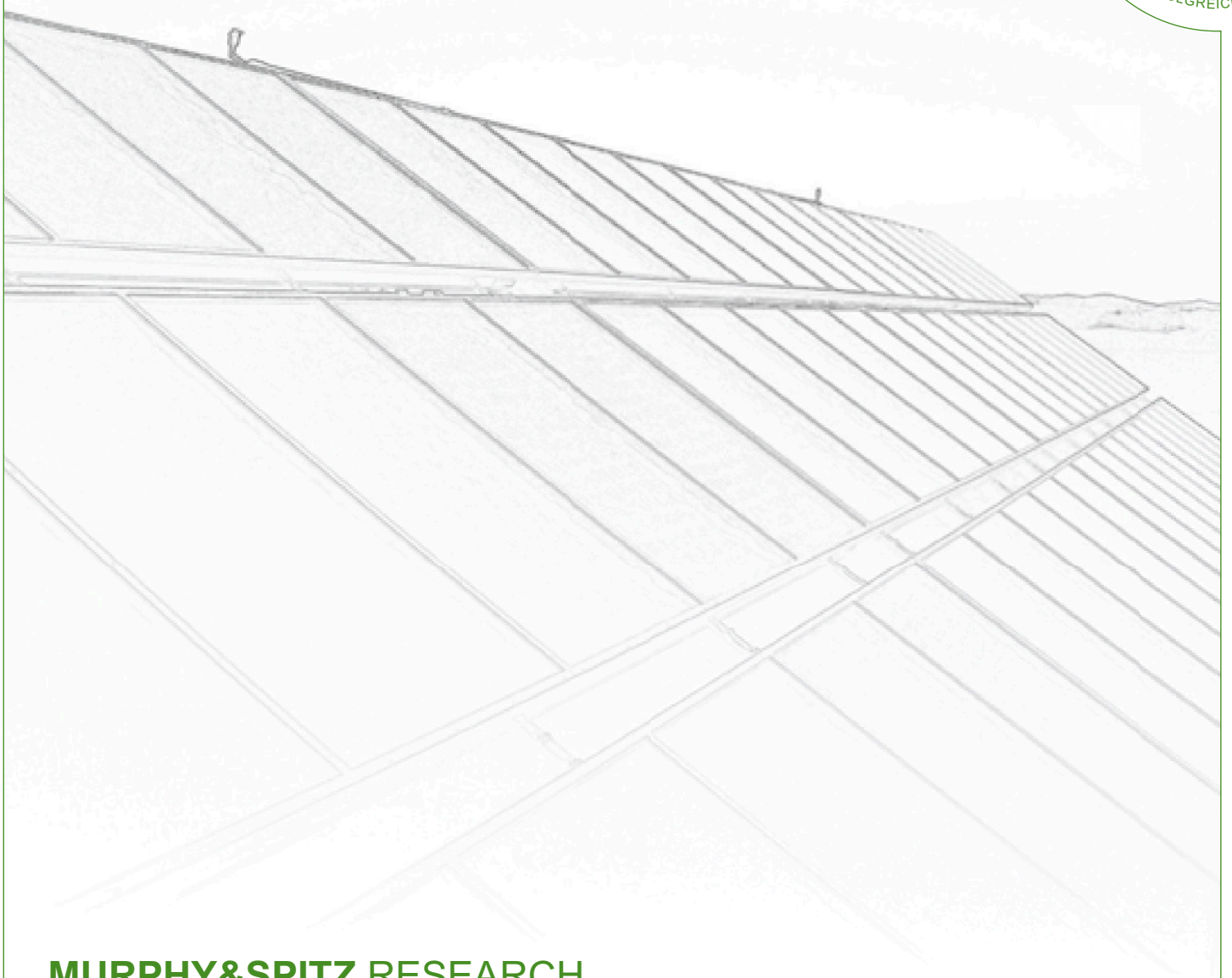
125,00 Euro Schutzgebühr

M&S NACHHALTIG ERFOLGREICH



MURPHY&SPITZ RESEARCH

Nachhaltigkeit und Social Responsibility in der Photovoltaik-Industrie

Teil 1: Umwelt- und Arbeitsschutzaspekte

MURPHY & SPITZ
nachhaltig erfolgreich

Autorin: Nicole Vormann
vormann@murphyandspitz.de
Tel: 0049 - (0)228 - 96 76 400
Fax: 0049 - (0)228 - 96 76 402

Diese Nachhaltigkeitsstudie
wurde erstellt für die Murphy&Spitz Umweltfonds:
Murphy&Spitz Umweltfonds Welt (A0Q632)
Murphy&Spitz Umweltfonds Deutschland (WKN A0QYL0)

Murphy&Spitz

Murphy&Spitz wurde 1999 gegründet und zählt zu den erfahrensten Nachhaltigkeitsinvestoren in Deutschland. Mit Mandaten für vier offene Nachhaltigkeitsportfolios, die börsennotierte Private Equity Gesellschaft Murphy&Spitz Green Capital AG (WKN A0KPM6) und die Erneuerbare-Energien-Gesellschaft Murphy&Spitz Green Energy AG gehört das Bonner Haus zu den wenigen Experten im deutschsprachigen Raum, die ihre Anlageexpertise auf ein eigenes Researchteam mit Schwerpunkt auf Nachhaltigkeitsaspekte stützen kann.

Murphy&Spitz Umweltfonds Deutschland (A0QYL0)

Der M&S Umweltfonds Deutschland investiert nach dem Wachstumsansatz überwiegend in Small-, Mid- und Microcap-Aktien von nachhaltigen Unternehmen, deren Geschäftstätigkeit im deutschsprachigen Raum liegt.

Anlagephilosophie ist die konstruktive Weiterentwicklung der Gesellschaft zu einer stärkeren ökologischen Ausrichtung. Unter strengen Ausschlusskriterien wird nach dem Top-Down Ansatz in die Wachstumsbranchen erneuerbare Energien, Energieeffizienz, nachwachsende Rohstoffe, Wasser, Gesundheit und umweltschonende Verkehrstechnik investiert. Daneben kann zur Risikooptimierung auch in andere Anlageformen investiert und Liquidität gehalten werden. Der M&S Umweltfonds Deutschland schließt Investitionen in Unternehmen mit Geschäftstätigkeit in der Militärindustrie, in Atomenergie, in vermeidbare Tierversuche und in umweltschädliche Technologien aus. Unternehmen mit negativen sozialen Auswirkungen sind ebenfalls aus dem Anlagepanorama ausgeschlossen.

Murphy&Spitz Umweltfonds Welt (WKN A0Q632)

Der M&S Umweltfonds Welt investiert nach dem Substanzansatz überwiegend in kleine und mittelgroße Unternehmen mit ökologischer Ausrichtung. Dabei wird unter strengen Ausschlusskriterien nach dem Top-Down Ansatz in die Wachstumsbranchen erneuerbare Energien, Energieeffizienz, nachwachsende Rohstoffe, Wasser, Gesundheit und umweltschonende Verkehrstechnik investiert. Zur Risikooptimierung kann in andere Anlageformen investiert und Liquidität gehalten werden. Bis zu 10% des Fondsvermögens können in Mikrokreditprojekte investiert werden. Neben ökonomischen Selektionskriterien berücksichtigt der Umweltfonds gleichwertig ethisch-ökologische Kriterien.
So schließt der M&S Umweltfonds Welt Investitionen in Unternehmen mit Geschäftstätigkeit in der Militärindustrie, in Atomenergie, in vermeidbare Tierversuche und in umweltschädliche Technologien aus. Auch sind Unternehmen mit negativen sozialen Auswirkungen aus dem Anlagepanorama ausgeschlossen.

Murphy&Spitz Research

Seit 1999 analysiert Murphy&Spitz Research nachhaltige Investments. Murphy&Spitz Resarch arbeitet ausschließlich auf der buyside. Es fliessen Elemente der Finanzanalyse (Fundamentalanalyse und technische Analyse) wie auch Nachhaltigkeitsaspekte (Positiv- und Negativkriterien) in die Branchen- und Unternehmensanalysen ein. Wie auch im Investmentprozess wird nach dem Top-down-Prinzip gearbeitet.

Nicole Vormann

Nicole Vormann, Diplom Ingenieurin Umwelttechnik (TU), leitet bei Murphy&Spitz das Nachhaltigkeitsresearch.
Sie ist seit mehr als 15 Jahren in den Bereichen betrieblicher Umweltschutz, Arbeitssicherheit und Energie- und Umweltmanagement tätig. Nach ihrem Studium arbeitete sie zunächst beim Umweltbundesamt. Dann wechselte sie 1997 zur ABB DaimlerBenz Transportation GmbH (Adtranz, Schienenfahrzeugbau). Dort arbeitete sie bei der Koordinierungsstelle für den weltweiten strategischen Umweltschutz. Danach übernahm sie die Leitung der Stabsstelle Arbeitssicherheit und Umweltschutz weltweit für den englischen Balfour Beatty Rail Konzern (Fahrleitungsbau). Nach der Geburt ihres Sohnes war Nicole Vormann bei der Unternehmensberatung Engels Marketing in den Bereichen Research und Kundenkommunikation tätig.

vormann@murphyandspitz.de
Tel: 0049 - (0)228 - 96 76 400
Fax: 0049 - (0)228 - 96 76 402

Teil I Umwelt- und Arbeitsschutzaspekte **Seite**

1. Nachhaltigkeit und Social Responsibility in der Photovoltaik-Industrie

1.1 Einleitung 5
1.2 Ziele 6
1.3 Untersuchungsgegenstand 7
1.4 Kapitelübersicht 8

2. Herstellung der Module und Umweltaspekte

2.1 Herstellungsprozess kristalliner Zelltechnologie 9
2.1.1 Rohstoff 10
2.1.1.1 Schritt 1: Rohstoffgewinnung 11
2.1.1.2 Schritt 2: Rohstoffaufarbeitung 11
2.1.1.2.1 Siemensverfahren 11
2.1.1.2.2 Modifiziertes Siemensverfahren 12
2.1.1.2.3 Fließbettverfahren 13
2.1.1.2.4 UMG Silizium 13
2.1.1.3 Zusammenfassung und Bewertung Rohstoffgewinnung und –aufbearbeitung

2.1.2 Modulproduktion
2.1.2.1 Schritt 3: vom Reinstsilizium zum Poly- und Monosilizium 15
Verfahren 15
Umweltaspekte 15
2.1.2.2 Schritt 4: vom Kristall zum Wafer 15
Verfahren 15
Umweltaspekte 15
2.1.2.3 Schritt 5: vom Wafer zur Zelle / Solarzellenprozess
Verfahren 16
Umweltaspekte 17
2.1.2.4 Schritt 6: von der Solarzelle zum Modul
Verfahren 17
Umweltaspekte 18
2.1.2.5 Zusammenfassung und Bewertung der Modulproduktion 18

2.2 Herstellungsprozess Dünnschichttechnologie
2.2.1 Vergleich Dünnschicht und kristalline Zelltechnologie 20
2.2.2 Herstellungsprozess Dünnschichttechnologie 20
2.2.2.1 Schritt 1: das Trägermaterial Glas mit TCO Beschichtung versehen 20
Verfahren 20
Umweltaspekte 21
2.2.2.2 Schritt 2: Auftragen der PN-leitenden Schichten
Verfahren 21
Umweltaspekte 22
2.2.2.3 Schritt 3: Trennschritte einfügen, Verschaltung, Laminierung 26

2.2.3 Zusammenfassung Dünnschicht 26

2.3 Vergleich der Umweltauswirkungen der Dünnschichttechnologie und der kristallinen Technologie 27

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

3. Recycling der Module
3.1 PV Cycle 30
3.2 Rechtlicher Rahmen 30
3.3 Technische Lösungen des Recycling 31
3.3.1 Recycling von kristallinen Zellen 31
3.3.2 Recycling von Dünnschichtzellen 32
3.4 Zusammenfassung 32

4. Bedeutung der ISO 14001 für die PV-Industrie
4.1 Entwicklung und Inhalte der Norm 34
4.2 Wesentliche Anforderungen an ein nach ISO 14001 zertifiziertes Unternehmen 35
4.3 Bedeutung der ISO 14001 in China 37
4.4 Zusammenfassung 37

5. Transparenz und Leistungen von 6 Pureplayern in der PV-Industrie
5.1 Einleitung 38
5.1.1 First Solar 39
5.1.2 SolarWorld 41
5.1.3 Sunpower 45
5.1.4 Suntech 47
5.1.5 Trina Solar 49
5.1.6 Yingli 50
5.2 Zusammenfassung 52

6. Zusammenfassung 55

7. Anhänge 58
Anhang I: Übersicht der bei der Modulproduktion verwendeten Stoffe
Anhang II: Literaturverzeichnis

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

1. Nachhaltigkeit und Social Responsibility in die PV-Industrie

1.1 Einleitung

Die Photovoltaik (PV) Industrie hat ein gutes Image; ihre Produkte stehen für Innovation und intelligente Lösungen auf dem Weg der nachhaltigen Energiegewinnung.

Aus Sicht von Murphy&Spitz Research reicht es nicht aus, ein für die Umwelt während des Betriebs gutes Produkt herzustellen. Nachhaltige Unternehmen müssen über die gesamte Wertschöpfungskette nachhaltig arbeiten, sowohl bei der eigenen Produktion und insbesondere auch in ihrem Einflussbereich auf Lieferanten, Joint Venture und andere Partner.
Die Studie beschäftigt sich aus dem Blickwinkel eines Investors damit, welche Anforderungen ein PV-Unternehmen erfüllen muss, um ernsthaft als nachhaltig arbeitend eingestuft werden zu können.
Dazu wurden integrierte PV-Produzenten, die börsennotiert sind, untersucht und befragt.
Die Studie zeigt auf, wo die wesentlichen Umweltaspekte der Branche liegen.
Da es sich um eine Halbleiterindustrie handelt, ist die Bewertung der Produktion sehr wichtig. Murphy&Spitz Research möchte eine Öffentlichkeit für das Thema schaffen und Investoren damit zu einem nachhaltigeren Umgang ihrer eingesetzten Mittel bewegen.

Sachliche Informationen zu diesem Thema sind aus Sicht von Murphy&Spitz Research heute wichtiger denn je. Der Preisverfall und die Unsicherheit, wie es mit dem Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) weitergeht, haben die Branche, die es sich lange Zeit auf satten Gewinnen gemütlich machen konnte, in Spannung versetzt. Die Angst vor einer Marktbereinigung greift um sich und da wundert es nicht, dass wenig sachlich argumentiert wird. Beispielsweise kommen Fragen auf, ob denn chinesische Modulhersteller auch vom EEG profitieren sollen, obwohl sie doch unter Umwelt- und Sozialaspekten soviel schlechter seien. Stimmt das eigentlich? Sind es Vorurteile oder ist es wahr? Dann hört man immer von der ISO 14001, welche Rolle spielt sie in der ganzen Diskussion? Reicht sie zur Beurteilung der Umweltleistung aus, und was sagt sie eigentlich aus? Auch hierzu gibt die vorliegende Studie umfassende Antworten.

Dieser erste Teil der Studie konzentriert sich auf die Umwelt- und Arbeitsschutzaspekte. Der zweite Teil wird sich mit den sozialen Auswirkungen und der Social Responsibility der PV-Unternehmen beschäftigen.

Für Schnellleser gibt es unter jedem Kapitel eine Zusammenfassung, sowie die entscheidenden Punkte als „big points".

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

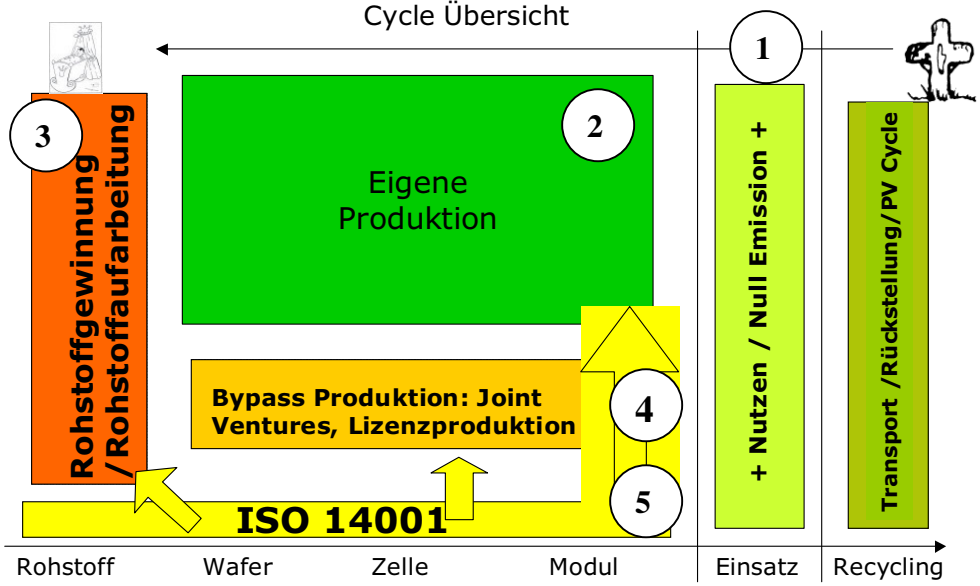
1.2 Ziele der Studie

Nach der Lektüre der Studie ist der Leser in der Lage, die Umweltaspekte der PV-Industrie mit einem besseren Background für die entscheidenden Punkte beurteilen zu können. Auch kann der Leser nachher echte Nachhaltigkeit bei PV-Unternehmen von unsachgemäßer Nachhaltigkeit unterscheiden.

Die Studie bietet umfangreiche Informationen über die grundsätzlichen Verfahren und ihre Umweltaspekte.

Dazu werden die Umweltauswirkungen der Unternehmen bei deren eigener Produktion untersucht sowie auch bei vorgelagerten Wertschöpfungsstufen und Bypass-Möglichkeiten, wie zum Beispiel Zulieferern, Joint Venture und Lizenznehmern. Aus Sicht von Muphy&Spitz Research kommen die Umweltauswirkungen der Zulieferer und Bypassproduzenten bisher nicht in die Geschäftsberichte der PV-Unternehmen und an die Öffentlichkeit. Dabei sind gerade deren Umweltauswirkungen oft erheblich, wie diese Studie zeigt. Gerade deswegen lässt sich hier erkennen, wie ernst der Nachhaltigkeitsgedanke in der Praxis durch das PV-Unternehmen wirklich genommen wird. Dies zeigt die folgende Abbildung:

Umwelt- und Arbeitssicherheitsaspekte bei der Modulproduktion / Life Cycle Übersicht



Risiken für die PV Unternehmen und damit indirekt für den Anleger: Reputations-/ Image-/ Umweltschäden

Um die Nachhaltigkeit eines Produkts und eines Unternehmens beurteilen zu können, muss der ganze Lebenszyklus des Produkts von der "Wiege bis zur Bahre" betrachtet werden. Die untere Achse der Abbildung führt alle Stufen der Wertschöpfungskette vom Rohstoff bis zum Recycling auf. Eine solche Analyse von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung nennt man eine Life Cycle Analyse (LCA/Lebenszyklusanalyse). Was von dem Lebenszyklus der Solarmodule zur Zeit wesentlich im Blickwinkel der Öffentlichkeit ist, ist das Produkt (Modul) während seines Einsatzes (1). Dieser ist als durchweg positiv für die Umwelt zu betrachten und ist nicht Gegenstand dieser Studie[1]. Auch

[1] *außer an einer Stelle bei der CadmiumTelurid Diskussion, die auch entsprechend in Kapitel 2.2 dargestellt wird.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

im Blickwinkel der Öffentlichkeit, gerade durch die neuerliche Diskussion, sind die PV-Unternehmen und ihre eigene Produktion (2).
Im Schatten sind allerdings die Rohstofflieferanten (3) und auch die Bypassproduzenten (4). Von diesen gilt es, die Umweltauswirkungen und Vorgehensweise der PV-Unternehmen transparent zu machen.
Das Bild zeigt auch, dass sich die Diskussion um die Zertifizierung nach der Umweltmanagementnorm ISO 14001 (5) nicht alleine auf die Produktion der PV-Unternehmen konzentrieren darf. Die Lieferanten und Bypassproduzenten sind zusätzlich mit einzubeziehen.

Ziel von Murphy&Spitz Research ist es, unsere eigene inhaltliche Basis für die Beurteilung von Leistungen der Solarbranche transparent zu machen. Wir möchten bei Investitionen in diesem Bereich sicher gehen, dass die Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette nachhaltig und „sauber" arbeiten.

1.3 Untersuchungsgegenstand

- Die Studie prüft und zeigt die Schwerpunkte der Umweltauswirkungen sowie der sozialen Auswirkungen entlang der Wertschöpfungskette der PV-Industrie.

- Zentraler Untersuchungsgegenstand sind börsennotierte Pureplayer auf dem Gebiet der PV. Dabei handelt es sich um Unternehmen, die in der Produktion integriert sind und zu den größten Herstellern der Welt zählen.

- Auf welchem Level im Umwelt- und Sozialbereich sich die PV-Industrie befindet, wird beispielhaft an diesen Unternehmen aufgezeigt. Welche Unternehmen gehen über dieses Level bzw. fallen darunter? Dazu wurden die Unternehmen interviewt und befragt sowie die Veröffentlichungen des Unternehmens und Dritter hinzugezogen.

- Die Transparenz und Aussagekraft der Informationen der Unternehmen wird als wesentliches Kriterium angelegt. Murphy&Spitz bewertet Transparenz als ein positives Anlagekriterium.

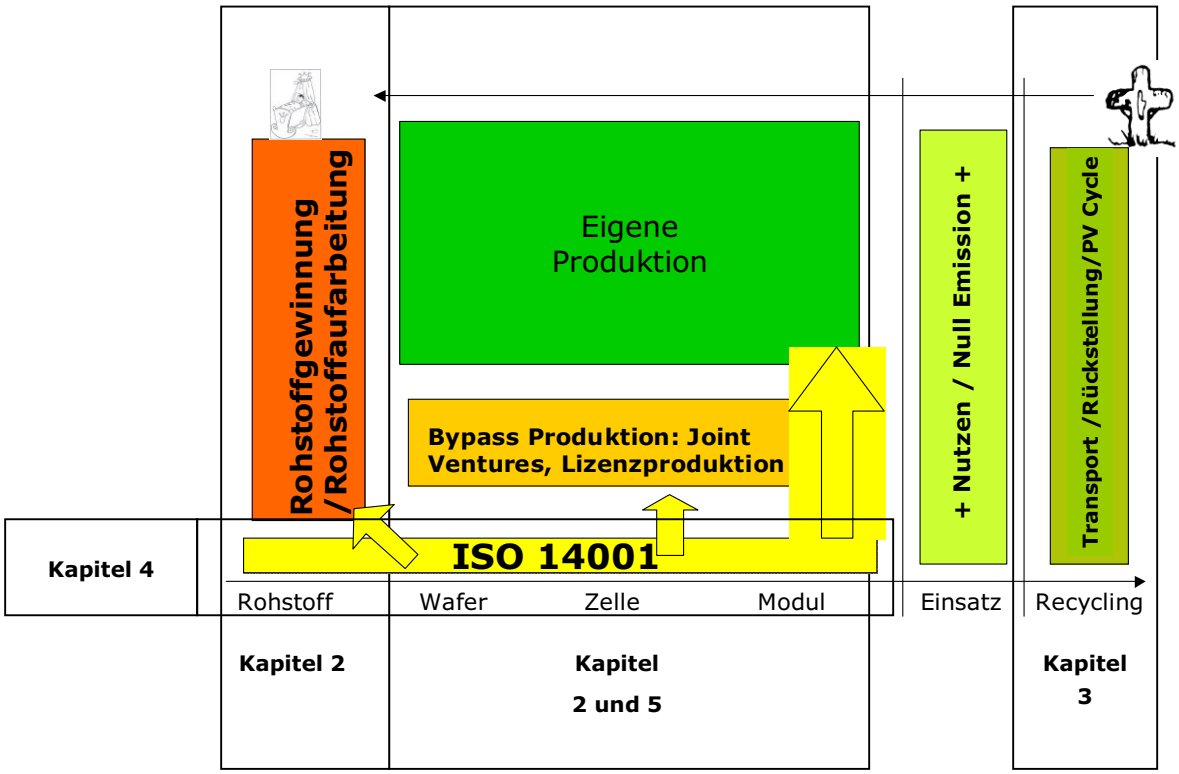
- Weiterhin zentral wird untersucht, inwieweit die ISO 14001 zur Beurteilung und Absicherung der Umweltleistungen von Unternehmen und Zulieferern als Kriterium herangezogen werden kann.

