dünnschichtsolarzellen, Technische Universität Darmstadt, 2008/2009.

National Photovoltaic Environmental Research Center (Department of Environmental Sciences, Brookhaven National Laboratory), Upton/NY, Experimental Investigation of Emissions and Redistribution of Elements in CdTe-PV Modules During Fires, for the US

Department of Energy (Solar Technologies Program/Conservation and Renewable Energy) under Contract DE-AC02-76CH000016, November 2004.

NGL, Environmental risks regarding the use and end-of-life disposal of CdTe PV modules, Doc. No.20092155-00-5-R, 2010.

Ökopol (Institut für Ökologie und Politik GmbH), Hamburg, Stoffbezogene Anforderungen an Photovoltaik-Produkte und deren Entsorgung, UFO-Plan FKZ 202 33 304 im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2004.

Ökopol, (Institut für Ökologie und Politik GmbH), Hamburg und IE (Institut für Energetik und Umwelt gGmbH), Leipzig, Stoffbezogene Anforderungen an Photovoltaik-Produkte und deren Entsorgung, Endbericht für das Umweltbundesamt, Umwelt-Forschungs-Plan, FKZ 202 33 304, Januar 2004.

Ökopol, BSW-Solar, u.a., Studie zur Entwicklung eines Rücknahme- und Verwertungssystems für photovoltaische Produkte, gefördert durch das BMU, Förderkennzeichen 03MAPO92, November 2007.

Powalla, M., Dünnschichtsolarzellen auf der Basis von Verbindungshalbleitern, FVS-Themen 2003.

Recyclingmagazin, 22, Sonnige Aussichten, S. S. 28-31, 2010.

RENI . Renewables Insight (Solarpraxis AG/Sunbeam GmbH), PV Power Plants 2010 . Industry Guide, April 2010.

Risk & Policy Analysts, Ltd. (RPA), Socio-Economic Impact of a Potential Update of the Restrictions on the Marketing and Use of Cadmium. Final Report for EU-Commission, 2009.

Roland Berger Strategy Consultants GmbH und Prognos AG, Wegweiser Solarwirtschaft / PV-Roadmap 2020: Wettbewerbsfähig - auf dem Weg zu einer bedeutenden Säule der Energieversorgung, Berlin, November 2010.

Umwelt-Magazin, Rücknahmesystem für Solarmodule, Nr. 09/2010, 14. September 2010.

VDI-Nachrichten, Bürokratie hemmt EU-weit Sonnenstromausbau, 19. November 2010.

Dr. Beate Kummer  
Kummer:Umweltkommunikation GmbH  
Bad Honnef, Februar 2011