- In die Studie sind auch die maßgeblichen wissenschaftlichen Untersuchungen von führenden Köpfen wie Eric Alsema oder Marika de Wild Scholten zur Lebenszyklusanalyse (LCA) und Umweltauswirkungen eingeflossen.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

1.4 Kapitelübersicht

Die Solarmodulproduktion ist ein komplexes Thema. Die Grafik veranschaulicht, in welchen Kapiteln der Studie auf die einzelnen Themen eingegangen wird. Der Bereich im Lebenszyklus während des Einsatzes des Produktes (Solarstromproduktion) wird nicht berücksichtigt, da er als durchweg positiv zu beurteilen ist. Während des Einsatzes sind keine negativen Umweltauswirkungen zu erwarten. Es sei denn, es kommt zu unsachgemäßem Gebrauch oder Unfällen. Auf diese Möglichkeit wird an entsprechenden Stellen eingegangen.



©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

2. Umwelt- und Arbeitsschutzaspekte bei der Modulherstellung

Wertschöpfungs-kette und Umweltaspekte

In dem folgenden Kapitel wird die Wertschöpfungskette vom Rohstoff bis zum Modul aufgezeigt. Der jeweilige Prozessschritt und seine Umweltauswirkungen werden dargestellt.

Bevor die Prozessschritte im Einzelnen erklärt werden, muss man zunächst die Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Modulen verschiedener Hersteller kennen.

Photoelektrischer Effekt

Allen Solarzellen/Modulen gemeinsam ist,

- dass sie den photoelektrischen Effekt nutzen, d.h. stark vereinfacht, durch die Einstrahlung der Sonne werden Elektronen im Modul in Bewegung gesetzt und dadurch wird Strom erzeugt

- dass es sich bei den Materialien um Halbleiter handelt, sonst können die Elektronen nicht in Bewegung kommen. Dazu braucht es einen großflächigen PN-Übergang. Das bedeutet vereinfacht, dass es eine positiv geladene und eine negativ geladene Schicht gibt und sich dadurch elektrische Felder bilden können.

Unterscheidung über Schichtdicke:
- Kristalline Zelltechnologie
- Dünnschicht-technologie

Das ist aber auch schon alles an Gemeinsamkeit. Das wesentlichste Unterscheidungskriterium für Module ist die Schichtdicke. So wird zwischen **kristalliner Zelltechnologie** (der Klassiker unter den Zelltechnologien) und **Dünnschichttechnologie** unterschieden. Der Herstellungsprozess der beiden ist grundlegend verschieden und damit auch die Art der Umweltauswirkungen.

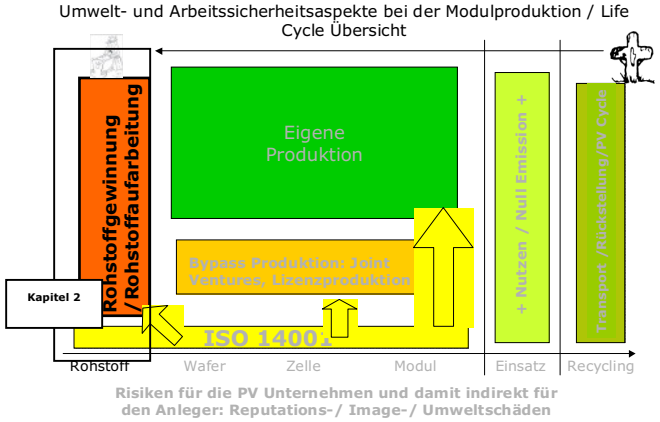
Der Herstellungsprozess und die Umweltrelevanz der kristallinen Zelltechnologie und der Dünnschichtzellen werden im Folgenden getrennt dargestellt:

Herstellungsprozess → Kristalline Zelltechnologie / Kapitel 2.1

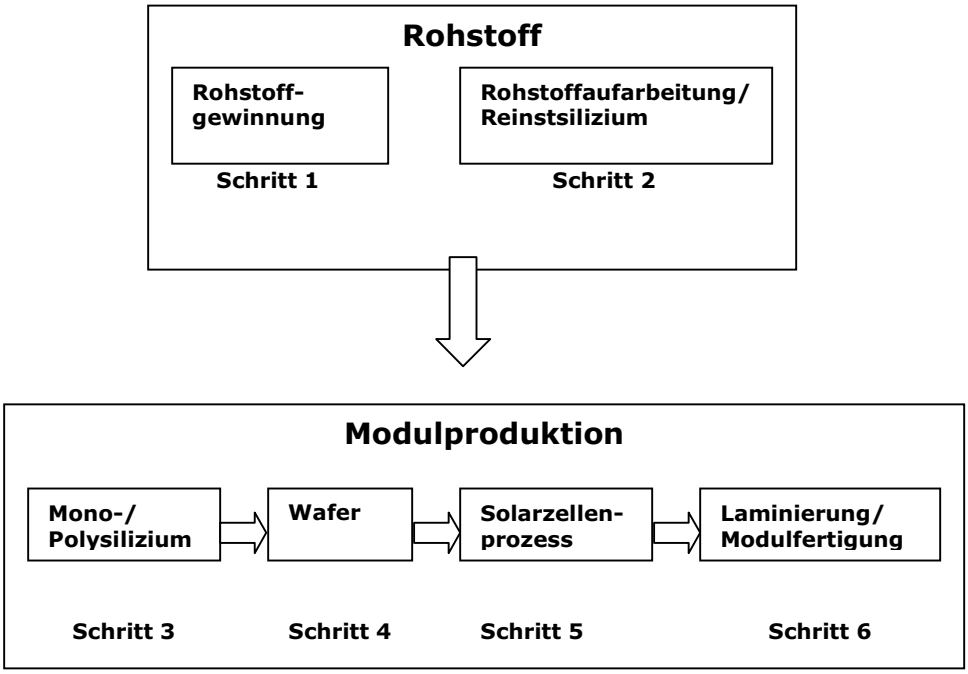
Herstellungsprozess → Dünnschichttechnologie / Kapitel 2.2

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

2.1 Herstellungsprozess und Umweltrelevanz bei der kristallinen Zelltechnologie



Um Module nach der kristallinen Zelltechnologie herzustellen braucht es sechs Schritte:



2.1.1. Rohstoff

2.1.1.1 Schritt 1: Rohstoffgewinnung

Der wesentliche Ausgangsstoff für kristalline Zellen ist Sand (Silizium). Als zweithäufigstes chemisches Element der Erdkruste ist es in nahezu unbegrenzten Mengen verfügbar. Es liegt in Form von Quarz oder Silikaten vor. Aus Umweltgesichtspunkten ist dies positiv zu bewerten, da es auf einfache Weise von der Erdoberfläche gewonnen werden kann und keine weiten Transportwege anfallen.
Um das Silizium als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Wafern nutzen zu können, muss es aufbereitet werden.

Durch Reduktion von Quarzsand wird Rohsilizium gewonnen

2.1.1.2 Schritt 2 => Rohstoffaufarbeitung: vom Rohsilizium zum Reinstsilizium

Das Rohsilizium, auch metallurgisches Silizium genannt, muss weiter aufbereitet werden. Zunächst wird dazu aus Quarzsand (SiO_2) in einem Hochofenprozess durch Reduktion **Rohsilizium (Si)** hergestellt. Die chemische Reaktion im Hochofen stellt sich wie folgt dar:

$SiO_2 + 2C => Si + CO_2$ (Reaktion1)

Bei diesem Prozess wird Kohlendioxid (CO_2) freigesetzt.

Dann muss das Rohsilizium gereinigt werden. Dieser Schritt ist erforderlich, da für Solarzellen eine Reinheit von einem Fremdatom zu 1 Milliarde Atome zulässig ist. Um diese Reinheit zu erzeugen und sogenanntes polykristallines Reinstsilizium zu gewinnen, werden verschiedene Verfahren und Ansätze angewendet. Diese sind im Wesentlichen:

Reinigung erforderlich, um aus Rohsilizium Reinstsilizium herzustellen

1. Das Siemensverfahren (Kapitel 2.1.1.2.1)
2. Modifizierte Siemensverfahren (Kapitel 2.1.1.2.2)
3. Das Fließbettverfahren (Kapitel 2.1.1.2.3)
4. UMG Silizium (Kapitel 2.1.1.2.4)

Da es sich bei diesem Prozessschritt um den energieintensivsten bei der Siliziumtechnologie handelt, werden die Verfahren im Folgenden ausführlich dargestellt.

2.1.1.2.1 Das Siemensverfahren

Das Siemensverfahren ist das etablierteste unter den Verfahren zur Siliziumreinigung.
Bei dem Siemensverfahren wird das Rohsilizium zunächst mit gasförmigem Chlorwasserstoff (HCl) in Trichlorsilan ($SiHCl_3$) umgesetzt:

Destillation ist energieaufwändig

$Si + 3\ HCl = > SiHCl_3 + H_2$ (Reaktion2).

Danach folgen mehrere Destillationsschritte durch die das Trichlorsilan gereinigt wird.
Unter Umweltgesichtspunkten sind dabei zwei Aspekte von Bedeutung:
Erstens ist der Prozess der Destillation sehr energieaufwändig und zweitens benötigt auch die Herstellung von HCl viel Energie. Der Chlorwasserstoff sollte aus diesem Grunde zurückgewonnen werden.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Gasphasenabscheidung an Reinstsiliziumstäben in diskontinuierlichem Prozess

Der nächste Schritt im Siemensverfahren ist die Zuführung von Wasserstoff in einem CVD-Reaktor (chemical vapor deposition/Gasphasenabscheidung). Hier wird das Trichlorsilan thermisch in Silizium, Siliciumtetrachlorid ($SiCl_4$) und Chlorwasserstoff zersetzt. Im CVD Reaktor findet bei 1100°C die folgende chemische Reaktion statt:

$4HSiCl_3 => 1\ Si + 3\ SiCl_4 + 8HCl$ (Reaktion 3)

Das Silizium scheidet sich dabei auf den eingebrachten Reinstsiliziumstäben ab.

Ausbeute an Wunschprodukt mit 25% nur gering

Diese Stäbe sind nach einer Woche „reif" und auf Wunschgröße angewachsen und müssen ausgetauscht werden. Das an den Stäben produzierte Silizium ist das erwünschte polykristalline Reinstsilizium. Allerdings ist die Ausbeute des Wunschproduktes relativ gering mit 25% Reinstsilizium zu 75% Siliziumtetrachlorid [1]. Das heißt im Ergebnis, im Output ist nur ein Viertel des gewünschten Stoffes vorhanden.

Hoher Energieaufwand

Da die reifen Stäbe ausgetauscht werden müssen, handelt es sich um einen diskontinuierlichen Prozess. Durch den diskontinuierlichen Prozess mit den Auf- und Abwärmphasen sowie durch die hohen Temperaturdifferenzen ist der Energieverbrauch beim Siemensverfahren sehr hoch. Er liegt bei 100 bis 160 Kilowattstunden Strom pro Kilogramm polykristallinem Reinstsilizium [2].

Erhebliche Mengen an Neben- und Abfallprodukten

Neben dem hohen Energieverbrauch ist auch das Aufkommen an Neben- und Abfallprodukten erheblich: aus 20 kg Trichlorsilan erhält man ca. 1 kg Reinstsilizium und 19 kg Nebenprodukte [3].

Bei großen Chemieunternehmen mit integrierter Produktion, die das Reinstsilizium neben anderen Chemieprodukten herstellen, ist das kein Problem. Bei Wacker wird das flüssige Tetrachlorsilan beispielsweise in Siliziumdioxid umgewandelt. Dieses wird schadlos als Füllstoff in Wandfarben oder sogar bei Zahnpasta eingesetzt [3].

Ungeklärte Entsorgung der Nebenprodukte führte zu Gefahren für die Reputation

Dass eine ordnungsgemäße Verwendung und Entsorgung nicht immer selbstverständlich ist, hat der Siliziumhersteller Luoyang Zhonggui gezeigt [4]. Die Washington Post berichtete im März 2008, dass dieser chinesische Hersteller die ätzende Flüssigkeit Siliziumtetrachlorid (das zu 75% entstehende Nebenprodukt siehe oben), in großen Menge zwischen Grundschulen und Getreidefelder gekippt habe. Auch entlasse das Unternehmen ätzende Gase. Durch Messung wurden die entsprechenden Stoffe auch im Erdreich nachgewiesen.

2.1.1.2.2 Modifizierte Siemensverfahren zur Rohsiliziumreinigung

Modifiziertes Siemensverfahren

Abscheideprozess und Reaktoroptimierung

Firmen, die Erfahrung mit dem Siemensverfahren haben, haben es modifiziert und effizienter gemacht. So wurde zum Beispiel bei der Firma Wacker der Abscheideprozess in der Gasphase beschleunigt und die Isolation verbessert [5]. Die Firma Centrotherm hat den Prozess durch veränderte CVD Reaktoren optimiert.

Einsatz von Katalysatoren

Eine weitere Modifikation ist, das unerwünschte Nebenprodukt Tetrachlorsilan durch einen Katalysator wieder zu Trichlorsilan umzuwandeln und dann wieder in den Kreislauf einzuspeisen.
Der hierfür von der TU Freiberg entwickelte Katalysator bewirkt die folgenden Reaktion:

$SiCl_4 + H_2 => HSiCl_3 + HCl$ (Reaktion 4).

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Somit wird Chlorwasserstoff und weiteres Ausgangsmaterial (Trichlorsilan) für den Wunschstoff zurückgewonnen, in dem Siliziumtetrachlorid zu Trichlorsilan konvertiert wird. Die energieintensiven Destillationsschritte fallen also nicht erneut an und man nutzt das Nebenprodukt, um wieder Trichlorsilan daraus zu machen.
Nach persönlicher Mitteilung von Prof. Gerhard Roewer von der TU Freiberg hat das Verfahren ein großes Potenzial, wird aber zur Zeit noch nicht großtechnisch angewandt. Hauptgrund dafür ist die fehlende Reaktorentwicklung.

2.1.1.2.3 Fließbettreaktorenverfahren (FBR)

Neben dem Siemensverfahren gibt es noch das Fließbettverfahren, bei dem das Silizium in einem sogenannten Fließbettreaktor abgeschieden wird. Bei diesem Verfahren kann das Reinstsilizium kontinuierlich abgeschieden werden, es hat höhere Produktionsraten und einen geringeren Energieverbrauch durch geringere Temperaturgradienten. Allerdings sind die Mengen, die durch dieses Verfahren an Reinstsiliziumherstellung produziertet werden noch zu gering, um den Gesamtbedarf zu decken.

2.1.1.2.4 UMG Silizium

UMG Silizium ist weniger energieintensiv in der Herstellung, aber erfordert andere Verarbeitungs-technologie

Noch zu erwähnen ist UMG Silizium. Dies steht für upgraded metallurgical Silicon. Die Firma Elkem aus Norwegen zum Beispiel stellt UMG Silizium mit ihrem physikochemischen Reinigungsprozess her. Dieses Verfahren verbraucht nur einen Bruchteil der Energie im Vergleich zum klassischen Siemensverfahren. Der Reinheitsgrad ist aber wesentlich geringer und die Konsistenz des Produktes anders. Dies hat Auswirkungen unter anderem auf den Wirkungsgrad der Zellen. Auch müssen ganz andere Verfahren (die sogenannte Silizium-Flüssigphasenepitaxie) zur Zellherstellung angewendet werden, wenn der Ausgangsstoff UMG Silizium anstelle von Reinstsilizium ist. Q-Cells hat bereits Erfahrung mit UMG Silizium.

2.1.1.3 Zusammenfassung und Bewertung zur Rohstoffgewinnung und Aufarbeitung:

Reinstsilizium-herstellung ist der Schritt mit der größten Umweltrelevanz bei den PV-Zulieferern

Reinstsilizium ist der wesentliche Ausgangsstoff für kristalline Module. Die meisten Modulhersteller produzieren diesen Stoff nicht selbst sondern kaufen ihn ein.

Die Reinstsiliziumherstellung ist der Schritt mit der größten Umweltrelevanz außerhalb der eigenen Produktion der Modulhersteller!

Reinstsilizium wird überwiegend mit dem klassischen Siemensverfahren erzeugt. Dieses hat einen sehr hohen Energieverbrauch, mit hohem CO_2-Ausstoß. Auch entsteht bei dem Siemensverfahren neben dem Reinstsilizium ein Vielfaches an Nebenprodukten und Abfallstoffen (1 kg Reinstsilizum, 19 Kg Nebenstoffe).

Das klassische Siemensverfahren kann aus Sicht von Murphy&Spitz Research als veraltet angesehen werden. Modifizierte Verfahren haben eine wesentlich bessere Bilanz. Aufgrund der Siliziumknappheit vergangener Jahre gab es einige Newcomer auf dem Gebiet der Reinstsiliziumherstellung. Aufgrund mangelnder Prozesserfahrung wenden diese aber häufig das klassische Siemensverfahren mit den hohen Energieverbräuchen an [3].
Das Fließbettverfahren als Alternative ist unter Umweltgesichtspunkten am besten, liefert aber noch zu geringe Mengen an Reinstsilizium.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Dass das umweltsichere Handling der Nebenstoffe und Abfälle keine Selbstverständlichkeit ist, hat der Siliziumhersteller Luoyang Zhonggui aus China gezeigt. Die Abfälle und Nebenprodukte wurden auf der Fläche vor dem Werksgelände ausgeschüttet. Die Behörden sind nicht eingeschritten, erst die Veröffentlichung in der Washington Post brachte den Stein ins Rollen. Der Modulhersteller Suntech war ein großer Kunde von diesem Siliziumhersteller. Die Reputation von Suntech hatte durch diesen Umweltskandal sehr gelitten. Aus Sicht von Murphy&Spitz zeigt das Beispiel klar, dass die PV-Industrie die Weiterverwendung der Nebenprodukte und eine ordnungsgemäße Entsorgung selbst prüfen muss.

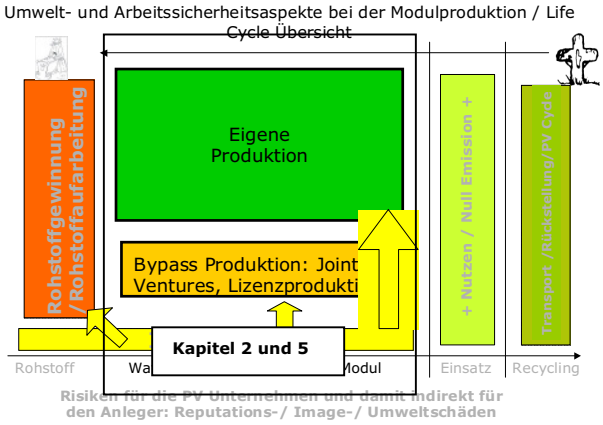
Big Points

- Reinstsiliziumproduktion: der Schritt mit der höchsten Umweltrelevanz außerhalb der eigenen Produktion der PV-Unternehmen (1kg Reinstsilizium = 19 kg Nebenstoffe, energieintensiv)

- Ein auf Nachhaltigkeit bedachter Modulhersteller wendet bei seinem Reinstsiliziumlieferanten die folgenden Kriterien an:
  - Reinstsiliziumlieferanten wendet mindestens ein modifiziertes Siemensverfahren an
  - Lieferant stellt die Weiterverwendung der anfallenden Nebenprodukte sicher
  - Lieferanten ist nach ISO14001 zertifiziert
  - Verwendung der Nebenprodukte und ordnungsgemäße Entsorgung der Abfälle werden durch das PV-Unternehmen im Rahmen eines Lieferantenaudits zusätzlich geprüft
  - Wenn die Weiterverwendung der Nebenprodukte und eine ordnungsgemäße Entsorgung durch das PV Unternehmern nicht vollständig geprüft werden kann, sollten Geschäftsbeziehungen unterbleiben

2.1.2 Produktion der Module

Die weiteren Schritte der Wertschöpfungskette finden in den meisten Fällen durch das PV-Unternehmen selbst statt bzw. einzelne Prozessschritte werden an Bypasslieferanten ausgelagert



©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

2.1.2.1 Schritt 3: vom Reinstsilizium zum Poly- oder Monosilizium

Verfahren

Der Ausgangsstoff für die Zellproduktion, das Reinstsilizium aus Schritt 2 ist nun fertig. Der nächste Schritt besteht darin, das Reinstsilizium wieder einzuschmelzen und in eine bestimmte Form und Kristallanordnung zu bringen. Hier wird in mono- und polykristalline Zellen unterschieden.

Weitere Aufarbeitung des Reinstsiliziums

Eine monokristalline Zelle (c-SI) bedeutet, dass die Zelle aus einem Kristall besteht. Einen solchen Einkristall erzeugt man mit dem energieaufwändigen Czochralski-Verfahren. Den Monokristall erkennt man bei dem späteren Modul an seiner homogenen Oberfläche.

Monosiliziumherstellung sehr energieaufwändig

Multi- oder polykristallin besagt, dass die Zellorientierung nicht überall gleich ist. Polykristalline Zellen werden größtenteils durch Gießverfahren hergestellt. Diese Zellen erkennt man an dem eisblumenartigen Muster.

Polysiliziumherstellung mit Gießverfahren

Umweltaspekte bei diesem Prozessschritt

Um einen Monokristall herzustellen, braucht man wesentlich mehr Energie als um einen Polykristall herzustellen. Dafür hat die monokristalline Zelle aber auch während ihrer späteren Nutzung einen höheren Wirkungsgrad.
Hier wird deutlich, dass immer mehrere Stellschrauben zu beachten sind, wenn man einen Prozess unter Umweltgesichtspunkten beurteilen möchte. Man kann also nicht von einem aufwändigeren Prozessschritt gleich schlussfolgern, dass die gesamte Umweltbilanz eines Moduls besser oder schlechter ist. Eine zusammenfassende Bewertung, die alle Prozessschritte von ihrer Energiebilanz her berücksichtigt, wird in Kapitel 2.1.2.5 vorgestellt.

2.1.2.2 Schritt 4: vom Mono- bzw. Polykristall zum Wafer

Verfahren

Als Ergebnis, ob polykristallin oder monokristallin, bekommt man aus Schritt 3 eine Siliziumstange, die maßgenau zu einem Block mit definierter Kantenlänge gesägt werden muss. Dieser Block wird danach noch in Scheiben gesägt, in die sogenannten Wafer. Diese stellen die Grundelemente der Solarzellen dar. Die Scheiben zu sägen erfordert Linearität, Konstanz und eine perfekte Abstimmung von Geschwindigkeiten, Druck und Schneidflüssigkeit, um so wenig Bruch und Verschnitt wie möglich zu erzeugen.

Siliziumblock in Scheiben/Wafer sägen

Umweltaspekte bei diesem Prozessschritt

Bei diesem Prozessschritt wird aus Sicht von Murphy&Spitz Research der direkte Zusammenhang von wirtschaftlicher und ökologischer Effizienz deutlich: nachdem das PV-Unternehmen das teure Rohsilizium aufbereitet und man all die energieintensiven Vorstufen durchlaufen hat, ist es natürlich wichtig, Verfahren anzuwenden, die möglichst wenig Verschnitt haben. Ineffiziente Verfahren mit viel Verschnitt erhöhen die Kosten und verschlechtern die Umweltbilanz, da das Material bereits einen gut gepackten energetischen Rucksack beinhaltet. Der energetische Rucksack bezeichnet den Energieaufwand, der durch die bisherigen Prozessschritte bereits in dem Produkt steckt.

Effizienz des Sägeverfahrens

Verschnitt bedeutet hohe Kosten und schlechte Umweltbilanz

Das heißt, bei diesem Verfahrensschritt ist die Effizienz des Schneideverfahrens unter Umweltgesichtspunkten entscheidend. Zudem ist der Verschnitt mit Schneidhilfsmittel und Drahtabrieb verunreinigt (sogenannter Slurry) und kann nicht ohne Weiteres wieder zurückgewonnen werden.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Verfahren ohne Schneiden und Sägen: String Ribbon

Es gibt auch Verfahren, bei denen Solarzellen direkt erzeugt werden, ohne den Weg über den Kristallblock und das Sägen aus Kristallblöcken zu gehen. Beispielsweise das „String Ribbon" Verfahren der US-amerikanischen Firma Evergreen Solar. Hier werden die Wafer zwischen zwei Fäden direkt aus der Schmelze gezogen. Bei diesem Verfahren entfällt das abwasser-, energie- und abfallintensive Sägen. Das Verfahren wird auch bei der Life Cycle Analyse von Erik Alsema und Mariska de Wild Scholten [6] als das umweltfreundlichste genannt, hat aber noch keine weite Verbreitung.

Umweltfreundlich aber wenig verbreitet

2.1.2.3 Schritt 5: vom Wafer zur Solarzelle / Solarzellenprozess

Verfahren

Die Wafer laufen auf ihrem Weg zur Solarzelle verschiedene Prozessschritte durch. Natürlich hat jeder Hersteller noch seine eigenen Varianten und Konzepte. Im Folgenden werden zunächst die grundsätzlichen Schritte und dann ihre Umweltrelevanz beschrieben.

Prozesschritte der Halbleiterher-stellung

- Ätzen und Reinigen

Die Rohwafer werden auf der sogenannten Nassbank nasschemisch gereinigt, da sie mit Schneidhilfsmittels und Drahtabrieb verunreinigt sind.

Die Reinigung erfolgt mit starken Säuren (Wasserstoffperoxid, Ammoniakwasser und Salzsäure sowie heißer Salpetersäure). Sie kann aber auch mit starken Laugen erfolgen. Hier entstehen entsprechende Abwässer, die Ammonium, Salpetersäure, Metallionen und Tenside enthalten.

Reinigung durch Ätzen

- 1. Ätzbad

Nach der Reinigung wird die Waferoberfläche mit Hilfe eines Ätzbades für den PN-Übergang / die Dotierung vorbereitet. Dies kann mit Hilfe eines Ätzbades erfolgen, das sauer oder alkalisch einen Teil des Siliziums in Lösung bringt.

Oberflächenvor-bereitung durch Ätzbad

- Aufbringen der Halbleiterschicht (PN-Übergang) /Dotierung

Eine Photozelle besteht aus einem großflächigen PN-Übergang. Bei diesem Prozessschritt sollen die positiv leitenden Wafer mit einer N- leitenden Oberfläche versehen werden. Um diese zu erzeugen, werden die Wafer einer phosphorhaltigen Atmosphäre (Phosphoryltrichlorid $POCl_3$) ausgesetzt. Bei hohen Temperaturen (900°C) diffundieren die Phosphorteilchen in den Wafer hinein. Hierdurch erfolgt eine Umdotierung der Waferoberfläche vom positiven zum negativen Typ.

Aufbringen der PN-Schicht/ Dotierung

- 2. Ätzbad:

Durch den vorhergehenden Schritt der Dotierung scheidet sich eine unerwünschte Phosphorsilicatglasschicht ab. Diese Schicht wird in einem zweiten Ätzbad zumeist mit Flusssäure (HF) entfernt.

Reinigung durch zweites Ätzbad

- Antireflexionsschicht

Durch einen plasmaverstärkten Vakuumprozess werden die Reaktionsgase Ammoniak und Silan bei 400°C an der Oberfläche des Wafers als Siliziumnitrit abgeschieden. Diese Schicht erzeugt auch die charakteristische blaue Farbe.

Charakteris-tisches Blau durch Antireflexions-schicht

- Metallisierung / Oberflächenvergütung

Um die elektrische Ladung aus der Zelle ziehen zu können, werden per Siebdruck Kontaktgitter aus Silberpaste aufgebracht. Auf der Vorderseite entsteht so das charakteristische Gittermuster. Die Silberpaste enthält das Schwermetall Blei. Die Rückseite bekommt ebenfalls zwei Kontaktstreifen aus dieser Paste und zusätzlich eine Schicht aus Aluminium. Diese wirkt wie eine

Kontaktgitter durch Metallisierung

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Art Spiegel auf die Elektronen. Bei 900 °C werden die Kontakte eingebrannt und bilden so einen zuverlässigen elektrischen Kontakt.

Umweltaspekte bei diesem Prozessschritt

Hoch-konzentrierte Säuren und Basen

Der Schritt vom Wafer zur Solarzelle beinhaltet viele Umwelt- und Arbeitsschutzaspekte. Der Umgang mit hochkonzentrierten Säuren und Basen erfordert einen hohen Standard und Prozesssicherheit; man hat es mit ätzenden, zum Teil hochgiftigen, brandfördernden chemischen Substanzen zu tun und es entstehen entsprechende Dämpfe.

Abluftreinigung mittels Nasswaschen

Gerade unter Arbeitsschutzaspekten ist daher eine sichere Ablufterfassung und Reinigung wesentlich. Der Standard für gut aufgestellte PV-Unternehmen sind dabei Nasswäscher. Bei diesen wird die Abluft durch ein flüssiges Absorptionsmedium geleitet. Wenn das Absorptionsmedium aufgebraucht ist, entsteht auch hier eine zusätzliche Abwasserquelle.

Abwässer und Abfälle durch Ätzlösungen

Die erschöpften Ätzlösungen aus dem ersten und zweiten Ätzbad müssen entweder innerbetrieblich wiederaufbereitet oder als Abfall einem externen Entsorger übergeben werden. Es entstehen je nach Hersteller unterschiedliche spezifische Abwassermengen aufgrund verschiedener Ätz- und Spülbedingungen.

Niveau der Abwasserver-meidung kann über Abwasser-Verordnung eingeordnet werden

Für eine Bewertung des Niveaus der Abwasservermeidung und Abwasserbehandlung verschiedener PV-Unternehmen kann auch der Anhang 54 der deutschen Abwasserverordnung als Basis hinzugezogen werden. Hier werden die Abwasservermeidungs- und Behandlungsmöglichkeiten nach dem Herkunftsbereich der Abwässer dargestellt, speziell auch für die Abwässer aus dem Solarzellenprozess [7].
Eine detaillierte Abfrage nach den Abwasservermeidungs- und Abwasserbehandlungsverfahren hätte den Rahmen der Studie gesprengt. Die verwendeten Chemikalien und Stoffströme sind abgefragt worden.

Eine Übersicht der eingesetzten chemischen Stoffe ist im Anhang I zu finden.
Auf das Schwermetall Blei in der Silberpaste wird im nächsten Kapitel eingegangen.

2.1.2.4 Schritt 6: von der Solarzelle zum Modul/ Modulfertigung

Verfahren

Elektrische Verschaltung der Module

Bei diesem Schritt werden die einzelnen Solarzellen durch Lotbändchen zu größeren Einheiten miteinander elektrisch verschaltet (Strings). Der Lötzinn enthält Blei.

Einkapseln der Module durch Laminieren mit EVA Folie

Die miteinander verschalteten Zellen werden in transparentem Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA) eingebettet und frontseitig mit einer Glasscheibe abgedeckt. Vorwiegend nimmt man dazu ESG –Glas (Einscheibensicherheitsglas).
Auf die Rückseite kommt auch eine EVA Schicht und darauf eine witterungsfeste Kunststoffverbundfolie z.B. Polyvinylfluorid (Tedlar®).

Dann werden die Schichten laminiert, indem bei Unterdruck und einer Temperatur von 150°C eine klare vernetzte Kunststoffschicht entsteht. In diese sind die Zellen eingebettet und fest mit der Rückseitenfolie verbunden. Zum Abschluss wird das Modul noch mit Anschlussdose, Freilaufdioden und einem Rahmen aus Aluminium oder Edelstahl versehen. Es gibt mittlerweile auch rahmenlose Module.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Umweltaspekte bei diesem Prozessschritt

Der Stoff EVA kann als vergleichsweise unbedenklich eingestuft werden. Bei Tedlar® handelt es sich um ein fluorhaltiges Polymer. Fluor hat ein hohes Ozonschädigungspotenzial, Polyvinylfluorid selbst ist im Montreal-Protokoll (zum Schutz der Ozonschicht) nicht aufgeführt.

EVA Folie unbedenklich

Der Schritt des Laminierens, der ja die Langlebigkeit des Produkts gewährleisten soll, hat natürlich Auswirkungen auf den Aufwand und die Trennbarkeit im Recyclingprozess sowie die Möglichkeit, das Modul in seinem Lebenszyklus zu reparieren.
Hier zeigt sich aus Sicht von Murphy&Spitz Research ein typischer Zielkonflikt: das Modul soll einerseits über mehr als 20 Jahre halten aber danach auch wieder in seine Einzelstoffe zerlegbar und recycelbar sein.
Unter diesem Umweltgesichtspunkt ist bei der Modulproduktion besonders interessant, inwieweit der Hersteller den Gedanken des „Design für Environment" berücksichtigt. Das bedeutet schon beim Design sowohl die Langlebigkeit im Auge zu haben als auch das „Ende" des Produkts.

Zielkonflikt: Design for Environment und Langlebigkeit der Produkte

Der andere wesentliche Umweltaspekt bei diesem Prozessschritt ist das Schwermetall Blei im Lötzinn. Aufgrund der RoHS Richtlinie (EG Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten) in Kombination mit der Elektronikschrott Richtlinie WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) der Europäischen Union wurde die Verwendung von Blei in Elektronikgeräten untersagt. Die Elektronikrichtlinie wird aber nicht auf Solaranlagen angewandt, da diese ortsfest sind. Dies bedeutet, dass bei dem Lötzinn nach wie vor Blei verwendet werden darf.

Blei im Lötzinn und im Lot

Mitsubishi Electric setzt schon seit 2003 kein bleihaltiges Lot mehr ein. Auch ist es ihnen mittlerweile gelungen, polykristalline Solarzellen herzustellen, die keine Lötschicht mehr benötigen und bei denen die Zellverbindungen aus bleifreiem Lot sind. Das heißt, es gibt bleifreie Zellen. Solarworld hat angekündigt, auch bald im Lötzinn und im Lot auf Blei verzichten zu können.

Es gibt bereits bleifreie Module

2.1.2.5 Zusammenfassung der Schritte vom Reinstsilizium bis zum Modul:

Module sind ein umwelfreund-liches Produkt und benötigen zur Herstellung Chemikalien und Energie wie es bei der Halbleiterher-stellung üblich ist.

Die Produktion von Modulen beinhaltet viele Umwelt- und Arbeitsschutzaspekte. Unabhängig davon, ob ein für die Umwelt sehr taugliches Produkt dabei herauskommt, handelt es sich um eine Halbleiterfertigung mit all ihren chemischen Stoffen und energieaufwändigen Schritten.

Der Umgang mit hochkonzentrierten Säuren und Basen erfordert einen hohen Standard und Prozesssicherheit; man hat es mit ätzenden, zum Teil hochgiftigen, brandfördernden chemischen Substanzen zu tun. Natürlich entstehen dabei auch entsprechende Abwässer und Abfallstoffe. Im Anhang I ist eine Tabelle mit einer Übersicht zu den verwendeten Chemikalien.

Neben den eingesetzten Stoffen ist der Prozess an vielen Stellen energieaufwändig.
Die folgende Abbildung fasst aus Sicht von Murphy&Spitz Research sehr gut die Energierelevanz der einzelnen Prozessschritte zusammen. Es handelt sich um die Darstellung der Energy Pay-Back Time (EPBT, Energierücklaufzeit) für die verschiedenen vorgestellten kristallinen Zelltypen. Die EPBT definiert, nach welcher Zeit die für die Produktion eingesetzte Energiemenge durch die von dem Modul produzierte Menge wieder ausgeglichen ist.

Energy Pay-Back Time (EBPT) = Energieaufwand zur Herstellung / produzierter Energie im Produktleben

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

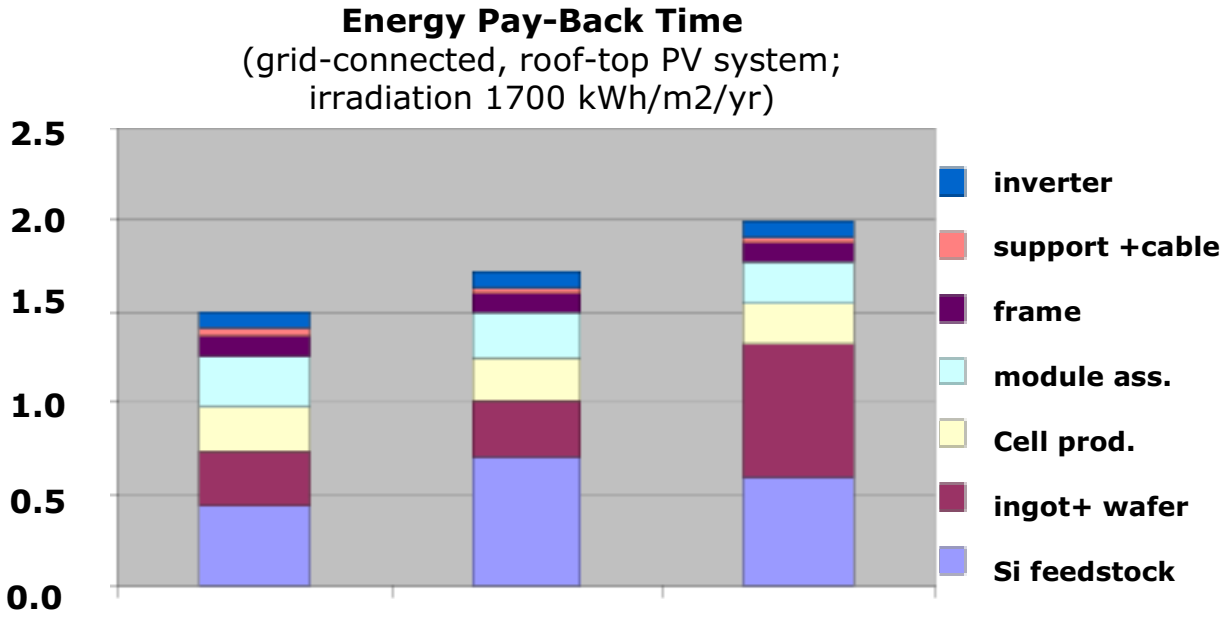


Abbildung 1) Energierücklaufzeit (EPBT) verschiedener Module nach der kristallinen Technologie/ mit freundlicher Genehmigung von Erik Alsema [6].

Die Abbildung veranschaulicht sehr deutlich, welchen Energieeinsatz die einzelnen Schritte der Wertschöpfungskette erfordern.
Man sieht, dass die Reinstsilizium Herstellung (Si Feedstock) den größten Anteil bei der string ribbon Technik und bei den polykristallinen Zellen ausmacht und auch bei den monokristallinen Zellen ins Gewicht schlägt. Noch höher ist für die monokristallinen Zellen der Energieaufwand für die Ingot Herstellung.

Reinstsiliziumherstellung: Schritt mit der höchsten Energierelevanz

Bei der Herstellung von Zellen nach der kristallinen Zelltechnologie ist der Prozessschritt der Rohstoffaufarbeitung der mit der höchsten Umweltrelevanz. Zum einen aufgrund seines Energieaufwandes und zum anderen aufgrund des hohen Aufkommens an Nebenprodukten (1 kg Reinstsilizium und 19 kg Nebenprodukte). Da die Rohstoffaufarbeitung von den PV-Unternehmen nicht selbst durchgeführt wird, tauchen der entsprechende Aufwand und Umweltaspekte auch nicht in den Jahresberichten und Umweltbilanzen der PV-Unternehmen auf.

Monokristalline Zellen höchste EPBT bei den kristallinen Zellen

Reinstsiliziumherstellung hat neben hohem Energieaufwand auch hohes Aufkommen an Nebenprodukten

Eine umweltfreundliche und nachhaltige Modulproduktion zeichnet sich aus Sicht von Murphy&Spitz Research also maßgeblich dadurch aus, wie nachhaltig die Reinstsiliziumlieferanten arbeiten, welche Anforderungen das PV-Unternehmen an sie stellt und wie es diese Anforderungen auch überprüft.

Nachhaltige Modulproduktion zeichnet sich dadurch aus, dass PV-Unternehmen und Reinstsiliziumlieferant nachhaltig arbeiten

Big Points

- Module sind von positivem Umweltnutzen während ihres Gebrauchs, ihre Produktion aber beinhaltet alle Umweltaspekte, die zur Halbleiterproduktion dazu gehören (Einsatz von Chemie und Energieaufwand)
- Umgang mit hochkonzentrierte Säuren und Basen, erfordert hohen Anspruch an den Arbeitsschutz

- Verzicht auf Blei in Loten und Pasten möglich, nur einzelne Hersteller tun es

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

- String Ribbon Technologie unter Energierücklaufzeit-Betrachtung am besten

2.2 Dünnschichttechnologie

2.2.1 Vergleich Dünnschicht und kristalline Zelltechnologie

Dünnschichtzellen sind ca. 100 mal dünner als die im vorhergehenden Kapitel besprochenen Zellen aus kristallinem Silizium.
Gerade in der Zeit der Siliziumknappheit entwickelte sich die Dünnschichttechnologie rasant, da deutlich weniger Material verbraucht wird und auch andere Stoffe als Silizium zum Einsatz kommen können.

Dünnschicht-module benötigen weniger Material

Die Produktionsverfahren sind einfacher und grundlegend anders als bei den kristallinen Modulen. Die Module werden nicht aus einzelnen Zellen zusammengesetzt. Die Halbleiter werden in dünnen Schichten einmal großflächig auf einer Scheibe (Trägermaterial) als ganzes abgeschieden und dann in einzelne Segmente unterteilt. Es werden also nicht wie bei der kristallinen Zelltechnologie einzelne Wafer hergestellt und gesägt und dann zu Modulen zusammengebaut, sondern die Module werden direkt großflächig hergestellt und danach mit Lasern in kleine Zellen unterteilt. Als Trägermaterial kann Glas, Metall- oder Plastikfolie dienen.
Die Art der Verschaltung unterscheidet sich auch von den kristallinen Zellen. Bei diesen muss Zelle pro Zelle verlötet werden. Die Dünnschichtzellen hingegen sind intern verbunden, durch spezielle Strukturierungsschritte zwischen den einzelnen Herstellungsschritten.

Einfacheres Produktionsver-fahren als bei kristalliner Technologie

Keine einzelnen Zellen sondern großflächige Abscheidung auf Glas

Die Wirkungsgrade der Dünnschichtmodule sind geringer im Vergleich zu den Modulen aus der kristallinen Zelltechnologie. Dafür haben die Dünnschichtmodule wesentlich breitere Einsatzmöglichkeiten, da sie praktisch frei wählbar in ihrer Form sind und sogar als Folie hergestellt werden können. So können Dünnschichtmodule beispielsweise als Fassadenelemente in der Gebäudehülle integriert werden.

Der Wirkungsgrad ist kleiner als bei kristallinen Modulen

2.2.2 Herstellungsprozess Dünnschichttechnologie

Die Rohstoffgewinnung wird erst bei den aufgetragenen Halbleitern (Schritt 3) interessant, so dass dort erst darauf eingegangen wird.

2.2.2.1 Schritt 1: Das Trägermaterial Glas mit TCO Beschichtung versehen

Verfahren

Als Trägermaterial für die Dünnschichthalbleiter am weitesten verbreitet ist Glas. Zwei verschiedene Glasarten werden vornehmlich benutzt: zum einen Flachglas und zum anderen sogenanntes „Low Iron Solar Glas".
Das Low Iron Glas hat eine extrem hohe Lichtdurchlässigkeit, die für die Solarmodule von Vorteil ist.
Meistens handelt es sich bei den Dünnschichtmodulen um Glas-Glas Module, d.h. Vorder- und Rückseite bestehen aus Glasflächen.

Schritt 1 Trägermaterial für die Halbleiter sind Glasplatten

Low-Iron Glas ist optimal

Das Glas auf der Vorderseite wird mit einer dünnen elektrischen Schicht, einer sogenannten TCO Schicht versehen. TCO steht für Transparent Conductive Oxide. Diese Schicht bringt die Leitfähigkeit auf das Glas und soll zusätzlich durch seine Oberflächenmorphologie das Lichteinfangpotenzial erhöhen. Das Lichteinfangen ist wichtig, da bei den dünnen Schichten das Licht nur kurze Wege hat, man aber eine maximale Absorption erreichen möchte. Um die maximale Absorption zu erreichen, wird versucht den Lichtweg in der

TCO = Transparent Conductive Oxide

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Solarzelle zu verlängern. Dies geschieht mittels der TCO Schicht auf der Frontseite und einem Reflektor auf der Rückseite der Zelle. Durch die Verwendung einer rauen TCO Schicht als transparentem, lichtstreuendem Frontkontakt wird das einfallende Licht an der Grenzfläche gestreut und im Zusammenwirken mit einem verspiegelten Rückkontakt in der Solarzelle eingefangen.

TCO verbessert Absorption und bringt Leitfähigkeit auf das Glas

Das Aufbringen der TCO Schicht geschieht über das sogenannte Sputtern. Beim Sputtern werden Atome aus einem Festkörper durch Beschuss mit energiereichen Ionen herausgelöst. Sie gehen in die Gasphase über, um sich dann in dünner Schicht auf der Glasscheibe abzuscheiden.

TCO Schicht wird durch Sputtern aufgebracht

Umweltaspekte bei diesem Prozessschritt

Unter Umweltgesichtspunkten schneidet das Low Iron Glas im Vergleich zum Flachglas allerdings etwas schlechter ab, da die Rohstoffe hierfür weitere Wege zurücklegen müssen. Als Material für die TCO Schicht wird häufig fluordotiertes Zinnoxid verwendet.

TCO Schicht ist häufig mit ozonschädigendem Fluor ausgerüstet

Umweltfreundlicher ist es, für die TCO Schicht einen nicht mit dem ozonschädigenden Fluor ausgerüsteten Stoff zu verwenden. Hierzu kommt Zinkoxid in Betracht. Zinkoxid schlägt sich zudem bei niedrigeren Temperaturen nieder. Dies bedeutet, dass man eine noch größere Auswahl bei den Trägermaterialien hat, da man die Schicht auch auf ein Substrat wie Plastikfolien aufbringen kann, ohne dass die Folie Schaden nimmt.

Zinkoxid kommt ohne Fluor aus

Die notwendige Technik für die Beschichtung mit Zinkoxid ist durch die Firma Oerlikon Solar auch bereits verfügbar. [8]. Hierbei erfolgt die Beschichtung über das Low Pressure Chemical Vapour Deposition Verfahren (LPCVD Verfahren).

Es gibt bereits Verfahren, die mit Zinkoxid arbeiten

Bei diesem Verfahren reagieren metallorganisches Diethylzink $Zn(C_2H_5)_2$ und Wasserdampf zu Zinkoxid (ZnO). Der Schritt erfolgt bei 200°C auf der erwärmten Substratoberfläche und unter reduziertem Druck [9].

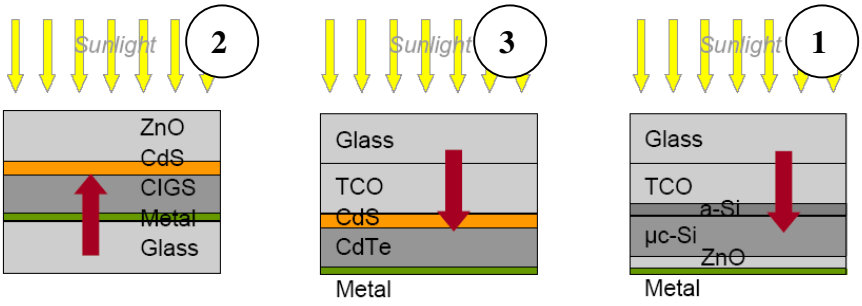
2.2.2.2 Schritt 2: Auftragen der PN-leitenden Schichten

Verfahren

Um auch bei geringen Schichtdicken eine hohe Absorption zu erreichen, bedient man sich der schon erwähnten Lichtfallen und setzt zudem direkte Halbleiter wie Kupfer-Indium Diselenid oder Cadmium Tellurid ein. Die Dünnschichtmodule verschiedener Hersteller unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Wahl des Halbleitermaterials. Die gängigsten N-Halbleiter sind:

Die Glasplatte mit den Halbleitern beschichten

1. **amorphes Silizium (a-Si)**
2. **Kupfer-Indium Diselenid (CIGS)**
3. **Cadmium Tellurid (CdTe)**



Die verschiedenen Halbleiter haben verschiedene Umweltaspekte

Abbildung 2) Schichtaufbau der gängisten Dünnschichtmodule / mit freundlicher Genehmigung von Mariska de Wild-Scholten [10].

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Jeder der drei N-Halbleiter erfordert ein gänzlich eigenes Verfahren zum Aufbringen der Schichten. Dabei hat jedes Verfahren andere Umweltaspekte. Aus diesem Grund werden die verschiedenen Verfahren im Folgenden ausführlich dargestellt:

Zu 1. Amorphe Silizium Zellen (a-Si) und Tandemzellen

Amorphes Silizium ist in einer ungeordneten Struktur angeordnet. Das Absorptionsverhalten ist besser als von kristallinem Silizium. Zur Herstellung von amorphem Silizium wird wesentlich weniger Energie gebraucht.

Abscheidung durch Gasphasenab-scheidung

Die amorphe Siliziumschicht wird mit dem PECVD Prozess (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition, zu deutsch: plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung) hergestellt.
Bei dem PECVD Prozess strömt gasförmiges Silan (eine Verbindung aus Silizium und Wasserstoff) in ein hochfrequentes Wechselfeld zwischen zwei Elektroden. In diesem Wechselfeld entsteht ein Plasma. Das Silan spaltet sich im Plasma in reines Silizium und Wasserstoff auf. Das Silizium scheidet sich dann aus der Plasmaphase direkt auf das Glas ab.

Tandemzellen haben zusätzlich zu der amorphen Schicht eine kristalline Siliziumschicht

Bei Tandemzellen geht man noch einen Schritt weiter und bringt über der amorphen Siliziumschicht noch eine Schicht aus monokristallinem Silizium (Silizium mit geordneter Struktur) auf. Der Clou ist, dass beide Schichten zusammen nahezu das gesamte Spektrum des Lichtes zur Stromerzeugung nutzen können. Auch von Vorteil ist, dass beide über das gleiche Verfahren (PECVD) aufgebracht werden können, je nachdem, wie man die Prozessparameter einstellt.

Umweltaspekte bei diesem Halbleiter

Ablagerungen in den Prozesskam-mern werden zum Teil mit klima-schädlichen Gasen gereinigt SF_6 und NF_3

In der Kammern für den PECVD Prozess entstehen siliziumhaltige Ablagerungen an den Wänden bzw. an den Aufbauten in der Prozesskammer. Diese Ablagerungen müssen nach einer bestimmten Durchsatzrate gereinigt werden. Einige Hersteller nutzen Schwefelhexafluorid (SF_6) und Stickstofftrifluorid (NF_3) zur Reinigung [10].
Beide Gase haben ein hohes „Global Warming Potenzial". Das Global Warming Potenzial (GWP) bezeichnet das Potenzial die Erderwärmung voranzutreiben, normiert auf das Potenzial von CO_2.

Global Warning Potenzial (GWP) von SF_6 und NF_3 erheblich

Das GWP von NF_3 ist 17200 mal höher als das von CO_2.
SF_6 hat ein noch höheres GWP, es ist um das 22800-fache höher als das von CO_2.

Außerdem sind Fluorverbindungen ein Ozonkiller, sie weisen ein hohes Ozon Abbaupotenzial auf (ODP, Ozon Depletion Potenzial).

NF_3, das im Kiotoprotokoll fehlende Klimagas

NF_3 ist zusätzlich heikel, da es nicht in das Kiotoprotokoll aufgenommen wurde, da 1997 die verwendeten Mengen zu gering erschienen. NF_3 wird heute vielfach als Ersatzstoff für Fluorkohlenwasserstoffverbindungen eingesetzt, deren Verwendung aus Umweltschutzgründen eingestellt wurde. Deshalb ist der NF_3 Verbrauch stark angestiegen, und es wird inzwischen als das „im Kiotoprotokoll fehlende Klimagas" bezeichnet. [11].
NF_3 ist ein toxisches Gas und hat die Fähigkeit rote Blutzellen zu zerstören. Bei den Prozessen ist also eine besonders sichere Produktionsweise zum Schutz der Beschäftigten wichtig.

Die gute Umweltbilanz der Dünnschichtzellen mit Silizium wird aus Sicht von Murphy&Spitz Research durch den Gebrauch von NF_3 erheblich verschlechtert, wie die folgende Abbildung zeigt. NF_3 und SF_6 sollten reduziert und vermieden werden.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Carbon Footprint verschiedener Dünnschichtmodule

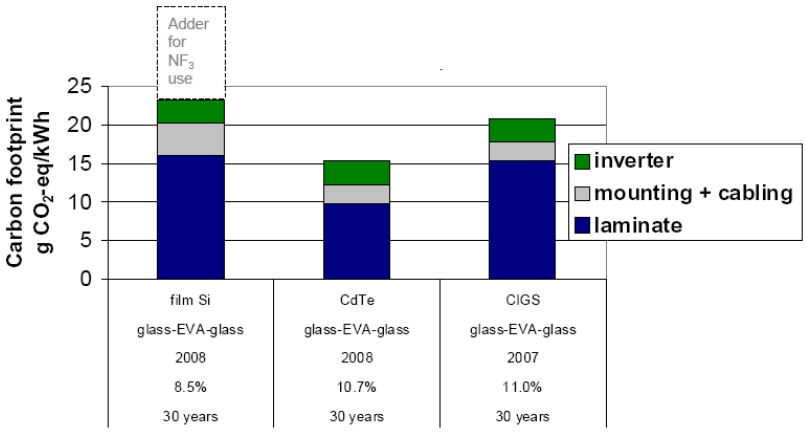


Abbildung 3) Carbon Footprint verschiedener Dünnschichtmodule unter Berücksichtigung des NF3 Gases bei den amorphen Silizium Modulen / mit freundlicher Genehmigung von Mariska de Wild-Scholten [12].

Zu 2. CIS als Halbleitermaterial

Verfahren

CIS steht für Kupfer-Indium-Diselenid ($CuInSe_2$).

Diese Halbleiter sind von selbst P-leitend. Der Schichtaufbau einer CIS Zelle besteht aus einer Fensterschicht mit Aluminuim dotiertem Zinkoxid. Als N-leitende Schicht wird Cadmiumsulfid (CdS) aufgetragen und danach kommen Selen, Indium und Kupfer. Zum Abschluss als Rückkontakt kommt eine dünne Schicht aus Molybdän, die auf Fensterglas oder Folie aufgebracht ist.

Kupfer-Indium-Diselenid als Halbleiter

Aktuell wird die Kupferschicht durch einen galvanischen Prozess erzeugt. Die beiden anderen Schichten aus Selen und Indium entstehen durch Verdampfungsprozesse im Vakuum, dabei können Haftungsprobleme auf dem Kupfer auftreten.

Umweltaspekte bei diesem Halbleiter

Bei Indium handelt es sich um ein sehr seltenes Halbleitermetall. Bezüglich der Verfahren sind die Verdampfungsprozesse im Vergleich zu nasschemischen Verfahren energieintensiv.

Indium ist ein sehr seltenes Element

Die nasschemische Abscheidung und damit eine energieeffizientere und massenproduktionstaugliche Produktion befindet sich zur Zeit noch in der Erprobung. Dabei weit vorangeschritten ist das Fraunhofer IPA Institut.

Abscheidung sehr energieintensiv

Bei der nasschemischen Variante entstehen allerdings auch wieder Abwässer, so dass man aus Sicht von Murphy&Spitz Research bei der Bewertung der Umweltrelevanz die weitere Entwicklung noch abwarten muss.

Zu 3. Cadmium Tellurid als Halbleitermaterial

Verfahren

Die Verbindung aus Cadmium und Tellurid, das sogenannte Cadmium Tellurid ist eine kristalline Verbindung. In dieser Form ist sie ein direkter Bandlücken Halbleiter.

Cadmium Tellurid als Halbleiter

Cadmium Tellurid ist ein natürlich P-leitender Halbleiter. Das Material hat ein sehr hohes Absorptionsvermögen, so dass man mit sehr dünnen Schichten auskommt.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Der Schichtenaufbau besteht wie bei den CIS-Zellen zunächst aus Glas und einer TCO-Schicht. Diese baut sich meist aus Indium-Zinnoxid oder fluordotiertem Zinnoxid auf. Dann kommt als N-Halbleiter Cadmiumsulfid (CdS), danach folgt die aktive CdTe Schicht mit einer Schichtdicke um 5 µm. Die beiden letztgenannten Schichten werden mittels Closed Space Sublimation (CSS) aufgetragen. Dabei wird das CdTe aus einem auf 650°C geheizten Grafittiegel auf die darüber hinweggleitenden Glassubstrate übersublimiert. Der Prozess funktioniert nur in geschlossenen Prozesskammern. CdTe wächst dabei ohne weitere aktive Dotierprozesse P-leitend an. Das Cadmiumsulfid wird über das gleiche Verfahren aufsublimiert. Nach einer thermischen Aktivierung der Schichten wird der metallische Rückkontakt aufgebracht. Der Produktionsprozess ist abwasserfrei.

Sehr dünne Schichten möglich

Abscheidung mit Closed Space Sublimition (CSS)

Abwasserfreie Produktion

Umweltaspekte bei diesem Halbleiter

Cadmium Tellurid Diskussion:

Cadmium ist ein Schwermetall und seine Verwendung in Modulen ist umstritten. Es stehen erhebliche finanzielle Interessen hinter dem Einsatz dieser Technologie wie auch von Konkurrenzunternehmen gegen den Einsatz dieser Technologie. Daher ist es aus Sicht von Murphy&Spitz Research wichtig, die Urheber von Studien und Fakten zu diesem Thema zu benennen und den Stand der Diskussion möglichst sachlich aufzuzeigen. Da das Thema auch aktuell noch stark diskutiert wird, wird das Thema an dieser Stelle vertieft behandelt. Im Folgenden wird auf den Stoff an sich, sein Verhalten bei der Produktion der Dünnschichtmodule und möglicher Gefahren während des Lebenszyklus eingegangen (Recycling kommt in Kapitel 3).

CdTe Diskussion

Neben Umweltbedenken beeinflussen auch finanzielle Interessen die Diskussion

Die Ausgangsstoffe Cadmium und Tellurid

Cadmium Gewinnung:

Das Cadmium kommt nur in sehr geringen Mengen in der Erdkruste vor. Es handelt sich um einen giftigen und umweltgefährlichen Stoff. Cadmium entsteht als Abfallprodukt bei der Zink-, Kupfer- und Bleigewinnung. Sofern das Cadmium nicht in der PV-Industrie eingesetzt wird, müsste es einer sicheren Entsorgung zugeführt werden. Cadmium darf in metallischer Form in den meisten elektronischen Geräten nicht mehr verwendet werden.

Cadmium Abfallprodukt aus Kupfergewinnung

Tellurid

Metallisches Tellur ist giftig und ein sehr seltenes Element, von seiner Häufigkeit fast so selten wie Gold. Tellur wird als Nebenprodukt bei der elektrolytischen Kupfer- und Nickelherstellung gewonnen, zum Beispiel aus dem Anodenschlamm bei der Kupferraffination.

Tellurid seltenes und giftiges Element

Cadmium Tellurid

Die Giftigkeit und Umweltschädlichkeit von Cadmium und Tellur als Einzelelemente ist relativ gut untersucht und hat sich durch diverse Unfälle leider auch praktisch gezeigt. Die Giftigkeit von Cadmium Tellurid allerdings ist wenig erforscht.

Es gibt einen Summary Report der EU, bei dem mehrere unabhängige Wissenschaftler, die vom Bundesministerium für Umweltschutz und dem Join Research Center der EU ausgewählt wurden, die derzeitigen Studien zum Thema CdTe zu bewerten [13].

Dort kommt man zu dem Schluss, dass die Verbindung Cadmium Tellurid hinsichtlich seiner Auswirkungen auf Mensch und Umwelt genauer untersucht werden muss.

Summary Report der EU gibt Bewertung zu den bisherigen Untersuchungen zu Cadmium Tellurid

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Die Verbindung aus Cadmium und Tellurid (CdTe) ist chemisch sehr stabil. Während Cadmium bei 321 °C schmilzt, tut dies Cadmium Tellurid erst bei 1041 °C. Cadmium Tellurid löst sich nicht in Wasser, wohl aber in oxidierenden Säuren. In dem erwähnten Summary Report wird aus diesem Grund die Aussage getroffen, dass die Weiternutzung des Abfallproduktes Cadmium in einem Modul und in einer chemisch sehr stabilen Verbindung wie CdTe, die für die Umwelt sicherste Lösung sei.

Stabile Verbindung von Cadmium und Tellurid,

Wenn man auf die stabile Verbindung von CdTe und den sicheren Einschluss im Modul fokussiert, kann dies sein. Man muss aus Sicht von Murphy&Spitz Research aber zusätzlich auch im Auge haben, dass der Stoff durch die Verwendung in Solarmodulen eine weite und flächige Verbreitung findet.

Einschluss des Cadmiums als Verbindung und im Modul wird als sicherste Lösung bezeichnet

Bedenken wegen der flächigen Verbreitung

Während der Produktion:
Umwelt- und Gesundheitsgefahren birgt der gasförmige Zustand des Cadmiums bei der Herstellung, da eingeatmetes Cadmium vom Körper zu 95% aufgenommen wird. Die Produktionsanlage für die entsprechenden Prozesse muss vollkommen geschlossen sein. Damit der Prozess richtig läuft ist dies eh erforderlich (siehe CSS Prozess), so dass eher nicht mit einem Austritt von gasförmigem Cadmium zu rechnen ist. Aufgrund der Gefährlichkeit ist dieses Verfahren aber nichts für „Anfänger" und eine sichere Prozessführung unabdingbar.
Natürlich sind die entsprechenden Produktionsanlagen mit Cadmium kontaminiert, so dass bei entsprechenden Reinigungsarbeiten entstehende Abfälle fachgerecht entsorgt werden müssen.

Cadmium in der Gasphase gefährlich

Bei Closed Space Sublimation Entweichen nicht möglich

Mit Cadmium kontaminierte Anlagen müssen gereinigt werden

Während des Lebenszyklus:
Unter Normalbedingungen ist CdTe eine sehr stabile chemische Verbindung, die im Modul zwischen den beiden Glasplatten und durch die Laminierung sicher eingeschlossen ist und auf dem Dach Energie erzeugt. Wie ist es aber um den sicheren Einschluss bestellt im Falle 1. von einem Brand , 2. bei einem Bruch und 3. auf einer Deponie?
Im Auftrag von First Solar hat der Wissenschaftler Fthenakis eine Studie zu diesen Möglichkeiten erstellt [14]. Fthenakis ist einer der führenden Köpfe auf dem Gebiet der LCA im PV-Bereich und Wissenschaftler der Brookhaven National Laboratory, einem der US Energiebehörde zugeordnetem Wissenschaftszentrum.
Den Brandfall hat er im Labor simuliert und dazu Modulstücke waagerecht liegend Temperaturen von 760°C bis 1100 °C über eine Zeit von 30 Minuten bis 3 Stunden ausgesetzt. Unter diesen Versuchsbedingungen wurde Cadmium nicht freigesetzt, da es von dem bei der Hitze auch geschmolzenen Glas aufgenommen wurde. CdTe verflüchtigt sich ab 900 °C und schmilzt ab 1041 °C. Woraus er schließt, dass bei normalen Wohnungsbränden von dem CdTe keine Gefahr ausgehen würde.
Die Studie wurde durch das oben schon erwähnte Gremium der vom BMU ausgesuchten Wissenschaftler bewertet. Drei der vier Wissenschaftler halten die Ergebnisse für nachvollziehbar. Nicht so der vierte unter ihnen, Jürgen Werner, Leiter des Instituts für Physikalische Elektronik an der Uni Stuttgart. Er hält die Versuchsbedingungen für nicht real, da Module nicht flach auf den Dächern liegen, sonders schräg angebracht sind. Wenn der Verbundstoff EVA bei einem Brand dann schmilzt und die Verbindung der beiden Glasplatten sich löst, wird das Cadmium bzw. Cadmium Tellurid nicht mehr vom geschmolzenen Glas festgehalten. Zudem wisse man, dass bei Bränden punktuell mit wesentlich höheren Temperaturen zu rechnen ist.

Cadmium Tellurid sicher eingeschlossen, was ist aber im Fall von Unfällen?

Simulationsver-suche brachten nur zum Teil neue Erkenntnisse

Kritik, dass die Simulation nicht die realen Bedingungen z.B. bei einem Brand widerspiegelt

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Aus Sicht von Murphy&Spitz Research wird die Diskussion um Cadmium Tellurid zum Teil sehr emotional geführt. Der Punkt mit der Schrägstellung der Module und den Temperaturen ist aber durchaus berechtigt.
Zwei einfache Versuche würden nach Meinung von Murphy&Spitz Research der Diskussion ein Ende bereiten. Fthenakis müsste seine Versuche mit schräg gestellten Modulen und punktuell heißeren Temperaturen wiederholen.

Brandversuche müssten mit schräggestellten Modulen wiederholt werden

Auch müsste man, wie man es von Risikobetrachtungen im Umweltbereich kennt, vom worst case ausgehen. Dabei wird errechnet, wie viel Cd bzw. CdTe bei den vorhandenen Mengen in den Schichten maximal in die Luft entweichen kann und welches Risiko dadurch für Feuerwehr und Bewohner bestehen könnte. Parallel müsste die Giftigkeit von CdTe weiter untersucht werden.

Worst case Risikobetrachtung

2.2.2.3 Schritt 3: Trennschnitte einfügen, Verschaltung, Laminieren,

Durch Laser werden Trennschnitte durch die Schichten eingefügt und danach erfolgt die Verschaltung der Zellschichten.

Nachdem das Frontglas mit allen Schichten, Schnitten und Verschaltungen versehen ist, müssen die Module noch verkapselt werden. Dies ist erforderlich, um sie vor mechanischen und klimatischen Einflüssen zu schützen. Hierzu gibt es zwei verschiedene Stoffe: Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA siehe auch Kapitel 2.1.2.4) und Polyvinylbutyral (PVB). Die Verwendung von EVA ist verbreiteter als die von PVB.
Der Carbon Footprint (Bilanz der Treibhausgas-Emissionen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts, bei einer definierten Anwendung) von EVA ist geringer als der von PVB [15]. Unter diesem Aspekt ist die EVA Folie als umweltfreundlicher zu bewerten.

Thermische Verkapselung des Moduls mit EVA

EVA Folie und PVB Folie zur Auswahl

Das Frontglas mit den aufgebrachten Schichten wird mit der EVA oder PVB Folie versehen und das Rückglas aufgelegt. Dann werden die Schichten laminiert, in dem bei Unterdruck und einer Temperatur von 150°C eine klare vernetzte Kunststoffschicht entsteht, die alle Schichten fest miteinander verbindet und das Modul hermetisch versiegelt.

2.2.3 Zusammenfassung Dünnschicht

Die Produktionsverfahren sind einfacher und grundlegend anders als bei den kristallinen Modulen. Die Halbleiter werden in dünnen Schichten einmal großflächig auf einer Scheibe (Trägermaterial) als Ganzes abgeschieden und dann in einzelne Segmente unterteilt. Bei der Dünnschichttechnologie ist unter dem Aspekt der Umweltrelevanz wichtig, welche Stoffe als Halbleiter ausgewählt werden. Drei verschiedene Stoffe werden zur Zeit vorwiegend verwendet

- amorphes Silizium (a-Si)
- Kupfer-Indium Diselenid (CIGS)
- Cadmium Tellurid (CdTe)

Bei dem amorphen Silizium ist die größte Umweltrelevanz durch die Verwendung von NF_3 zur Reinigung in den Reaktionskammern gegeben.
Bei Kupfer Indium Diselenid ist die Abscheidung der Halbleiter sehr energieintensiv.
Bei CdTe wird stark diskutiert, inwieweit gefährliche Stoffe bei unvorhergesehenen Fällen wie Bränden entstehen können. Hierzu gibt es

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

wissenschaftliche Untersuchungen, die aber aus Sicht von Murphy&Spitz Research noch verfeinert werden müssen. Zudem muss die Giftigkeit des Stoffes Cadmium Tellurid noch eingehender untersucht werden.

Die Halbleiterschichten befinden sich zwischen zwei Glasplatten, die mittels EVA- oder PVB-Folie thermisch verklebt werden. Die größten Anteile an der Energy Pay-Back Time (Energierücklaufzeit) haben das Glas und die elektrische Energie, die für den Dünnschichtprozess aufgewendet werden muss. Dies zeigt die folgende Abbildung:

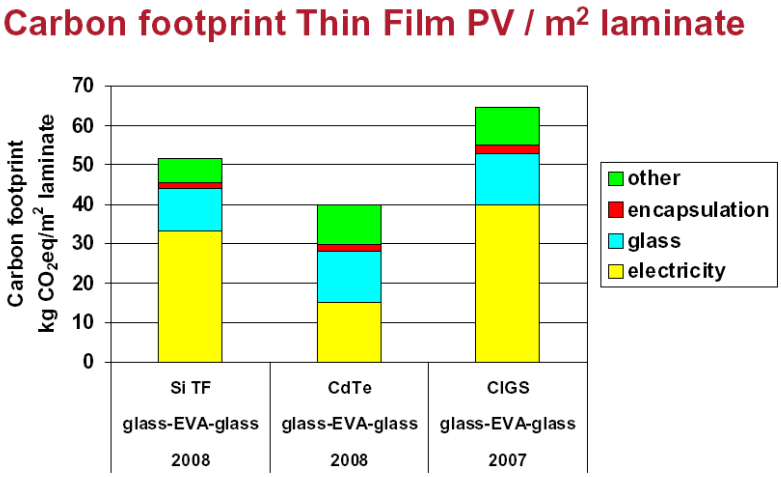


Abbildung 4) Anteil der Prozessschritte am Carbon footprint verschiedener Dünnschichtmodule/ mit freundlicher Genehmigung von Mariska de Wild-Scholten [15].

Big Points

- Deutlich geringerer Materialverbrauch und Energieaufwand aber auch geringere Wirkungsgrade der Module im Vergleich zur Silizium Technologie
- Cadmium Tellurid als Halbleiter wird stark diskutiert, nicht nur fachlich, sondern auch von finanziellen Interessen angetrieben
- Gefahren von Cadmium Tellurid hinsichtlich Giftigkeit und Verhalten bei Ausnahmefällen (Brände) nicht abschließend geklärt
- Bei amorphem Silizium als Halbleiter zum Teil Einsatz von NF_3 und SF_6 Gasen während der Produktion

2.3 Vergleich der Umweltauswirkungen der Dünnschichttechnologie und der kristallinen Technologie

Die folgende Grafik zeigt die Energierücklaufzeit (EnergPayBackTime) verschiedener Modultypen. Die ersten drei Säulen sind Module nach der Silizium-Technologie, bei den letzten vier Säulen handelt es sich um Module nach der Dünnschichttechnologie.
Von der EnergyPayBackTime (EPBT) aus betrachtet, schneiden die Module nach der kristallinen Zelltechnologie mit mono- und polykristallinen Zellen am schlechtesten ab. Es werden mehr als 1,5 Jahre benötigt bis das Modul die Energie produziert, die für seine Herstellung gebraucht wurde.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Dieses Ergebnis kommt durch den hohen Energieaufwand bei der Rohstoffaufarbeitung. Sehen kann man dies an den Höhen der beiden unteren Segmente (ingot und Si feedstock, siehe auch Kapitel 2.1 Reinstsiliziumherstellung).

Am besten schneidet bezüglich der Energierücklaufzeit die Dünnschichttechnologie mit Cadmium Tellurid als Halbleiter ab. Diese Technologie liegt als einzige unter einem Jahr EPBT. Das heißt, bereits nach unter einem Jahr hat das Modul mehr Energie produziert als für seine Herstellung benötigt wurde.
Dann aber kommen nicht etwa weitere Dünnschichtmodule, sondern zweit bester ist die String Ribbon Technologie (Silizium Technik) (siehe auch Kapitel 2.2)

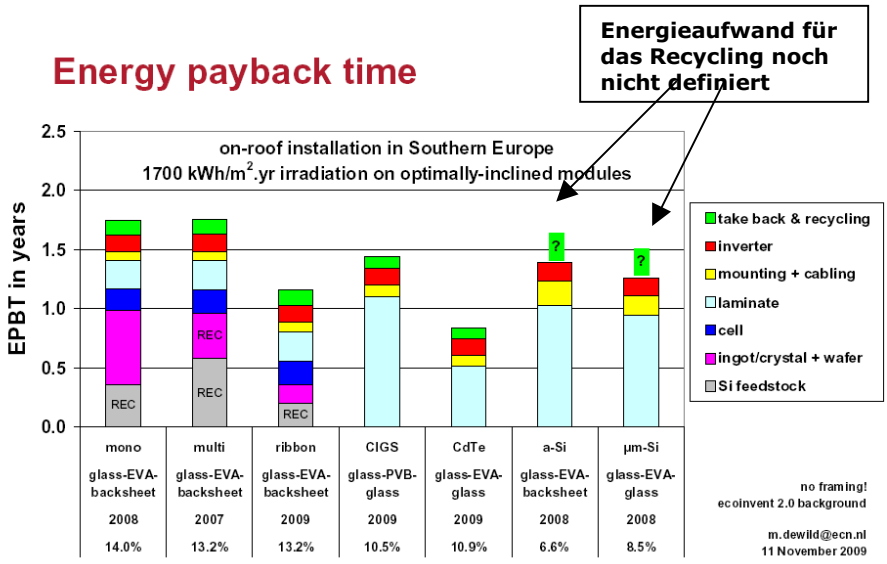


Abbildung 5) Energierücklaufzeit verschiedener Modultypen/ mit freundlicher Genehmigung von Mariska de Wild-Scholten [15].

Allerdings ist aus Sicht von Murphy&Spitz Research die Dünnschichttechnologie in Bezug auf die verwendeten Stoffe als riskanter im Vergleich zur Silizium-Technologie anzusehen.
Bei den Dünnschichtmodulen mit amorphem Silizium als Halbleiter beispielsweise wird zum Teil NF_3 und SF_6 zur Reinigung der Produktionskammern eingesetzt.
Die Dünnschichtmodule mit Cadmium Tellurid als Halbleiter werden zur Zeit noch diskutiert. Die Stoffgiftigkeit von Cadmium Tellurid sowie das Verhalten des Stoffes bei außergewöhnlichen Ereignisse wie Bränden ist aus Sicht von Murphy&Spitz Research zur Zeit noch nicht abschließend geklärt.

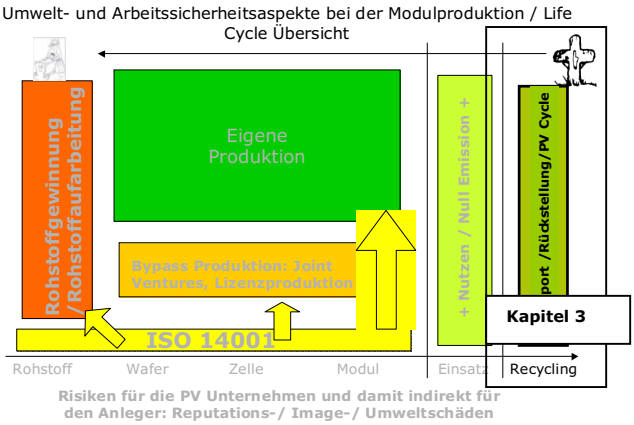
Wenn man die kristalline Technologie mit der Dünnschichttechnologie vergleicht, zeigt sich, dass die Vor- und Nachteile bezüglich ihrer Umweltauswirkungen verschieden, jedoch von ähnlicher Größenordnung sind.

Klar und bereits bekannt ist, dass für alle Module und egal welcher Typ gilt: den Nutzen, den sie durch ihre schadstofffreie Energieproduktion nachher liefern, liegt weit über den Umweltauswirkungen während ihrer Herstellung. Von dem Vergleich mit den Umweltauswirkungen der konventionellen Energieerzeugung ganz zu Schweigen.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Welche Umweltauswirkungen wirklich entstehen, ist vielmehr aus Sicht von Murphy&Spitz Research eine Frage, wie die einzelnen Unternehmen an den sensiblen Punkten agieren und ihre eigenen Produktionsstätten im Griff haben. Bei der Silizium-Technologie zum Beispiel ist einer der sensibelsten Punkte die Reinstsiliziumproduktion. Werden die Lieferanten für Reinstsilizium von dem PV-Unternehmen unter Umweltaspekten ausgewählt, hat das Modul einen deutliche Vorteil in seiner Umweltbilanz.

3. Recycling der Module



Organisatorische und technische Heraus-forderungen beim Recycling

Das letzte Glied in der Wertschöpfungskette wird mit dem Recycling der Solarmodule geschlossen.

Bei dem Recycling von Solarmodulen gilt es *organisatorische* und *technische* Herausforderungen zu meistern.
Zu den organisatorischen Herausforderungen gehört,

1. die Rücknahme zu organisieren. Diese umfasst den Transport vom Ort, wo das Modul anfällt bis hin zur Recyclinganlage.
2. Zusätzlich wichtig ist die Frage, wie das Recycling finanziert wird.

Organisatorisch: Transport und Finanzierung

Zu den technischen Herausforderungen gehört, dass:

1. ein Modul aus vielen verschiedenen Stoffkomponenten besteht, die auf eine lange Lebensdauer hin optimiert miteinander verbunden sind und sich nicht einfach „auseinander stecken" lassen.
2. jeder Hersteller praktisch einen anderen Schichtenaufbau in den Zellen hat. Dies heißt, es gibt eine enorme Produktvielfalt und Stoffvielfalt, die sortenrein zurückgewonnen werden soll. Aus diesem Grund gibt es kein einzelnes spezifisches Verfahren, das auf all diese verschiedenen Modultypen anwendbar wäre.
3. die PV-Industrie eine sehr dynamische und innovative Branche ist. So haben sich in wenigen Jahren die Schichtdicken und der Materialeinsatz wesentlich reduziert. Die Dynamik zeigt auch die folgende Tabelle, die die Änderung der Materialzusammensetzung in einem Modul von 2004 und 2007 aufzeigt.

Technisch: Lange Lebensdauer vs. Recycelbarkeit Produktvielfalt

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Komponente	Menge (2003) nach [Ökopol 2004]	Mengen 2007	
	%	%	kg/kWp
Glas	62,7	74,16	77,3
Rahmen (z.B. AlMg-Si)	22,0	10,3	10,7
EVA	7,5	6,55	6,8
Solarzellen	4,0	3,48	3,6
Rückseitenfolie (Tedlar)	2,5	3,6	3,8
Anschlussdose	1,2		
Kleber, Vergussmassen	Keine Angabe	1,16	1,2
Gewicht/kWp	103,6 kg/kWp		102,3
Cu	0,37	0,57	
Ag	0,14	0,004-0,006	
Sn	0,12	0,12	
Pb	0,12	0,07	
Si	Keine Angabe	3	

Tabelle 1) relative Massenanteile für die Zusammensetzung eines c-SI Standardmoduls (215Wp) [16].

3.1 PV Cycle

PV Cycle: Industrieinitiative für Rücknahme und Recyclingsystem

Die organisatorischen und technischen Herausforderungen zu meistern, damit beschäftigt sich PV Cycle. PV Cycle wurde 2007 von Unternehmen der PV-Industrie gegründet, um ein freiwilliges Rücknahme- und Recycling Programm für Altmodule einzurichten. PV Cycle wird getragen von dem Verband der europäischen Photovoltaik Industrie (EIPA), dem Bundesverband Solarwirtschaft sowie den 40 Mitgliedsunternehmen.

Rücknahme-system für 2010 angekündigt

PV Cycle hat für 2010 ein Rücknahmesystem angekündigt, bei dem es Sammelpunkte für ausgediente Module geben soll und Container an Stellen, wo viele Module zeitgleich anfallen (bei Freiflächenparks).
Die Rücknahme durch die Hersteller ist ansonsten zur Zeit noch uneinheitlich. Bei SolarWorld zum Beispiel ist es so, dass die Demontage durch den Kunden erwartet wird und der Transport zur Recyclinganlage und die weitere Behandlung durch SolarWorld gewährleistet wird.
Für die Finanzierung gibt es verschiedene Modelle. First Solar finanziert das Recycling durch einen Anteil am Kaufpreis, so zahlt der Kunde beim Kauf bereits für das Recycling. Dieser Anteil wird zweckgebunden und treuhänderisch durch einen Dritten verwaltet.

Einige Unternehmen sind nicht Mitglied bei PV Cycle und ohne eigene Recycling-konzepte

Es gibt auch einige Unternehmen, die sich nicht mit der Entsorgungsfrage beschäftigen. Beispielsweise sind nicht alle PV-Unternehmen Mitglied bei PV Cycle, veröffentlichen aber auch keine eigene Konzepte und Verfahren zum Recycling. Dies ist zum Beispiel bei dem chinesischen Hersteller Trina Solar der Fall.

3.2 Rechtlicher Rahmen

Rücknahmepflicht aus dem Elektro- und Elektrogeräte-gesetz gilt nicht für Solarmodule

Das Recycling und die Entsorgung von Solarmodulen fällt zur Zeit noch unter keine gesetzliche Regelung. Es gibt zwar die WEEE-Richtlinie (Waste Electrical and Electronic Equipment) der Europäischen Union, die die Hersteller verpflichtet, alte elektrische Geräte umweltverträglich zu entsorgen. Die Umsetzung der Richtlinie erfolgte in Deutschland über das Elektro- und Elektronikgerätegesetz. Solarmodule, obwohl sie elektrisches Gerät sind,

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

fallen bisher jedoch nicht unter die Rücknahmeverpflichtung dieser Richtlinie. Dies aus dem Grund, weil die Richtlinie derzeit nicht für ortsfeste Anlagen gilt. Derzeit wird die WEEE-Richtlinie jedoch überprüft und hinterfragt, ob ausgediente Module auch darunter fallen sollen. Der administrative Aufwand wäre enorm, da die Module weltweit installiert werden. Um einer solchen Direktive vorzugreifen, versucht die Industrie mit dem zuvor erwähnten freiwilligen Rücknahme- und Recyclingsystem aufzuwarten, an dem PV Cycle intensiv arbeitet.

3.3 Technische Lösung des Recyclings

Kristalline Module Recyclinganlage von Solarworld-Tochter

Es gibt zwei Recyclinganlagen für Solarmodule in Deutschland:

- für Module auf Siliziumbasis hat die Deutsche Solar AG 2003 den Betrieb aufgenommen
- für CdTe-Dünnschichtmodule betreibt die Firma First Solar eine Recyclinganlage in Frankfurt/Oder

3.3.1 Recycling von kristallinen Siliziummodulen

EVA Laminat thermisch lösen

Der Prozessablauf beim Recycling sieht so aus, dass über einen thermischen Schritt die Komponenten getrennt werden. Durch die Erwärmung wird bei diesem Schritt das EVA Laminat wieder gelöst, dass heißt, die Klebe- und Verbundstoffe zwischen den einzelnen Schichten werden gelöst. Bei diesem Schritt wird Energie verbraucht, es entstehen Luftemissionen und Abwässer.

Nach der thermischen Behandlung können Glas und Rahmenteile und Solarzellen voneinander getrennt werden. Das Glas und der Aluminiumrahmen werden an entsprechende Recyclingfachbetriebe weitergegeben.

Oberflächen-schicht durch Ätzen lösen

Von den Solarzellen werden die Oberflächenschichten durch einen chemischen Reinigungsschritt (Ätzen) gelöst.
Beim Ätzen und Reinigen werden Chemikalien eingesetzt und es entstehen entsprechende Abwässer, die chemisch und physikalisch gereinigt werden müssen.
Aus dem Silizium der Solarzellen können dann wieder Solarzellen hergestellt werden.

Silizium kann für neue Wafer genutzt werden und braucht nur 30% der Energie im Vergleich zu neuem Reinstsilizium

Ähnlich wie beim Aluminiumrecycling ist es so, dass wesentlich weniger Energie aufgewendet wird, wenn man aus den alten Wafern das Silizium gewinnt, als wenn man es neu herstellt. Die EnergyPayBackTime beträgt aus diesem Grund nur 30 % im Vergleich zum Neuprodukt und dies bei gleicher Leistung. Dies lässt sich auch der folgenden Tabelle entnehmen.

	Neuer Wafer	Modul aus recyceltem Wafer
Wafer Produktion	355	
Recycling Prozess		92
Zell Prozes	66	66
Modul assembly	38	38
Gesamt	459	196

Tabelle 2) Energie Verbrauch eines Moduls (160 Wp) mit neuem Wafer und eines Modules mit einem recycelten Wafer in kWh_{el}/Modul [17].

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Für einen qualitativ gleichwertigen Wafer aus Recycling-Silizium braucht man nur 30 % der Energie im Vergleich zu einem neuen Wafer. Recycling ist also ökologisch sinnvoll.

3.3.2 Recycling Dünnschichtmodule

Recycling-verfahren von First Solar für Dünnschicht-module

Im Folgenden werden die Verfahrensschritte des bei First Solar angewendeten Verfahrens dargestellt:

Mechanische Zerkleinerung
Die mechanische Zerkleinerung der Module erfolgt in zwei Schritten. In einem Schredder werden die Module grob zerkleinert. Dann werden die Bruchstücke in einer Hammermühle auf eine Größe von 4-5 mm weiter zerkleinert.

Halbleiter-schichten durch Säuren lösen

Entfernung der Halbleiterschichten
In einer langsam rotierenden Edelstahltrommel werden die Halbleiterschichten mittels einer Säure abgelöst.
Die Feststoffe werden von den flüssigen Bestandteilen in einem Klassierer getrennt.

90% Glas werden zurückgewonnen

Glas und Laminat werden mechanisch durch ein Rüttelsieb getrennt und das Glas von verbliebenen Halbleiterrückständen gesäubert. 90% des Glases können so wiedergewonnen werden.
Aus den flüssigen Fraktionen werden die Halbleiter zurückgewonnen, in dem man sie in einem mehrstufigen Ausfällungsprozess trennt und aufkonzentriert.

95% der Halbleiter, jedoch bisher nur im Labormaßstab

Im Labormaßstab konnten 95% der Halbleiter zurückgewonnen werden. Der Prozess der Rückgewinnung und Aufkonzentrierung läuft jetzt auch großtechnisch und wird zur Zeit noch optimiert. Auch aufgrund der stark steigenden Preise, gerade für das seltene Tellur besteht ein Interesse die Rückgewinnung der Halbleiter aus dem Filterkuchen zu maximieren.
Für das Dünnschichtrecycling wurde eine Life Cycle Analyse (LCA) mit Stoff- und Energiebilanz im Rahmen des EU geförderten Resolved Projekt durchgeführt [18]. Hier hat man den vorher beschriebenen Prozess mit einem alternativen verglichen. Bei diesem werden die Module nicht zerbrochen, sondern in einem ersten Schritt wird das Modul thermisch bei ~ 500°C geöffnet. Die Halbleiterschichten werden dadurch auf dem jeweiligen Trägerglas freigelegt. Dann werden sie mit Hilfe der Vakuumsaugstrahltechnik von der Glasmatrix abgetrennt.

Das von First Solar eingesetzte Verfahren zurzeit das optimale für Dünnschicht-module

Das Ergebnis des Projekts und der LCA war, dass die Variante mit der mechanischen Zerkleinerung die bessere Energiebilanz im Vergleich zu der thermischen Methode hat und auch bezüglich der zu entsorgenden Reststoffe besser dasteht.
Das von First Solar angewandte Verfahren ist also derzeit die beste Wahl.

3.4 Zusammenfassung Recycling

PV Cycle sorgt für Organisation

Für Module gibt es bisher keine rechtliche Rücknahmeverpflichtung. Ein Großteil der Hersteller hat sich bei PV Cycle zusammengeschlossen. PV Cycle wurde 2007 von Unternehmen der PV-Industrie gegründet, um ein freiwilliges Rücknahme- und Recyclingprogramm für Altmodule einzurichten. Um die Rücknahme zu organisieren, hat PV Cycle für 2010 ein Rücknahmesystem angekündigt.
Es gibt einige PV-Unternehmen, die nicht Mitglied bei PV Cycle sind und die auch keine eigenen Ideen zum Recycling entwickelt haben, geschweige denn finanzielle Rückstellungen hierfür gebildet haben. Aus Sicht von Murphy&Spitz Research ist dies ein bemerkenswerter Punkt.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

First Solar und Solarworld sorgen für die Recycling-technik

Es gibt zwei Recyclinganlagen für Solarmodule in Deutschland:

- für Module auf Siliziumbasis hat die Deutsche Solar AG 2003 den Betrieb aufgenommen
- für CdTe Dünnschichtmodule betreibt die Firma First Solar eine Recyclinganlage in Frankfurt an der Oder

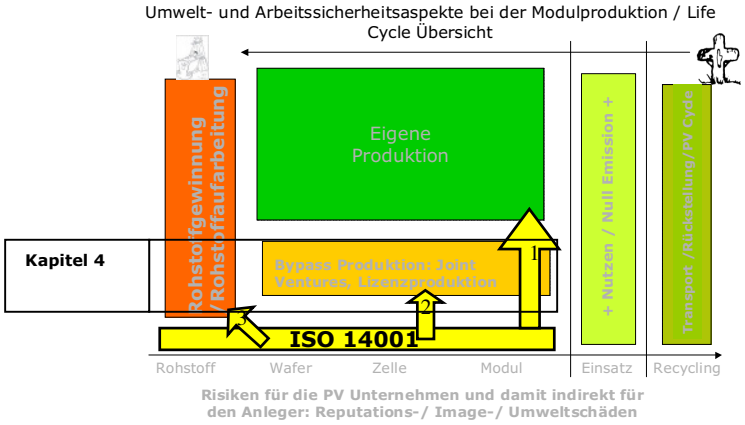
Das Recycling kristalliner Siliziummodule lohnt sich aus Sicht von Murphy&Spitz Research sowohl unter Umweltgesichtspunkten als auch aus wirtschaftlicher Betrachtung heraus.
Für das Recycling von Dünnschichtmodulen ist noch nicht bekannt, ob es wirtschaftlich ist.

Big Points

- Technologien für das Recycling von Modulen nach der kristallinen Technologie und der Dünnschichttechnik vorhanden
- Wiedergewonnenes Silizium beim Recycling kristalliner Wafer spart 70% der Energie, als wenn man neues Silizium nimmt (ohne Qualitätseinbuße)
- Recycling der Halbleitermaterialien bei der Dünnschichttechnologie großtechnisch möglich und noch in der Optimierungsphase
- Rücknahmesystem für Module von PV Cycle für 2010 angekündigt
- Zur Zeit noch keine rechtliche Verpflichtung zur Rücknahme durch die Hersteller
- 70% der Modulhersteller bei PV Cycle organisiert, die übrigen 30% haben zum Teil weder finanzielle noch inhaltliche Vorstellungen zum Recycling

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

4. Bedeutung der ISO 14001 für die PV-Industrie



ISO 14001 als Instrument zur Leistungsbe-wertung im Umweltschutz

Der ISO 14001 wird im Rahmen dieser Studie eine besondere Bedeutung beigemessen. Sie ist entscheidend, wenn man Unternehmen hinsichtlich ihrer Leistungen und Risiken im Umweltschutz bewerten und vergleichen möchte:

Woher will man beispielsweise wissen, ob ein Unternehmen in China seine Abfälle ordnungsgemäß entsorgt, wie will man überprüfen, ob das, was ein Unternehmen über seine Leistungen im Umweltschutz beschreibt auch der Wahrheit entspricht und nicht die eigentlich zentralen Punkte unberücksichtigt bleiben.
Wie will man prüfen, ob ein international aufgestelltes Unternehmen zum Beispiel bei seinen europäischen Standorten „sauber" arbeitet, aber in anderen Ländern nicht.

Eine Möglichkeit, Antwort auf diese Fragen zu erhalten, ist die Prüfung, ob ein Unternehmen nach der ISO 14001 zertifiziert ist. Ist ein Unternehmen nach ISO 14001 zertifiziert heißt das vereinfacht, es hat nach internationalem Maßstab Leistungen im Umweltschutz erbracht und eine externe Fachperson hat dies vor Ort im Betrieb geprüft.

4.1 Entwicklung und Inhalte der Norm

Im Folgenden werden die Entwicklung und die Inhalte der Norm kurz dargestellt sowie die Bedingungen, die Unternehmen erfüllen müssen, um ein solches Zertifikat zu bekommen.

Systematischer vorsorgender Umweltschutz

End of Pipe Technologie

In den 80er Jahren wurden noch sogenannte „end of pipe" Technologien favorisiert, bei denen bildlich gesprochen am Ende des Schornsteins die Schadstoffe abfangen wurden. Die Industrie reagierte lediglich auf die wachsende Anzahl von Gesetzen.

Vorsorgender systematischer Umweltschutz

Dann setzte sich nach und nach ein anderer Umgang mit diesen Themen bei vielen Firmen durch. Dieser neue Umgang war von einem wachsenden Bewusstsein geprägt: Energieeinsparungen, Abfallvermeidung, das heißt, im Sinne der Umwelt optimierte Prozesse steigern in den meisten Fällen auch Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Prozessen. Intelligenter Umweltschutz steigert die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit und sichert das langfristige Überleben eines Unternehmens.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Nach Brent Spar[2] war auch den letzten Unternehmen klar geworden, dass eine Hochglanzbroschüre und noch so viel Marketingaufwand wie Federn im Wind sind, wenn man seine Risiken und seine Öffentlichkeitsarbeit nicht im Griff hat. Der Fall zeigt, wie schnell durch einen Imageschaden bei einer sensibilisierten Bevölkerung die Unternehmensglaubwürdigkeit medienwirksam verloren geht.

Systematischer Ansatz zur Risikovermeidung und Effizienzsteigerung

So entwickelte sich in vielen Unternehmen eine Kultur, im Umweltschutz mehr als die Einhaltung rechtlicher Pflichten zu sehen und diesen als Effizienzsteigerungs- und Imagemotor zu benutzen. Zunehmend kam es zu der Einführung von Umweltmanagementsystemen.
Mit Umweltmanagementsystemen war eine systematische Vorgehensweise vorgegeben, um
- Schwachstellen zu identifizieren
- Haftungsrisiken zu minimieren
- Einsparungen im Ressourcenverbrauch oder im Abwasser und Abfallbereich zu erzielen.

International gültig und maßgebend

Die DIN EN ISO 14001 ist eines der wesentlichen Elemente zur Einrichtung von Umweltmanagementsystemen. Daneben gibt es noch das Europäische Umweltmanagementsystem EMAS. Auf dies wird an dieser Stelle nicht eingegangen, da es mehr für den europäischen Raum gedacht ist. Die Photovoltaik Industrie ist international, insbesondere auch im asiatischen Raum tätig und hier ist die ISO 14001 maßgeblich.

Kontinuierlicher Verbesserungs-Prozess

Wenn man ein Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 aufbaut, geht man in einen Prozess, bei dem man nicht nur einmalig die Umweltaspekte seiner Firma erfasst, sondern ein System zur kontinuierlichen Verbesserung aufbaut. Die Norm regelt die wichtigsten Anforderungen zur Identifikation, Kontrolle und Überwachung von Umweltaspekten in Unternehmen oder Organisationen und liefert Ablauf- und Optimierungspotentiale für das gesamte System.

Zur ISO 14001 muss auch gesagt werden, dass sie einer Firma bescheinigt, alle relevanten Umweltaspekte berücksichtigt und optimiert zu haben, was aber nicht per se heißt, dass ein umweltfreundliches Produkt dabei herauskommt. Zum Beispiel kann auch ein Kernkraftwerk das ISO Zertifikat erlangen. Ein Greenwashing ist also grundsätzlich möglich, und bei allen positiven Aspekten der ISO 14001 sollte das kritische Auge eingeschaltet bleiben.

4.2 Wesentliche Anforderungen an ein Unternehmen, das nach ISO 14001 zertifiziert ist

Prüfung

Prüfung durch externe Gutachter

Wenn ein Unternehmen sich nach IS0 14001 zertifizieren lassen möchte, muss es ein funktionierendes Umweltmanagementsystem, welches der Norm entspricht, nachweisen. Der Nachweis hat gegenüber einem externen und speziell hierfür ausgebildeten und zugelassenen Prüfer zu erfolgen. Die Zulassung (Akkreditierung) eines solchen Prüfers erfolgt von einer Zulassungsstelle, die die Prüfung auch nach einer ISO-Norm abhält. Da es sich um eine international harmonisierte Norm handelt, sind die

Zertifikat in China nicht leichter zu erhalten als in Europa

[2] Öllager- und Verladeplattform, die die Shell AG im Meer versenken wollte, daraufhin sanken die Umsätze der deutschen Shell-Tankstellen um bis zu 50 %. Nach einem langen Medienkrieg beschloss Shell am 20. Juni 1995, die Plattform an Land zu entsorgen. Der Konzern reagierte auf die Krise mit einer Gegen-Kampagne unter dem Motto „Wir werden uns ändern".

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Anforderungen an das System und an die Prüfer in Deutschland genauso geregelt wie beispielsweise in China.

Die Prüfer werden in Deutschland durch die TGA (Trägergemeinschaft für Akkreditierung) akkreditiert, in China ist die dafür zuständige Organisation das China Accreditation Comitee for EMS Certification Bodies (CACECAB).
Ein zertifiziertes Unternehmen kann sich auch nicht auf seinen Lorbeeren ausruhen, da es alle drei Jahre den Gesamtbereich wieder von einem externen Prüfer prüfen lassen muss, um das Zertifikat aufrecht zu erhalten.

Umweltziele

Umweltziele sind ein guter Indikator für das Niveau des Umweltmanage-mentsystems

Wesentlich dabei ist, dass verbindliche und messbare Ziele beinhaltet sein müssen, die von der obersten Leitungsebene festzulegen sind. Die Zielverfolgung wird dann durch den externen Prüfer überprüft. Aus Sicht von Murphy&Spitz Research ist es jedoch wichtig zu wissen, dass die ISO nicht das Niveau der Ziele vorschreibt. Man kann das Zertifikat auch mit schwachen Zielen bekommen. Wie ernst ein Unternehmen den Umweltschutz nimmt, lässt sich daher aus Sicht von Murphy&Spitz Research gut an dem Niveau seiner Ziele ablesen. Aus diesem Grund wurden die befragten Solar-Unternehmen explizit zu ihren Umweltzielen untersucht.

Legal compliance

Einhaltung der rechtlichen Vorschriften ist nicht selbstverständlich

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der ISO Norm ist die sogenannte „legal compliance", das heißt, ein nach IS0 14001 zertifiziertes Unternehmen verpflichtet sich, die gesetzlichen Anforderungen einzuhalten.
Für den Laien mag das nach einer Selbstverständlichkeit klingen. Wer selbst schon einmal solche Systeme aufgebaut hat, weiß, dass das eine umfangreiche und anspruchsvolle Arbeit ist. Gerade, beispielsweise in Deutschland, aufgrund ständiger Änderungen und einem sehr komplexen Umweltrecht. So steht an der Spitze der sogenannten kritischen Abweichungen von der Norm, welche eine Zertifizierung verhindert, die mangelhafte Einhaltung gesetzlicher Vorgaben [19].

Chinesische Umweltgesetz-gebung ist zum Teil strenger, der Vollzug ist aber oft mangelhaft

In China ist die Umweltgesetzgebung zum Teil noch strenger im Vergleich zu der deutschen. Allerdings ist der Vollzug anders: die Nachweispflichten und das Nachhalten der Einhaltung durch Behörden sind wesentlich schwächer. Das heißt letztendlich auch, trotz strengerer Gesetze, wird effektiv weniger erreicht.

Hat ein Unternehmen in China die ISO 14001 erlangt, so ist dies gerade deswegen besonders positiv zu bewerten, da es damit bewiesen hat, eben diese hohen gesetzlichen Anforderungen auch wirklich einzuhalten [20].

Lieferantenabfrage

Lieferanten müssen abgefragt werden, ob sie auch ISO 14001 haben

Auch positiv zu vermerken ist, dass ein zertifiziertes Unternehmen seine Lieferanten abfragen muss, ob diese auch ein Umweltmanagementsystem besitzen. In diesem Sinne hat eine Zertifizierung auch über die Firmengrenzen hinaus eine Strahlkraft auf die Zulieferer.
Die Abfrage muss erfolgen, allerdings ist es nicht Pflicht, dass man nur ISO 14001 zertifizierte Unternehmen nehmen darf. Das Unternehmen kann selbst entscheiden, wie stark es dieses Kriterium bei der Lieferantenauswahl berücksichtigt. Auch hier kann sich aus Sicht von Murphy&Spitz Research zeigen, wie ernst ein Unternehmen den Umweltschutz nimmt und gerade seine Lieferanten mit hohen Umweltauswirkungen in die Pflicht nimmt.
Wie in Kapitel 2.1 dargestellt ist dieser Punkt besonders wichtig für PV-Unternehmen, die nach der kristallinen Technologie arbeiten, da der energieintensivste Schritt bei den Lieferanten liegt.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

4.3. Bedeutung der ISO 14001 in China

Neben den einerseits immer wieder bekannt werdenden „Umweltschweinereien made in China", wie beispielsweise der in dieser Studie in Kapitel 2.1 erwähnte Umgang mit Siliziumtetrachlorid, liegt China andererseits 2007 an erster Stelle mit der Anzahl an zertifizierten Unternehmen [21].

China hat die meisten zertifizierten Unternehmen, allerdings sind kleine Unternehmen nur sehr selten zertifiziert

Die hohe Rate an Zertifizierungen in China lässt sich auch damit begründen, dass die Volksrepublik die Zertifizierung sehr stark gefördert hat, zumal die ISO 14001 als erforderliches grünes Ticket für internationale Marktzugänge betrachtet wird.

Kleine und mittelständische Unternehmen sind dabei jedoch stark unterrepräsentiert und gerade bei diesen ist eine Transparenz der Umweltleistung wichtig und interessant [22].

Bei den großen börsennotierten und nach ISO 14001 zertifizierten Unternehmen in China ist das Risiko auf Umweltverstöße zu treffen eher gering. Im Gegenteil, oft nehmen diese Unternehmen eine vorbildliche Stellung ein.
Die großen börsennotierten chinesischen Modulhersteller weisen zum großen Teil eine ISO Zertifizierung auf. Auch Sicht von Murphy&Spitz Research ist es jedoch besonders interessant wie es

- mit den Zulieferern und
- mit den im Auftrag von großen PV-Firmen von anderen produzierten Zellen aussieht.

Gerade im Boom der vergangenen Jahre konnten die PV-Unternehmen mit ihren Kapazitäten gar nicht die Nachfrage am Markt abdecken und haben in ihrem Namen bei anderen Firmen produzieren lassen.

4.4 Zusammenfassung

Für den Betrachtungshorizont dieser Studie ist letztendlich wesentlich, dass die ISO 14001 als international anerkannte Benchmark für die Umweltmanagementstrategie eines Unternehmens gilt. In diesem Sinne stellt sie ein wesentliches Fundament für die Bewertung der Umweltleistung eines Unternehmens dar.

Die ISO 14001 ist Standard bei den meisten Solar-Unternehmen. Die Güte des Managementsystems lässt sich durch zusätzliche Abfragen, beispielsweise nach den Umweltzielen und Kennzahlen, erfassen.
Neben der Frage, ob die PV-Unternehmen nach ISO 14001 zertifiziert sind, ist aus Sicht von Murphy&Spitz Research genauso wichtig, dass die PV-Unternehmen dokumentieren und transparent machen, ob ihre maßgeblichen Bypasslieferanten, Zulieferer und Joint Venture Partner auch zertifiziert sind.

China hat die meisten nach ISO 14001 zertifizierten Unternehmen. Die Zertifizierung bekommt man in China nicht leichter als beispielsweise in Deutschland. Allerdings sind überwiegend große Unternehmen zertifiziert und nicht die kleinen und mittelständischen. Diese haben ein hohes Potenzial an Umweltgefährdung, auch weil der Gesetzesvollzug in China mangelhaft ist.

Die ISO 14001 von Unternehmen -wie debattiert- zu fordern, die indirekt von der deutschen Einspeisevergütung profitieren wollen ist gut und muss aus Sicht von Murphy&Spitz Research noch einen Schritt weitergehen: es muss auch festlegt werden, dass alle wesentlichen Prozessschritte, ob selbst oder beauftragt durchgeführt, nach ISO 14001 zertifiziert sind.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Big Points

- ISO 14001 ist ein „Must Have" für die PV-Unternehmen
- Niveau des Umweltmanagementsystems kann anhand der Umweltziele und der Lieferantenauswahl des Unternehmens abgelesen werden
- Je geringer die Fertigungstiefe eines Unternehmens ist, desto transparenter muss das Unternehmen bei der Lieferantenauswahl sein, da umweltrelevante Schritt nach außen verlagert sind
- Schwachstelle: kaum Transparenz bei den PV-Unternehmen, ob die wesentlichen Lieferanten, sowie Bypass Produzenten, die im Namen der PV-Unternehmen fertigen auch zertifiziert sind

5. Transparenz und Leistungen von 6 Pureplayern in der PV-Industrie

Für die Studie sind ausschließlich Photovoltaik produzierende Unternehmen (Pureplayer) ausgewählt worden. Es handelt sich um börsennotierte Unternehmen, die sich auf den Bereich der Modulherstellung spezialisiert haben, zu den Top 10 der weltgrößten Hersteller zählen und deren Technologie mit führend ist.

Das Level im Umwelt- und Sozialbereich wird anhand dieser Unternehmen beispielhaft aufgezeigt. Es wird dargestellt, welche Unternehmen über dieses Level gehen bzw. darunter fallen. Dazu wurden die Unternehmen zusätzlich zu den veröffentlichten Informationen befragt, Interviews geführt sowie die Veröffentlichungen Dritter hinzugezogen.

Auf die Transparenz und die Qualität der Informationen der Unternehmen hat Murphy&Spitz Research bei der Auswertung besonderen Wert gelegt.

Die Kriterien der Bewertung ergeben sich aus den in Kapitel 2 bis Kapitel 4 ausführlich dargestellten Inhalten. Diese heben ab auf die Wertschöpfungskette mit Ihren Umweltauswirkungen, der Relevanz der Zulieferer, der Fertigungstiefe sowie den Stand der Zertifizierung.

Die Beschreibungen zu den Unternehmen sind unterschiedlich umfangreich. Da einige Unternehmen nur sehr magere Informationen zu den untersuchten Themen herausgeben und sich auch im Interview oder im Rahmen ihrer Berichte sehr bedeckt halten, gibt es über diese Unternehmen im Detail auch nicht so viel zu berichten. Andere Unternehmen haben mit mehr Informationen mehr Transparenz gezeigt und die Chance zur Darstellung der eigenen Leistung genutzt.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

5.1.1 First Solar

First Solar wurde 1999 gegründet. Das Unternehmen stellt vertikal integriert Dünnschichtmodule mit Cadmium Tellurid als Halbleiter her. Die Produktionsstandorte sind in Frankfurt/Oder, in Kulim (Malaysia) und in Perrysburg, Ohio (USA). Das Unternehmen beschäftigt 4000 Menschen.

Dünnschichttech-nologie mit CdTe als Halbleiter

Jahresberichte 2008 und 2007

Durchgängig wird das Thema Umweltschutz ausführlich dargestellt. Kritische Rohmaterialien werden benannt, das Recycling erwähnt sowie über die Umweltaspekte an den weltweiten Standorten berichtet. Der Jahresbericht geht über Standardsätze hinaus und beleuchtet auch differenziert Gefahrstoffe, insbesondere Cadmium Tellurid (siehe auch Kapitel 2.2).
Von der Qualität und der Tiefe der Nachhaltigkeitsberichte anderer Branchen ist der Bericht zwar weit entfernt, im Rahmen der PV-Branche aber durchaus ein positives Beispiel. In 2007 und 2008 ist die Berichterstattung von gleicher Tiefe.

Inhaltlich gut und über die Standardsätze der meisten Mitbewerber hinausgehend

Externe Kommunikation, sonstige Veröffentlichungen, Webseite

Bereits auf der Startseite der Webpräsenz wird das Thema Umweltschutz über den gesamten Produktlebenszyklus ins Zentrum gerückt. Auch verfügt die Seite über eine eigene Rubrik zum Thema Umweltschutz.
Es gibt eine übersichtliche Struktur und Informationen zum Produktzyklus. Die Struktur ist gut und berücksichtigt alle wichtigen Schritte. Fachlich und inhaltlich könnten dann allerdings noch bessere Informationen kommen. Beim Produktdesign zum Beispiel werden keine fachlich guten Informationen zum „Design for Environment" (DfE/umweltgerechte Konstruktion) gebracht, bzw. die Inhalte gehen an dem eigentlichen Gedanken der umweltgerechten Konstruktion (siehe auch Kapitel 3) vorbei.
Auch der Schritt der Materialbeschaffung wird erwähnt. Hier wäre inhaltlich wünschenswert zu lesen, wie man die Umweltstandards seiner wesentlichen Lieferanten prüft, anstatt Vergleiche mit der kristallinen Zelltechnologie anzustellen. Dass das Cadmium Tellurid sicher eingeschlossen ist, gehört eher in den Schritt zum Produktgebrauch als zur Materialbeschaffung.

Beste Darstellung des gesamten Lebenszyklus

Deutliche Schwächen beim Inhalt zu den Schritten des Lebenszyklus'

Überhaupt die Materialbeschaffung und seine Umweltaspekte zu erwähnen, ist in jedem Fall als sehr positiv zu bewerten und einzigartig im Vergleich zu den Webseiten der anderen untersuchten Unternehmen.

First Solar beschreibt auf seiner Seite ausführlich die Rücknahme sowie den Ablauf des Recyclings. Auf der Seite wird nicht klar herausgestellt, ob die 95% Rückgewinnung der Halbleiter nur im Labormaßstab funktioniert oder bereits großtechnisch.

Sehr ausführliche und gute Darstellung zur Rücknahme und zum Recycling

Positiv auf der Webseite ist die umfangreiche Liste wissenschaftlicher Quellen zum Thema Umweltschutz zu erwähnen.

Der Hinweis auf der Webseite, dass kein NF_3 verwendet wird, ist irreführend, da NF_3 bei dieser Technologie gar nicht vorgesehen ist (siehe Kapitel 2.2), sondern bei der Siliziumdünnschichttechnologie eingesetzt wird.

Irreführende Erwähnung von NF_3

ISO 14001/Umweltmanagement/Arbeitsschutz

	ISO 14001	OHSAS 18001
Frankfurt (Oder)	Ja (2008)	In Vorbereitung
Kulim (Malaysia)	Ja (2009)	In Vorbereitung
Perrysburg (USA)	Ja (2007)	JA

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

First Solar hat alle seine Standorte nach ISO 14001 zertifiziert. Es ist das einzige der untersuchten Unternehmen, das einen Teil seiner Fertigung sogar zusätzlich nach dem Arbeitsschutzmanagementsystem OHSAS 18001 hat zertifizieren lassen. Zusätzlich besteht ein Plan zur Einführung der OHSAS 18001 für alle Standorte.

First Solar ist hinsichtlich Zertifizierung im Umwelt- und Arbeitsschutz ausgezeichnet aufgestellt

Darüber hinaus macht First Solar zusätzliche Audits und gibt interne Standards vor, unabhängig von dem Land, in dem man agiert. Bezüglich der Zertifizierungen, Verfahren und Standards ist First Solar ausgezeichnet aufgestellt und das beste unter den untersuchten Unternehmen.

Es gibt ein System zur Erfassung von Near Miss Unfällen (Beinahe-Unfällen), Safety Inspektionen durch das Management finden sogar monatlich statt. Das entspricht einem sehr hohen Standard.

Lieferanten, Joint Venture

Das Unternehmen auditiert seine Zulieferer nach eigenen Angaben nach strengen Vorgaben, bei dem die Umweltaspekte berücksichtigt werden.
Es gibt keine Bypass-Produktion, da First Solar sämtliche Module in eigener Produktion herstellt.

Keine Bypass-Produktion

Recycling Rücknahme

Rücknahme und Rücktransport werden von First Solar garantiert. Der Kunde bezahlt bereits beim Kauf das Recycling. Die Rücknahme und die Finanzierung sind vorbildlich. So wird der Anteil am Kaufpreis für das Recycling zweckgebunden und treuhänderisch durch einen Dritten verwaltet. Auch bekommt der Kunde, erst nachdem er den Standort seines Moduls mitgeteilt hat, das Garantiezertifikat. So erfasst First Solar bereits beim Verkauf die Standorte seiner Module.
First Solar ist Mitglied bei PV Cycle und hat die einzige Anlage zum Recyceln von Dünnschichtmodulen aufgebaut.

Recycling und Rücknahme klar geregelt und finanziert

Umweltziele

Es werden keine konkreten Umweltziele benannt, nur übergeordnete Ziele wie Abfall Minimierung, Weiterentwicklung, Gesundheit und Arbeitssicherheit.

Nur allgemeine Umweltziele veröffentlicht

Informationen über Unfallzahlen

First Solar macht auf Nachfrage die Unfallzahlen transparent.

Unfallzahlen transparent

Key Performance Indicators zu Umwelt und Arbeitsschutz

First Solar benutzt die sinnvolle Kenngröße der Unfallzahlen pro Arbeitsstunden.
Auch konnte der Energieverbrauch pro erstelltem Produkt deutlich verringert werden.

Andere Quellen

Das Unternehmen nimmt nicht am Carbon Disclosure Projekt (CDP)[3] teil.

[3] Das Carbon Disclosure Projekt (CDP) ist eine unanhängige Non Profit Organisation. Es geht um mehr Transparenz bei den CO_2 Emissionen von Unternehmen. Das Carbon Discloser Projekt (cdp) hat das weltweit größte, frei verfügbare Emissionsregister zu unternehmensbezogenen CO_2 Emissionen aufgebaut. Die Informationen basieren auf den Angaben der Unternehmen. Da es bisher keine verpflichtende Klimaberichterstattung für Unternehmen gibt, schließt das CDP laut WWF Deutschland eine wichtige Lücke. In Deutschland ist das CDP seit 2006 aktiv. Seitdem unterstützt der WWF Deutschland das CDP gemeinsam mit dem Bundesverband für Investment und Asset Management (BVI) als strategischer Partner.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Befragung
Im Vergleich zu den anderen Unternehmen wurden von First Solar die qualifiziertesten Antworten gegeben und sehr transparent und kooperativ agiert.

Qualifiziert, transparent und kooperativ hinsichtlich Anfragen zum Umweltschutz

Zusammenfassung
First Solar hat die beste inhaltliche Darstellung des Lebenszyklus und zu konkreten Aspekten des Umweltschutzes.

Vielleicht ist dies auch der Cadmium Tellurid Diskussion (Kapitel 2.2) geschuldet. Während frühere Bewertungen noch davon schrieben, dass man bei First Solar keine Informationen zum Thema Cadmium Tellurid bekommt, hat sich dies deutlich geändert.

Bezüglich der Performance hinsichtlich der Zertifizierungen ist First Solar aus Sicht von Murphy&Spitz Research am besten aufgestellt unter allen untersuchten Unternehmen. Alle Standorte weltweit sind nach ISO 14001 zertifiziert, zum Teil ist auch OHSAS 18001 (Arbeitsschutz) vorhanden bzw. besteht ein Plan zur Implementierung.

Die Transparenz und Kooperation ist sehr gut.

Bezüglich des Recyclings ist First Solar im Bereich der Dünnschichttechnologie das einzige Unternehmen, das eine Recyclinganlage betreibt.

5.1.2 SolarWorld

SolarWorld wurde 1998 von Frank Asbeck gegründet. Das Unternehmen stellt mono- und polykristalline Module her. Produktionsstandorte sind in Freiberg (Deutschland), Camarillo und Hillsboro (USA) sowie in Seoul (Südkorea).
Das Unternehmen beschäftigt 2700 Menschen.

Mono- und polykristalline Module

Jahresberichte 2008 und 2007
SolarWorld ist das einzige Unternehmen, das in seinen Jahresbericht einen Nachhaltigkeitsbericht integriert. Dieser Nachhaltigkeitsbericht entspricht dem Berichtsrahmen der „Global Reporting Initiative" (GRI). Der GRI ist als allgemein gültiger internationaler Standard anerkannt.

Einziges Unternehmen mit integriertem Nachhaltigkeits-bericht

Auch werden die Kernleistungsindikatoren für Umwelt, Soziales und Unternehmensführung der Deutschen Vereinigung für Finanzanalyse und Asset Management (DVFA) angewandt.

Sehr gut zu bewerten ist aus Sicht von Murphy&Spitz Research, dass SolarWorld eine CO_2 Bilanz für seine Produkte inklusive Produktionsweg erstellt. Diese Bilanz veröffentlicht sonst kein anderes Unternehmen. Dabei ist hervorhebenswert, dass auch die CO_2 Emissionen von Vorlieferanten und Dienstleistern mit abgeschätzt werden. An dieser Stelle ist die Zahlen- und Datenqualität sehr transparent und reproduzierbar.

Qualifizierte CO_2 Bilanz unter Berücksichtigung der Vorlieferanten

Die Datenqualität beziehungsweise die Aufbereitung der Daten ist aber nicht durchgängig gut. Beim Wasserverbrauch beispielsweise wird der Verbrauch geschätzt, dabei ist der Wasserverbrauch relativ leicht zu quantifizieren. Außerdem werden absolute Zahlen angegeben. Um mit den Zahlen aber Aussagen hinsichtlich der Umweltleistung treffen zu können, müssen sie in Relation gesetzt und kommentiert werden. Eine Aussage könnte zum Beispiel der Wasserverbrauch pro produziertem Produkt sein oder pro Watt Peak.
Bei den Abfallmengen ist es ähnlich. So hat sich die Menge an gefährlichen Abfällen 2008 zu 2007 mehr als halbiert (3450 t von 7258 t). Hier wäre interessant zu erfahren, aus welchen Gründen dies erfolgt ist und ob es durch inhaltliche Verbesserungen geschehen ist.

Datenauf-bereitung nicht durchgängig genug

Absolute Zahlen zum Wasserverbrauch und zu gefährlichen Abfällen ohne Bezug oder Kommentierung

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Auch wenn die Datenqualität und Aufbereitung im Vorhergehenden nicht durchweg positiv besprochen wurde, so muss man aus Sicht von Murphy&Spitz Research im Auge behalten, dass SolarWorld als einziges Unternehmen überhaupt so umfassend und transparent über Umweltschutz und Arbeitssicherheit schreibt.

Einziges Unternehmen, dass so ausführlich über Umweltschutz und Arbeitsschutz schreibt

Auch das Thema der Reinstsiliziumherstellung wird seiner Bedeutung entsprechend gut dargestellt. Seit August 2008 arbeitet SolarWorld mit einem eigenen Verfahren zur Herstellung von Solarsilizium. Hierbei handelt es sich um ein Joint Venture mit der Degussa, bei dem Solarsilizium nach einem energiesparenden Prozess produziert wird. Dieser verbraucht nur 10% der Energie im Vergleich zum klassischen Siemensverfahren.

Verfahren zur Herstellung von Reinstsilizium mit 90% Energie-einsparung

SolarWorld erstellt den einzigen Jahresbericht, in dem Umweltziele auftauchen. Allerdings muss man schon den ganzen Jahresbericht lesen, da die Ziele und Leistungen an verschiedensten Stellen auftauchen. Die Ziele sind allgemein gehalten. So werden als Ziele auf allgemeinem Niveau die Optimierung in der Produktion hinsichtlich Ressourcennutung Energie, Abfall, Wasser, CO_{2eq} genannt. Auch die Vorgehensweise bezüglich der Ziele wird transparent gemacht, in dem von einer jährlichen Überprüfung der Ziele gesprochen wird. Bei ISO 14001 zertifizierten Unternehmen ist dies sowieso ein „Muss". Jedoch weiß dies ein Leser im Normalfall nicht und so ist diese Information an der Stelle durchaus hilfreich und wichtig.

Einziger Bericht mit Umweltzielen und erreichten Leistungen

Ähnlich wie bei den veröffentlichen Zahlen fehlt es an Übersicht und durchgehender Tiefe. Im Vorwort wird dargestellt, dass man bewusst die Nachhaltigkeitsaspekte in den Bericht integriert hat und keinen separaten Bericht hierzu erstellt, da ja das Thema Nachhaltigkeit auch in allen Unternehmensbereichen integriert sein soll.
Wünschenswert wäre allerdings an einer Stelle eine Übersicht der Ziele und eine Übersicht der Erfolge im Umweltschutz aufzuführen.

Ganz konkret wird es dann beim Thema Recycling. Das Thema wird gut und ausführlich dargestellt, kein anderes der untersuchten PV-Unternehmen mit kristalliner Technologie schreibt sonst darüber.

Über konkrete Verbesserungen im Umweltschutz kann man auch an diversen Stellen lesen. So zum Beispiel über die Drahtsägeoptimierung, die 5% relative Ausbeutesteigerung gebracht hat (siehe Kapitel 2.1.2.2). Auch über die Reduktion der Waferdicke von 210 µm auf 180 µm wird berichtet. Diese Reduktion hat den Siliziumverbrauch um 5% verringert, was natürlich in erster Linie unter wirtschaftlichen Aspekten interessant ist.

Auch im Bereich Arbeitsschutz ist SolarWorld der einzige Hersteller mit der kristallinen Technologie, der über konkrete Zahlen im Arbeitsschutz und über Arbeitsunfälle berichtet!

Unfallzahlen werden im Nachhaltigkeits-bericht transparent gemacht

Wie die meisten Industrieunternehmen im deutschsprachigen Raum werden die Zahlen als 1000 Mann Quote berichtet, angelehnt an das System der Berufsgenossenschaften. Allerdings kann sich bei der Unfallzahl/Mitarbeiter die Zahl auch einfach dadurch verbessern, dass bei gleicher Mitarbeiterzahl weniger gearbeitet wird (Kurzarbeit, Produktionsrückgang ohne Entlassungen ect.). Viel aussagekräftiger ist es deswegen, die Anzahl der Unfälle nicht auf die Zahl der Beschäftigen zu beziehen, sondern auf die Zahl der geleisteten Arbeitsstunden (wie dies im angelsächsischen Raum üblich ist).

Es wird berichtet, dass mit Produktionsstätten in Deutschland, USA sowie Südkorea operiert wird. In dem Bericht wird dann auf Deutschland und die USA eingegangen, aber nicht auf Südkorea. Hier sind mehr Informationen zur Umweltperformance an diesem Standort wichtig.

Keine Angaben zur Performance des Joint Venture in Seoul

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Externe Kommunikation, sonstige Veröffentlichungen, Webseite

Durchgängige Informationen zum Thema Nachhaltigkeit

Auf der Webseite gibt es eine eigene Rubrik für Nachhaltigkeit mit sachlichen Informationen und weiterführenden Links. Das Thema Nachhaltigkeit wird in den Publikationen, Pressemeldungen und auf der Webseite durchgängig und konsequent kommuniziert.
Auch der Firmengründer zeigt ein starkes öffentliches Commitment zum Thema Nachhaltigkeit.
SolarWorld fällt auch durch gesellschaftspolitisches Engagement auf. Unter dem Dach von Solar2World werden Projekte von SolarWorld, die einen Entwicklungsbeitrag in ärmere Länder leisten, vorangetrieben.
Das Unternehmen hat 2008 den deutschen Nachhaltigkeitspreis im Bereich Produktion bekommen.
SolarWorld ist Mitglied und Initiator von PV Cycle (siehe auch Kapitel 3). Eine Tochterfirma betreibt die einzige Anlage zum Recyceln kristalliner Module weltweit.

ISO 14001/Umweltmanagement/Arbeitsschutz

Zertifizierung an einem von drei eigenen Standorten

Joint Venture in Seoul nicht zertifiziert

Von den drei eigenen Produktionsstandorten ist nur der in Deutschland zertifiziert. Das Joint Venture in Seoul ist nicht zertifiziert. Eine fehlende Zertifizierung in einem Land wie den USA mit hohen Standards und geregeltem Vollzug ist anders zu bewerten als zum Beispiel eine fehlende Zertifizierung in Südkorea. Die Zertifizierung ist für 2010 beabsichtigt und nach Aussagen des Unternehmens den umfangreichen Änderungen nach Übernahme dieser Standorte geschuldet. Allerdings sollte bei einem Joint Venture in einem Land wie Südkorea mit einer ¾ Beteiligung von SolarWorld die ISO 14001 Zertifizierung forciert werden. Gerade, wenn man suggeriert, anderen Marktteilnehmern würden nicht nach ISO 14001 Standards arbeiten [23].

SolarWorld stellt dar, dass bei ihren nicht zertifizierten Standorten Umweltmanager mit Berichtspflichten vor Ort sind, eine entsprechende Dokumentation vorliegt sowie Besuche des Qualitäts-Managers aus Deutschland erfolgen.

Produktionsstandorte Zertifizierung :

	ISO 14001
Freiberg (Deutschland)	Ja
Camarillo (USA)	Nein (in Vorbereitung beabsichtigt für 2010)
Hillsboro (USA)	Nein (in Vorbereitung)
Seoul Südkorea (Joint Venture 76,5 % Beteiligung von SolarWorld)	Nein (in Vorbereitung)

Die Bürostandorte sind durchgängig zertifiziert.

Umweltziele

ja, im Jahresbericht dokumentiert, wenig konkret.

Recycling Rücknahme

Rücknahme und Rücktransport gesichert
Mitbegründer und Mitglied bei PV Cycle

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Informationen über Unfallzahlen
ja, im Jahresbericht dokumentiert. Außerdem gibt es ein System zur Erfassung von Near Miss Unfällen (Beinahe-Unfällen). Die Erfassung von Beinahe-Unfällen zeugt von einem fortschrittlichen Arbeitsschutzsystem, wie auch die Sicherheitsbegehungen durch das Management. Unfallzahlen werden ermittelt und veröffentlicht (im Nachhaltigkeitsbericht siehe oben).

Key Performance Indicators zu Umwelt- und Arbeitsschutz:
Ja, aber keine wirklichen Leistungsaussagen im Umweltschutz darüber möglich (siehe oben).

Andere Quellen
SolarWorld nimmt am Carbon Disclosure Projekt (CDP) teil und ist Mitglied beim Global Compact[4].

Teilnahme am Carbon Disclosure Projekt

Lieferanten, Joint Venture
Reinstsilizium: 25 % aus Recycling wird selbst beigesteuert, 75% des Reinstsiliziumbedarfs wird über Zulieferer abgedeckt. Der überwiegende Teil dieser Zulieferer hat die ISO 14001 Zertifizierung.

Reinstsilizium Zulieferer überwiegend zertifiziert

30% aller sonstigen Lieferanten von SolarWorld sind nach ISO 14001 zertifiziert. Diese Information steht im Nachhaltigkeitsbericht, kein anderer Hersteller macht dies so transparent. Obwohl diese Information für alle Unternehmen mit ISO 14001 Zertifizierung leicht verfügbar ist.

Befragung
Die meisten Fragen wurden bereits durch den Nachhaltigkeitsbericht geklärt. Das Unternehmen reagierte transparent und kooperativ zu allen Fragen.

Zusammenfassung
SolarWorld setzt mit seinem Nachhaltigkeitsbericht einen neuen Standard innerhalb der PV-Branche. Die Transparenz bezüglich der Umweltleistung und der Ziele wird gut dargestellt. Im Vergleich zu anderen Branchen liegt der Nachhaltigkeitsbericht eher im Mittelfeld, da die fachliche Tiefe und Übersichtlichkeit an einigen Stellen zu wünschen übrig lassen. Die wesentlichen Themen wie Zulieferer, Recycling und Energieverbrauch werden fachlich gut bearbeitet.
Insgesamt ist die Unternehmenskommunikation zum Thema Nachhaltigkeit durchgängig auch auf der Webseite.

Solarworld setzt Standards

Auch bezüglich des Recyclings setzt das Unternehmen die Standards für den Bereich der kristallinen Zelltechnologie: ein Tochterunternehmen der SolarWorld hat als einziges das entsprechende Know How hierfür.

Solarworld ist das einzige, der untersuchten Unternehmen, welches in seinem Jahresbericht Daten und Fakten zum Umweltschutz und zum Arbeitsschutz gibt.

Nach ISO 14001 ist derzeit nur der deutsche Produktionsbereich zertifiziert, die Standorte in den USA, sowie das Joint Venture in Seoul noch nicht. Die Zertifizierungen sind für 2010 angestrebt. SolarWorld gibt an, organisatorische Maßnahmen an den nicht zertifizierten Standorten eingerichtet zu haben, um die Umweltstandards einzuhalten.

[4] Bei dem Global Compact verpflichten sich Unternehmen zu zehn Punkten aus dem Bereich Menschenrechte und Umwelt. Die Teilnahme ist relativ unverbindlich, da bei nicht Einhaltung keine Sanktionen drohen.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

5.1.3 Sunpower

Dr. Richard Swanson gründete 1985 Sunpower zur kommerziellen Nutzung seiner Technologie, die er an der Standford University als Professor für Electrical Engineering zusammen mit seinen Studenten entwickelt hatte. Sunpower stellt monokristalline Solarzellen mit dem höchsten Wirkungsgrad her.

Sitz in den Vereinigten Staaten

Wie in Kapitel 2.1 erläutert ist der Ausgangsstoff monokristallines Silizium der Ausgangsstoff mit der höchsten EnergyPayBackTime.

Monokristalline Zellen

Das Unternehmen hat 5400 Mitarbeiter, 540 Mitarbeiter in den Vereinigten Staaten, 150 überall auf der Welt und 4710 auf den Philippinen. Die Produktionsstandorte von Sunpower sind auf den Philippinen.

Jahresberichte 2008 und 2007

Es gibt keine Daten und Fakten zum Thema Umweltschutz und Arbeitssicherheit in den Jahresberichten 2007 und 2008. Nur ein allgemeiner und kurzer Abschnitt zu diesem Thema ist vorhanden. Sunpower schreibt, man würde die Umweltstandards der jeweiligen Länder einhalten. Im Arbeits- und Umweltschutz gut aufgestellte Unternehmen schaffen aktiv einen eigenen Standard, unabhängig von dem Land, in dem sie tätig sind und unter den sie nicht gehen.

Keine Informationen zum Umwelt- und Arbeitsschutz

Externe Kommunikation, sonstige Veröffentlichungen, Webseite

Die Webseite, die Jahresberichte und Pressemeldungen fokussieren das Thema Umweltschutz ausschließlich auf das umweltfreundliche Produkt. Der Produktionsweg, der Lebenszyklus, das Recycling sind kein Thema. Auch unter den Stichworten Nachhaltigkeit, Arbeitssicherheit oder Umweltschutz ist nichts zu finden. Weiter gibt es keinen Hinweis zum Thema Entsorgung und Recycling, oder ob Sunpower Mitglied bei PV Cycle ist. Sie sind es, aber dies muss man selbst an anderer Stelle herausfinden.

Nachhaltigkeit spielt bei der Unternehmens-kommunikation keine Rolle

Auf ihrer Webseite lässt Sunpower seine Kunden sprechen:
„Dank Sunpower produziert unser Haus jeden Tag saubere Energie. Damit tragen wir aktiv zu einer intakten Umwelt bei, und das Ganze macht sich auch noch bezahlt." wird von Frau Prof. Breit, Hausbesitzer, Aachen, Deutschland zitiert. Die Kunden von Sunpower tragen zu einer intakten Umwelt bei. Der Beitrag von Sunpower für eine intakte Umwelt im Rahmen seiner Wertschöpfungskette wird auf der Webseite nicht konkretisiert und auch auf Nachfrage erfährt man darüber nichts.

Auch ist auf der Webseite zu lesen: „ ...Indem Sie eigene umweltfreundliche Energie erzeugen, verringern Sie Ihre Kohlendioxidbilanz. Werden Sie ein Vorreiter in Sachen Umweltfreundlichkeit – mit Sunpower." Über die Kohlendioxidbilanz des Unternehmens und Ideen des Unternehmens zu einer eigenen Vorreiterrolle wird nicht geschrieben.

Interessant ist es auch, die deutsche mit der englischen Webseite hinsichtlich der Kundenaussagen zu vergleichen. Hier wird aus Sicht von Murphy&Spitz Research deutlich, dass der Umweltaspekt als reines Marketinginstrument für die deutschen Kunden eingesetzt wird. Umweltschutz als Marketinginstrument einzusetzen ist ok, nur sollte man dann auch nachweislich etwas in diesem Bereich geleistet haben.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

ISO 14001/Umweltmanagement/Arbeitsschutz
Informationen, ob das Unternehmen nach ISO 14001 zertifiziert ist, sind nicht zu finden. Auf eine Anfrage bei Investor Relations wurde zwar geantwortet, dass das Unternehmen über die ISO 14001 verfügt, den gewünschten Nachweis hierzu blieb man aber schuldig. Das Unternehmen und vor allem seine Produktionsstandorte auf den Philippinen sind sehr wahrscheinlich nicht nach ISO 14001 zertifiziert. Auch auf Nachfrage gibt es keine offizielle Information von Sunpower, wie man Nachhaltigkeit, Umweltschutz und Arbeitssicherheit vor Ort sicherstellt.

Lieferanten, Joint Venture
keine Informationen

Recycling Rücknahme
Mitglied bei PV Cycle

Umweltziele
keine Informationen

Informationen über Unfallzahlen
keine Informationen

Key Performance Indicators zu Umwelt und Arbeitsschutz
keine Informationen

Andere Quellen
Das Einzige, was man an Informationen zum Thema Umweltschutz und Sunpower finden kann, ist eine Untersuchung durch die International Finance Corporation (IFC, eine Gesellschaft der Weltbank). Die IFC gibt an, im März 2009 die Werke auf den Philippinen begutachtet zu haben und dabei auch Umwelt-, Sozial- und Arbeitsschutzaspekte berücksichtigt zu haben [24]. Der Bericht gibt aber auch keine aussagekräftigen Hinweise, ob Umweltschutz und Arbeitssicherheit vor Ort gut laufen. Es wurde nach den IFC Performance Standards geprüft, die man jetzt genauer prüfen müsste, um zu sehen, wie anspruchsvoll diese sind, wie unabhängig das Verfahren ist, und welches Niveau die Prüfer haben. Hier zeigt sich aus Sicht von Murphy&Spitz Research der Sinn und Zweck der ISO 14001, bei der jeder sofort weiß, was geprüft wird, und über welche Qualifikation die Prüfer verfügen müssen.

Befragung
Die Pressestelle und Investor Relations reagierte auf zahlreiche Anrufe und Anfragen gar nicht oder stark verzögert. Schließlich wurden angefragte Informationen in keinem Punkt beantwortet. Mit der Begründung, alle abgefragten Informationen müssten leider geheim gehalten werden. Aus Sicht von Murphy&Spitz Research ist nicht nachvollziehbar ist, wieso eine ISO 14001 Zertifizierung beispielweise der Geheimhaltung unterliegen sollte.

Zusammenfassung:
Sunpower schneidet in vielen Punkten schlecht ab: wahrscheinlich keine ISO 14001 und das bei Fertigungsstandorten auf den Philippinen. Null Transparenz, schlechter Kommunikationsstil, keine Informationen zu Umweltschutz und Arbeitssicherheit, keine Daten und Fakten zu den Umweltaspekten der eigenen Wertschöpfungskette, geschweige denn zu Lieferanten. Bei den eigenen Kunden an CO_2 Bilanz und intakte Umwelt appellieren, aber die eigene Performance in diesem Bereich nicht preiszugeben offenbart Umweltthemen als reines Marketinginstrument zu benutzen.

Schlechtestes Abschneiden in allen Kategorien und unter allen untersuchten Teilnehmern

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

5.1.4 Suntech

Suntech wurde 2001 von Shi Zhengrong gegründet. Das Unternehmen stellt überwiegend mono- und polykristalline Module sowie gebäudeintegrierte Solarmodule her. Die Fertigungstiefe ist im Vergleich zu den anderen Herstellern gering.
Suntech hat unter anderem Beteiligungen an sechs Siliziumproduzenten.

Chinesisches Unternehmen

Mono- und polykristalline Module

Jahresberichte 2008 und 2007
Es gibt nur einen Hinweis auf den hohen Energieverbrauch bei der Herstellung von Polysilicon, ansonsten gibt es nur einen mageren und sehr allgemeinen Abschnitt zu dem Bereich Umweltschutz.

Magere Informationen im Jahresbericht

Externe Kommunikation, sonstige Veröffentlichungen, Webseite
Auf der Webseite gibt es eine extra Rubrik zum Umweltbereich, allerdings wird dort inhaltlich nichts über die Umweltauswirkungen der eigenen Produktion bekannt gegeben. Stattdessen findet man dort konkrete Tipps zum CO_2 Einsparen für den Verbraucher: *„ Einfache Tipps zur Reduzierung des Kohlenstoffverbrauchs:*
Recyceln sie zuhause und kaufen sie Recyclingprodukte, pflanzen sie Bäume in ihrem Garten, spenden sie, schließen sie bei Sonnenuntergang ihre Vorhänge, um zu verhindern, dass warme Luft entweicht...."
Suntech wird in dem Hurun Report 2007 erwähnt [25], als einer der 100 großzügigsten Spender.

Eigene Rubrik zum Thema Umweltschutz, allerdings mit fragwürdigem Inhalt

ISO 14001/Umweltmanagement/Arbeitsschutz
Das Unternehmen hat seit September 2006 die ISO 14001 Zertifizierung. Detaillierte Informationen über das Umweltmanagementsystem und über die Ziele werden nicht veröffentlicht. Über den Umweltstandard bei den Beteiligungen gibt es keinerlei Informationen.

Zertifizierung nach ISO 14001 seit 2006
Keine Informationen über den Standard bei den Beteiligungen

Lieferanten, Joint Venture
keine Informationen, eigene Recherche:
Bei dem Skandal um die Reinstsiliziumfabrik, die Umweltgifte ungeregelt entsorgte (Luoyang Zhonggui im Jahr 2008, siehe Kapitel 2.1), handelte es sich um einen der Hauptlieferanten von Suntech.
Ein neuer wesentlicher Lieferant für das Silizium ist jetzt die Asia Silicon Co Technik. Das Unternehmen hat nur eine Webseite auf chinesisch, es ist nicht klar, ob das Unternehmen nach ISO 14001 zertifiziert ist.
Ein weiterer Lieferant ist MEMC, welcher nach eigenen Recherchen im Umwelt- und Arbeitsschutzbereich gut aufgestellt ist.

Lieferant von Suntech war in Umweltskandal verwickelt. Trotzdem keine bessere Transparenz oder Hinweis, was man daraus gelernt hat

Recycling Rücknahme
Mitglied bei PV Cycle

Umweltziele
keine Informationen

Informationen über Unfallzahlen
keine Informationen

Key Performance Indicators zu Umwelt und Arbeitsschutz
keine Informationen

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Andere Quellen

Suntech soll laut Human Rights Resource Center Mitglied beim Carbon disclosure Project (CDP) sein. Allerdings ist auf der Webseite zum CDP keine Information darüber zu finden, von daher ist es nicht sicher, ob diese Information stimmt. Suntech selbst gibt dazu keine Informationen.

Das Unternehmen ist Mitglied beim Global Compact der United Nations, wobei es als inaktives Mitglied geführt wird.

Der Geschäftsführer Herr Dr. Zhengrong Shi engagierte sich bei dem UN Leadership Forum on climate change am 22. September 2009, sowie bei B4E "Business for the Environment" unter Schirmherrschaft des UN Environment Programme (UNEP).

Geschäftsführer aktiv bei UN Environment Prgramme (UNEP)

Befragung

Investor Relations beantwortete Fragen trotz zugesagter Teilnahme nicht.

Zusammenfassung

Unteres Mittelfeld

Unteres Mittelfeld

Positiv ist, dass das Unternehmen nach ISO 14001 zertifiziert ist. Das Engagement des Geschäftsführers bei dem Climate Leadership Forum ist erwähnenswert.

Die Transparenz des Unternehmens ist schlecht, es gibt zu Umweltschutz und Arbeitssicherheit keine Informationen und keine Daten und Fakten zur eigenen Wertschöpfungskette. Auch über die Umweltstandards bei den zahlreichen Beteiligungen gibt es keine Informationen, was Murphy&Spitz als sehr negativ wertet. Die Webseite mit Ihren Vorschlägen zu den privaten Möglichkeiten der CO_2 Einsparung (Vorhänge bei Sonnenuntergang schließen ...) kann bestenfalls als bemüht und amüsant bezeichnet werden.

Suntech sollte aus Sicht von Murphy&Spitz Research nach dem Skandal mit seinem Reinstsiliziumlieferanten (siehe Kapitel 2.1) deutlich mehr Engagement und Transparenz bezüglich der Umweltperformance seiner Zulieferer zeigen. Was hat man aus dem Vorfall gelernt? Wie sieht es bei den neuen Reinstsiliziumlieferanten aus? Hierzu gibt es keinerlei Informationen von Suntech. Auch im Jahresbericht bei den möglichen Imagegefahren wird dazu nichts erwähnt. Ein zweiter Grund, weswegen Suntech ein besonderes Augenmerk auf seine Zulieferer dokumentieren sollte, ist die geringe Fertigungstiefe des Unternehmens. Denn dies bedeutet einen hohen Zukauf an Produkten hoher Fertigungsstufen, d.h., die Umweltaspekte finden maßgeblich bei den Zulieferern statt. Aus Kapitel 4 über die ISO 14001 in China wissen wir, dass gerade bei den kleinen und mittelständischen Unternehmen in China in diesem Bereich große Mängel bestehen können. Das heißt, bei einem Modul von Suntech weiß man aus Sicht von Murphy&Spitz Research nicht, wie groß die Umweltauswirkungen bei seiner Entstehung wirklich waren, auch wenn das Unternehmen selbst nach ISO 14001 zertifiziert ist.

Bei der geringen Fertigungstiefe muss Suntech mehr Informationen zu seiner Vorgehensweise mit den Zulieferern geben

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

5.1.5 Trina Solar

Trina Solar wurde 1997 von Jifan Gao und einer kleinen Gruppe von Wissenschaftlern in China gegründet. Seit 2004 stellt das Unternehmen mono- und polykristalline Module her. Die Wertschöpfung geht von der Produktion des Mono- und Polysiliziums bis hin zum Modul. Das Reinstsilizium wird nicht selbst hergestellt.
Als eines der Unternehmen der ersten Stunde der PV-Industrie in China hat Trina Solar das chinesische Erneuerbare-Energien-Gesetz miterarbeitet. Das Unternehmen beschäftigt 4500 Mitarbeiter.

Chinesisches Unternehmen

Mono- und polykristalline Module

Jahresberichte 2008 und 2007

In dem Geschäftsbericht wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Zulieferer für das Reinstsilizium mit Tetrachlorsilan umgehen müssen und man auf die Auswahl der Lieferanten in diesem Bereich besonderen Wert legt. Dies ist positiv zu bewerten.
Ansonsten eher kurze und allgemeine Informationen, zum Thema Arbeitsschutz lässt sich gar nichts finden.

Hinweis zur Lieferantenauswahl, ansonsten nur magere Informationen

Externe Kommunikation, sonstige Veröffentlichungen, Webseite

2009 enthielt die Trina Webseite noch eine eigene Rubrik mit Details über die umweltfreundliche Herstellung der Module. Auch fanden sich verschiedene Hinweise zu Leistungen im Umweltschutz, wie beispielsweise die Errichtung eines Bürobereichs unter besonderer Berücksichtigung von Umweltaspekten.
Bei einem erneuten Blick auf die Webseite Anfang 2010 sind die oben genannten Informationen nicht mehr zu finden. Nur in dem Segment „unsere Stärken" findet man als letztes die Kategorie „Umweltbewusstsein", mit sehr allgemeinen Angaben und Selbstverständlichkeiten, wie beispielsweise, dass für Trina als chinesischem Unternehmen die Umweltgesetze der VR China gelten. Die ISO 14001 wird nicht erwähnt. Bei den Grundwerten des Unternehmens werden Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit weder direkt noch indirekt erwähnt.
Der Verbraucher erhält keine Angaben zur Rücknahme oder zum Recycling am Ende des Lebenszyklus. Es werden keine Ziele und Leistungen zum Umweltschutz dokumentiert.

Keine Informationen auf der Website, sogar Verschlechterung des Informationsgehalts von 2009 nach 2010

ISO 14001/Umweltmanagement/Arbeitsschutz

Trina Solar ist seit Dezember 2008 durch den TÜV Süd nach ISO 14001 zertifiziert. Detaillierte Informationen über das Umweltmanagementsystem und über die Ziele liegen nicht vor.

Zertifizierung durch TÜV Süd 2008

Lieferanten, Joint Venture

keine Informationen

Umweltziele

keine Informationen

Informationen über Unfallzahlen

keine Informationen

Key Performance Indicators zu Umwelt und Arbeitsschutz

keine Informationen

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Andere Quellen
Trina Solar ist kein Mitglied bei PV Cycle (Vergleiche auch Kapitel 3.1). In Veröffentlichungen und auf der Webseite findet man auch nichts zu den Vorstellungen von Trina Solar zu der Entsorgung und dem Recycling ihrer Module.

Kein Mitglied bei PV Cycle und keine Angaben zum Recycling

Befragung
Investor Relations beantwortete Fragen trotz zugesagter Teilnahme nicht.

Zusammenfassung:

Unteres Mittelfeld:

Unteres Mittelfeld

Positiv ist, dass Trina Solar nach ISO 14001 zertifiziert ist.

Weiterhin positiv ist die hohe Fertigungstiefe von Trina Solar, da dadurch große Bereich der Wertschöpfungskette durch den externen Prüfer bei dem ISO 14001 Audit geprüft wurden. Auch gibt Trina Solar in ihrem Jahresbericht an, bei den Reinstsiliziumzulieferern auf den Umweltbereich zu achten, was für eine qualifizierte Umweltsicht des Unternehmens spricht.

Im Kontrast dazu stehen allerdings viele andere Aspekte von Trina. Das Unternehmen veröffentlicht keine Ziele und keine konkrete Strategie zum Umweltschutz. Zum Arbeitsschutz finden sich überhaupt keine Angaben. Auch gibt es keine Daten und Fakten zu Umweltkennzahlen oder Arbeitsunfällen.

Keine Transparenz

Ein ganz klarer Schwachpunkt des Unternehmens ist aus Sicht von Murphy&Spitz Research das Thema Recycling und Entsorgung. Trina Solar ist weder Mitglied bei PV Cycle, noch stellt das Unternehmen dar, welche eigenen konkreten Wege es zu dem Thema geht. Auf eine Anfrage bei Investor Relations zu diesem Thema gab es auch keine detaillierteren Informationen. Bei den Garantiebedingungen zu den Modulen findet man nichts zu dem Thema, außer, dass Module, die unter die Garantie fallen, von Trina entsorgt werden. Der Schluss liegt nahe, dass bei Trina Modulen der Kunde mit der Entsorgung alleine gelassen ist.

Kein Know How und kein Geld bezüglich Entsorgung und Recycling

5.1.6 Yingli

Yingli auch bekannt unter Yingli Green Energy wurde 1998 von Linsheng Miao gegründet. Das Unternehmen produziert vollintegriert polykristalline PV Module an seinem Produktionsstandort in China.
Yingli hat die gesamte Wertschöpfungskette komplett selbst in der eigenen Hand und betreibt seit Ende 2009 auch eine eigene Siliziumherstellung.
Das Unternehmen beschäftigt 4800 Mitarbeiter und ist südöstlich von Peking angesiedelt.

Chinesisches Unternehmen

Vollintegrierte polykristalline Module

Jahresberichte 2008 und 2007
Neben allgemeinen Passagen zu den Themen Arbeitschutz und Umweltschutz kann man auch einige Detailinformationen finden. So berichtet Yingli im Annual Report über das Jahr 2008, über Versicherungen, die Arbeitsunfälle und den Mutterschutz abdecken.

Die meisten Informationen im Vergleich zu anderen chinesischen Herstellern

Bezüglich Umweltschutz wird im Annual Report 2007 über die Zertifizierung nach ISO 14001 berichtet. Über konkrete Umweltziele kann man allerdings nichts lesen. Die abgebildete Organisationsstruktur weist auch keinen Umweltschutzverantwortlichen aus.
2008 wird der Bericht an einer Stelle konkreter: es wurde eine neue Abwasserbehandlung und Wasseraufbereitung installiert und eine verbesserte Abgasreinigung eingeführt.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Die Berichterstattung hinsichtlich Arbeitssicherheit und Umweltschutz hat sich von 2007 auf 2008 weiterentwickelt. Der Annual Report 2008 weist deutlich mehr Hinweise zum Arbeits- und Umweltschutz auf. Weiteres und konkreteres Material wäre aus Sicht von Murphy&Spitz Research wünschenswert.

Deutliche Steigerung der Informationen von 2007 nach 2008

Ausgesprochen interessant ist, dass im chinesischen Annual Report ein extra Kapitel zu Environment, Health und Safety ist, welches in der englischen Version fehlt.
Dieses Kapitel enthält viele konkrete Zusatzinformationen, die einem das Engagement von Yingli besser vorstellen lassen. Es wird von Beiträgen zu „gutem Umgang mit der Nachbarschaft" berichtet (konkret Spenden, Unterstützung der örtlichen Feuerwehr und des Transportsystems). Auch über eine neue Abwasseranlage, Investitionen in Lärmminderung und eine Echtzeit-Abfall-Überwachung erfährt man mehr. Bezüglich Health and Safety werden Maßnahmen genannt wie Managementbegehungen mit Safety Fokus und einiges mehr. Diese Art Maßnahmen findet man nur bei Unternehmen, die in diesem Bereich sehr fortschrittlich sind.

Im chinesischen Report deutlich mehr Informationen als im englischen

Externe Kommunikation, sonstige Veröffentlichungen, Webseite
Auf der Webseite gibt es keine eigene Rubrik zum Thema Umweltschutz und Nachhaltigkeit. Auch wird an keiner Stelle der Webseite die Umweltrelevanz der Wertschöpfungskette thematisiert.
Es gibt aber vereinzelte Pressemitteilungen, die auch klare Aussagen des Firmengründers zu einer umweltfreundlichen Produktion enthalten.
Interessant ist auch, dass bei Yingli der Schlamm, der durch das Wafersägen entsteht (sogenannter Slurry) recycelt wird [26]. Dies ist als fortschrittlich anzusehen. Yingli selbst schreibt nicht darüber, dieses fortschrittliche Verfahren einzusetzen.

ISO 14001/Umweltmanagement/Arbeitsschutz
Yingli ist seit 2007 nach ISO 14001 zertifiziert. Detaillierte Informationen über das Umweltmanagementsystem und über die Ziele werden nicht veröffentlicht.

Lieferanten, Joint Venture
keine Informationen

Recycling Rücknahme
Mitglied bei PV Cycle

Umweltziele
keine Informationen

Informationen über Unfallzahlen
keine Informationen

Key Performance Indicators zu Umwelt und Arbeitsschutz
keine Informationen

Andere Quellen
Laut Aussage von Frau Han (Management Team /azur-international, eine der ersten chinesischen Beratungsfirmen zum Thema renewable energy mit Sitz in Peking) wird Yingli von den Chinesen selbst als das Zukunftsunternehmen wahrgenommen, dass zugleich von seinem Denken her sehr „chinesisch traditionell" ist. Bei der Bewertung hinsichtlich der Transparenz muss die chinesische Mentalität mit bedacht werden.

Yingly chinesisch traditionell

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Befragung
Investor Relations beantwortete Fragen trotz zugesagter Teilnahme nicht.

Zusammenfassung:

Oberes Mittelfeld

Oberes Mittelfeld

Im Vergleich zu den anderen chinesischen Herstellern bietet Yingli die meisten Informationen zu Umwelt und Arbeitsschutz in seinem Jahresbericht. Auf der Webseite finden sich kaum Daten und Fakten zu Umweltaspekten der eigenen Wertschöpfungskette. Das Unternehmen ist im Umwelt- und Arbeitsschutz besser aufgestellt, als es über seine Webpräsenz und seinen englische Annual Report vermuten lässt. Aus Sicht von Murphy&Spitz Research sprechen auch die hohe Fertigungstiefe und die Zertifizierung für Yingli.

Unternehmen ist besser aufgestellt als es sich aufgrund eigener Darstellung vermuten lässt

5.2 Zusammenfassung

Drei Unternehmen waren bei der Untersuchung hervorstechend. FirstSolar und SolarWorld in positiver Richtung und Sunpower in negativer Richtung.

Bezüglich der Performance hinsichtlich der Zertifizierungen ist First Solar am besten aufgestellt unter allen untersuchten Unternehmen. Alle Standorte weltweit sind nach ISO 14001 zertifiziert, zum Teil ist auch OHSAS 18001 (Arbeitsschutz) vorhanden bzw. besteht ein Plan zur Implementierung. Die Transparenz und Kooperation ist vorbildlich. Bezüglich des Recyclings ist First Solar im Bereich der Dünnschichttechnologie das einzige Unternehmen, das eine Recyclinganlage betreibt.

SolarWorld setzt mit seinem Nachhaltigkeitsbericht einen neuen Standard innerhalb der PV-Branche. Die Transparenz bezüglich der Umweltleistung und der Ziele wird gut dargestellt.

Auch bezüglich des Recyclings setzt das Unternehmen die Standards für den Bereich der kristallinen Zelltechnologie: ein Tochterunternehmen der SolarWorld hat als einziges das entsprechende Know How für die kristalline Technologie.

Solarworld ist das Einzige der untersuchten Unternehmen, welches in seinem Jahresbericht Daten und Fakten zum Umweltschutz und zum Arbeitsschutz gibt.

Nach ISO 14001 sind derzeit nur ein Teil der Standorte zertifiziert.

Die chinesischen Hersteller Yingli, Suntech und TrinaSolar sind weniger transparent. Dies ist sicher auch zum Teil einen anderen Mentalität geschuldet und muss nicht heißen, dass diese Unternehmen in Richtung Umweltschutz keine Leistungen vorzuweisen haben. Entgegen anders lautender Vorurteile haben alle chinesischen Hersteller ISO 14001. Allerdings fehlen Angaben zu den Zielen und den Lieferanten, so dass das Niveau der Managementsysteme nicht eingeschätzt werden kann. Suntech ist im übrigen nur für die Modulproduktion zertifiziert. Über die zahlreichen Beteiligungen von Suntech und deren Umweltperformance macht das Unternehmen keine Angaben.

Ausgerechnet das amerikanische Unternehmen Sunpower mit Produktionsstätten auf den Philippinen bleibt einen Nachweis seiner Zertifizierung schuldig. Auch bezüglich Transparenz, Berichterstattung und Kooperation erhält Sunpower die schlechteste Bewertung von den untersuchten Unternehmen.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Big Points

- First Solar herausragend hinsichtlich Zertifizierung im Umwelt- und Arbeitsschutz, Recycling und Kooperation

- Solarworld herausragend hinsichtlich Jahresberichterstattung, Recycling und Transparenz, bezüglich der Ziele und der Lieferantenbewertung

- Chinesischen Hersteller Yingli, Suntech und Trina Solar haben alle die ISO 14001 Zertifizierung.

- Es gibt Anhaltspunkte, dass die Umweltperformance bei Yingli besser ist, als wie man aus der eigenen Darstellung von Yingli schließen könnte.

- Amerikanischer Pureplayer Sunpower kann nicht einmal ISO 14001 Zertifizierung nachweisen und ist auch bezüglich Tranzparenz, Kooperation und fachlicher Information nicht gut aufgestellt.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

			Gesamt Bewertung	Umwelt-relevanz Zulieferer	Zertifizierung der Zulieferer	Transparenz der eigenen Wertschöpfung	Umwelt-kennzahlen	Transparenz umwelt-relevanter Informationen	Qualität der Umwelt-informationen	Managementsystem				Entsorgung/Recycling		
	Produktions-standorte	**Technologie**								**ISO 14001**	**Ziele veröffentlicht**	**OHSAS 18001**	**Angaben zu Safety Inspections und Near miss**	**PV Cycle Mitglied**	**Eigene Recycling-technologie**	**Angaben zur Rücknahme**
First Solar	Malaysia Deutschland USA	Dünnschicht	++	Gering	Gut	Sehr gut	Kaum Angaben	Gut	Gut	**Alle Standorte**	Nein	Teil der Standorte	Gut	Ja	Ja	JA
SolarWorld	Deutschland USA Südkorea	Kristallin	+/++	Hoch	Sehr gut	Sehr gut	Angaben ja , Qualität von gut bis mittel	Sehr gut	Gut	**Teil** der Standorte	Nein	Nein	Gut	Ja	Ja	ja
Sunpower	Philippinen	Mono-kristallin	**- -**	Sehr hoch	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	Nicht nachgewiesen	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
Suntech	China	Kristallin	**-**	Sehr hoch	Keine Angaben	Kaum Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
Trina Solar	China	Kristallin	0	Hoch	Keine Angaben	Kaum Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	kaum Angaben	Ja	Nein	Nein	Nein	**Nein**	**Nein**	Nein
Yingli	China	kristallin	0/+	Gering	Keine Angaben	Kaum Angaben	Keine Angaben	Mittel	Mittel	Ja	Nein	Nein	Nein	JA	Nein	Nein

Tabelle 3) Übersicht Bewertung der Pureplayer

++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - =schlecht, - - =miserabel

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

6. Zusammenfassung

Die Umweltauswirkungen entlang der Wertschöpfungskette bei der Silizium-Technolgie und bei der Dünnschichttechnologie sind die typischen einer Halbleiterfertigung, mit all ihren chemischen und energieintensiven Schritten.

Wenn man die kristalline Technologie mit der Dünnschichttechnologie unter Umweltaspekten vergleicht, zeigt sich, dass die Vor- und Nachteile verschieden sind, jedoch von ähnlicher Größenordnung.

Welche Umweltauswirkungen wirklich entstehen, ist aus Sicht von Murphy &Spitz Research vielmehr eine Frage davon, wie die einzelnen Unternehmen an den sensiblen Punkten agieren und ihre eigenen Produktionsstätten und ihre Zulieferer im Griff haben:

Beispiel Silizium-Technologie
Einer der sensibelsten Punkte mit der höchsten Umweltrelevanz ist die Reinstsiliziumproduktion, aufgrund des hohen Energieaufwandes und dem hohen Aufkommen an Nebenstoffen (für 1 kg Reinstsilizium entstehen 19 kg Nebenstoffe). Das Reinstsilizium wird nicht von den PV-Unternehmen selbst produziert sondern durch Lieferanten. Werden die Lieferanten für Reinstsilizium von dem PV-Unternehmen unter Umweltaspekten ausgewählt, dann hat das Modul einen deutlichen Vorteil in seiner Umweltbilanz.

Beispiel Dünnschicht
Ein sensibler Punkt bei der Dünnschichttechnologie (Halbleiter amorphes Silizium) ist die Reinigung der Prozesskammern mit den Klimakillern NF_3 und SF_6. Der Hersteller hat die Wahl, mit oder ohne diese Stoffe auszukommen und dementsprechend ist die Umweltbilanz des Moduls.

Ein sensibler Punkt ist auch der Einsatz des Stoffes Cadmium Tellurid als Halbleiter. Die Giftigkeit von Cadmium Tellurid ist weiter zu untersuchen und außerdem sind ergänzende Untersuchungen zum Brandverhalten durchzuführen, um die Diskussion über diesen Stoff zu beenden. Allerdings ist aus Sicht von Murphy&Spitz Research zu beachten, dass es sich nur zum Teil um eine Sachdiskussion handelt und vielmehr finanzielle Interessen im Vordergrund stehen.

Bedeutung der ISO 14001 für die PV-Industrie
Die ISO 14001 ist ganz klar ein "must have" für die PV-Unternehmen. Sie ist international anerkannte Benchmark für die Umweltmanagementstrategie eines Unternehmens. Hat ein Unternehmen die ISO 14001, ist sicher gestellt, dass ein externer Gutachter nach einem internationalen Standard das Unternehmen hinsichtlich seiner Umweltaspekte und seines Managementsystems geprüft hat.

Gerade für Investoren ist die ISO 14001 als Minimum der Umweltleistung eines Unternehmens wichtig, da darüber Schwachstellen identifiziert und Haftungsrisiken minimiert werden.
Die Güte des Managementsystems lässt sich durch zusätzliche Abfragen, beispielsweise nach den Umweltzielen und Kennzahlen, erfassen.
Neben der Frage, ob die PV-Unternehmen nach ISO 14001 zertifiziert sind, ist genauso wichtig, dass die PV-Unternehmen dokumentieren und transparent machen, ob ihre maßgeblichen Bypasslieferanten, Zulieferer und Joint Venture Partner auch zertifiziert sind.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Dass aber die ISO 14001 allein nicht vor Reputationsschäden schützt, zeigt auch Sicht von Murphy&Spitz Research das nach ISO 14001 zertifizierte Unternehmen Suntech. Suntech war durch einen Umweltskandal seines Reinstsiliziumlieferanten durch die Presse gegangen. Dieser hatte hoch gefährliche Abfälle einfach auf dem Dorfacker entsorgt.

Kriterien, wie nachhaltig Unternehmen wirklich sind

Die ISO 14001 schreibt zwar vor, dass die Lieferanten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen abgefragt werden, weiter geht die Norm dann allerdings nicht. Das heißt konkret: auch ein Lieferant mit hohen Umweltauswirkungen kann bleiben. Hier kann abgelesen werden, wie ernst ein Unternehmen den Umweltschutz wirklich nimmt. Prüft es seine Lieferanten mit hohen Umweltauswirkungen und lässt daraus Konsequenzen folgen? Suntech hatte dies offensichtlich nicht getan.

Auch anhand der Umweltziele lässt sich die Nachhaltigkeit bemessen. Die ISO 14001 schreibt vor, dass man durch die Unternehmensleitung festgelegte Ziele haben muss. Das Niveau dieser Ziele wird aber nicht vorgeschrieben. Welche Güte haben die Ziele, wie ehrgeizig sind sie? Dies sind wichtige Kriterien für das Niveau des Umweltschutzes in einem Unternehmen.

Keines der befragten Unternehmen hat klare und messbare Ziele veröffentlicht.

Weiterhin wichtig ist, dass ein Unternehmen in Ländern mit geringen Umweltstandards bzw. schlechtem Vollzug einen eigenen höheren Standard setzt. Sunpower sagt, dies nicht zu tun, First Solar hingegen hat eigene Standards, die man auch in andere Länder einbringt.

Transparenz

Neben der Frage, ob die PV-Unternehmen nach ISO 14001 zertifiziert sind, ist genauso wichtig, dass die PV-Unternehmen dokumentieren und transparent machen, ob ihre maßgeblichen Bypasslieferanten, Zulieferer und Joint Venture Partner auch zertifiziert sind.

Je geringer die Fertigungstiefe eines Unternehmens ist, das heißt je mehr Schritte nach außen verlagert sind, desto wichtiger ist die Prüfung und Auswahl der Lieferanten durch das PV-Unternehmen.

Die ISO 14001 von Unternehmen zu fordern, die indirekt von der Einspeisevergütung profitieren wollen ist gut und muss aus Sicht von Murphy&Spitz Research noch einen Schritt weitergehen: alle wesentlichen Prozessschritte, ob selbst oder beauftragt durchgeführt, müssen nach ISO 14001 zertifiziert sein.

Performance der untersuchten Pureplayer

Gerade aufgrund der vielen Umweltskandale „made in China" fragt man sich natürlich, mit welchen Umweltbelastungen in China hergestellte Module befrachtet sind. Entgegen des Eindrucks, der versucht wird in der Öffentlichkeit zu erwecken, haben die untersuchten chinesischen Hersteller (Suntech[5], Yingli, Trina Solar) alle die ISO 14001. Diese ist in China nicht leichter zu erlangen als anderswo. Zusätzlich gibt es Anzeichen, dass die Umweltperformance von Yingli besser ist, als man anhand der eigenen Darstellung von Yingli nach außen vermuten könnte.

Sehr kritisch zu sehen sind allerdings kleine und mittelständische Unternehmen in China: Da der Vollzug der Umweltgesetze in China schlecht

[5] Wobei einschränkend hinzugefügt werden muss, dass Suntech unter anderem bei 6 Silizumproduzenten beteiligt ist, ohne Angaben zu deren Umweltperformance zu machen.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

ist und die Unternehmen ein hohes Potenzial für negative Umweltauswirkungen haben. Hier ist aus Sicht von Murphy&Spitz Research mit Priorität zu schauen, inwieweit sie als Zulieferer der Großen agieren und es gilt Transparenz zu schaffen.

Überraschender Weise hat Sunpower, ein amerikanisches Unternehmen hinsichtlich seiner Transparenz und seiner Umweltkommunikation miserabel abgeschnitten. Umweltschutz wird rein als Marketinginstrument benutzt, man ruht sich auf der Umweltfreundlichkeit des Produktes aus, die eigene Wertschöpfungskette wird außer Acht gelassen. Sunpower konnte nicht einmal eine ISO 14001 Zertifizierung nachweisen und das bei Produktionsstandorten auf den Philippinen!

Mit Abstand die besten Performer sind First Solar und Solarworld. Beide Unternehmen sind im Recyclingbereich Technologieführer und Impulsgeber. First Solar ist hinsichtlich seiner Umweltstrategie herausragend. Das Unternehmen implementiert Umwelt- und Arbeitsschutzmanagementsysteme und kommuniziert beide Felder transparent. Auch Solarworld ist im Spitzenfeld. Über den integrierten Nachhaltigkeitsbericht werden viele umweltrelevante Informationen transparent gemacht. Zudem ist Solarworld das einzige Unternehmen mit veröffentlichen Aussagen zu erreichten Leistungen und auch zu dem Status der ISO 14001 Zertifizierung bei ihren Lieferanten. Auch setzt Solarworld neue Maßstäbe, beispielsweise ohne Blei in Pasten und Loten auskommen zu wollen.

Wenn man die PV-Branche mit der Transparenz und der inhaltlichen Güte, Klarheit und Aussagekraft anderer Branchen vergleicht, liegt sie allerdings eher im Mittelfeld.

Klar und bereits bekannt ist, für alle Module und egal welchen Typ gilt: der Nutzen, den sie durch ihre schadstofffreie Energieproduktion nach der Produktion liefern, liegt weit über den Umweltauswirkungen während ihrer Herstellung.

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Anhang I

Übersicht der bei der Modulproduktion verwendeten Stoffe
Je nach Modulart, Technik und Hersteller werden verschiedene Stoffe aus dieser Liste verwendet

Ammoniak NH_3

Arsenwasserstoff AsH_3

Blei Pb

Cadmium Cd

Cadmiumchlorid $CdCl_2$

Cadmiumsulfid CdS

DiboranB_2H_6

Flourwasserstoff HF

Natronlauge NaOH

Phosphorwasserstoff PH_3

Phosphoryltrichlorid

Salpetersäure HNO_3

Schwefelhexafluorid SF_6

Selenwasserstoff H_2Se

Silan SiH_4

Stickstofftrifluorid NF_3

Tellur Te

Tetrafluormethan C F_4

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Anhang II

Literaturverzeichnis

[1] G. Roewer, E. Buhrig: Zeitschrift TU Bergakademie Freiberg. 14. Jahrgang, S. 55, 2007

[2] Degussa AG, Wachstumsschub für die Sonne. Degussa AG, Presseinformation 17, November 2006

[3] Ewald Schindlbeck, Leiter des Geschäftsbereichs Wacker Polysilizium, im Interview mit Anne Kreutzmann: Vorteil Wacker. Photon, S. 35 Photon, Mai 2008

[4] Eunjung Cha: Solar Energy Firms leave waste behind in China. Washington Post, 18. März 2008

[5] Wacker Veröffentlichung: Polysilizium das unverzichtbare Rückgrat der Solarindustrie. München, Jahr: k.A.

[6] Erik Alsema, Mariska de Wild-Scholten: Reduction of Environmental Impacts in Crystalline Silicon module manufacturing. 22nd European Photovoltaic Energy Conference, Milan, Februar 2007

[7] Abwasserverordnung: Herstellung von Halbleiterbauelementen. Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 54.Banz. Nr. 60a/2007, März 2007

[8] Buddensiek: die hohe Kunst der Dünnschichtfertigung. Erneuerbare Energien, August 2007

[9] U. Kroll: Abscheidung von ZNO-Schichten mittels LPCVD –Technik für die Anwendung in der Dünnschichtphotovoltaik. FVS Workshop, 2005

[10] Mariska de Wild-Scholten et. al: Fluorinated Greenhouse Gases on Photovoltaic Module Manufacturing: Potential Emissions and Abatement Strategies. Milan, September 2007

[11] M.J. Prather und J. Hsu: NF_3, the greenhouse gas missing from Kyoto. Geophys. Res. Lett. 35, 2008

[12] Mariska de Wild Scholten (ECN), Martin Schlotter (M+W Zander): Solar as an environmental product: Thin film modules-production processes and their environmental assessment. Thin film industry forum, Berlin, April 2009

[13] Arnulf Jäger-Waldau: Summary Report, Peer Review of Major Published Studies on the Environmental Profile of Cadmium Telluride (CdTe) Photovoltaic (PV) Systems. Europäische Commission, DG Joint Research Center, 2005

[14] M. Fthenakis: Life cycle impact analysis of CdTe PV Production. New York, 2003

[15] Mariska de Wild-Scholten: Sustainability: keeping the Thin Film Industry green. Environment Sustainability of Thin Film PV 2nd EPIA International Thin Film Conference, München, November 2009

[16] Knut Sander/Ökopol: Studie zur Entwicklung eines Rücknahme- und Verwertungssystems für Photovoltaische Produkte. BMU geförderte Studie, S. 34, November 2007

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

[17] Anja Müller, K. Wambach, E. Alsema: Life Cycle Analysis of Solar Module Recycling Process. Life Cycle Analyses Tools Symposium, MRS Meeting, 2005

[18] Bundesanstalt für Materialforschung: Recovery of Solar Valuable Materials, Enrichment and Decontamination. RESOLVED Projekt, Berlin, 2007

[19] Umweltbundesamt Studie: „ISO 14001 Erfahrungsbericht Deutschland". S. 48, Berlin, 2002

[20] University of Oregon: The Role of the Government in Voluntary Environmental Scheme: The Case of ISO 14001 in China, Sangbum Shin. Border-Crossing Sessions, China & Inner Asia Session, Annual Meeting 2006

[21] ISO Central Secretariat, Genève, Switzerland: The ISO Survey of Certifications 2007. Dezember 2007

[22] Katherine Kao Cushing, Heather Mc Gray, Hongyan Lu: Environmental Leapfrogging through Voluntary Measures? ISO 14001 in China, Nova Science Publishers Inc., S. 39, 2008

[23] Interview Claus Hecking mit Frank Asbeck: Solarkonzern will auf Entzug. Financial Times Deutschland, Hamburg, 20. September 2009

[24] IFC International Finance Corporation: Sunpower Environmental Social Review Summary. Project Number 27807, März 2009

[25] Hurun Report: Ranking der größten Spender in China, 4th annual benchmark, 2007

[26] Jürgen Heup: Made in China. Neue Energie, S. 74, Januar 2010

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Raum für Ihre Notizen:

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Raum für Ihre Notizen:

©Copyright Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

M&S NACHHALTIG ERFOLGREICH

© Copyright
Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH.
Alle Rechte vorbehalten.

Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH
Poststraße 30
53111 Bonn
Tel: +49 - (0)228 - 96 76 400
Fax: +49 - (0)228 - 96 76 402
info@murphyandspitz.de

www.murphyandspitz.de

Diese Publikation von Murphy&Spitz dient ausschliesslich Informationszwecken.
Das Dokument enthält ausgewählte Informationen. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.
Es basiert auf öffentlich zugänglichen Informationen und Daten, die als richtig, zuverlässig und vollständig erachtet werden. Murphy&Spitz hat die Richtigkeit und die Vollständigkeit der dargestellten Informationen überprüft, kann jedoch diese nicht garantieren.
Mögliche Fehler oder die Unvollständigkeit der Informationen bilden keine Grundlage für eine vertragliche oder stillschweigende Haftung seitens Murphy&Spitz für direkte, indirekte oder Folgeschäden.
Insbesondere sind weder Murphy&Spitz noch deren Mitarbeiter haftbar für die hier dargelegten Meinungen, Pläne und Strategien. Die in diesem Dokument geäusserten Meinungen und genannten Zahlen, Daten sowie Prognosen können sich jederzeit ändern. Eine positive historische Wertentwicklung oder Simulation stellt keine Garantie für eine positive Entwicklung in der Zukunft dar.
Es können sich Abweichungen zu eigenen Finanzanalysen oder anderen Publikationen von Murphy&Spitz ergeben, die sich auf dieselben Finanzinstrumente oder Emittenten beziehen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein analysiertes Unternehmen mit Gesellschaften oder Sondervermögen in Geschäftsverbindung zu Murphy&Spitz steht, wodurch sich ein potenzieller Interessenkonflikt ergeben könnte.
Dieses Dokument stellt keinerlei Anlageberatung, kein Angebot, keine Offerte oder Aufforderung zur Angebot, zum Kauf oder Verkauf von Anlage- oder anderen spezifischen Finanzinstrumenten bzw. von sonstigen Produkten oder Dienstleistungen dar und ersetzt nicht die individuelle Beratung und Risikoaufklärung durch einen qualifizierten Finanz-, Rechts- oder Steuerberater.
Dieses Dokument richtet sich an Personen in denjenigen Ländern, in welchen die Murphy&Spitz-Gruppe geschäftlich präsent ist. Murphy&Spitz lehnt jede Haftung für Verluste, die sich aus der Weiterverwendung der vorliegenden Informationen (oder Teilen davon) ergeben, ab.

MURPHY&SPITZ UMWELTFONDS

Werbungskosten werden von der Murphy&Spitz GmbH bezahlt und nicht dem Fondvolumen belastet.

MURPHY&SPITZ UMWELTFONDS DEUTSCHLAND

NACHHALTIG ERFOLGREICH

Der Murphy&Spitz Umweltfonds Deutschland investiert nach dem Wachstumsansatz überwiegend in Small-, Mid- und Microcap-Aktien von nachhaltigen Unternehmen, deren Geschäftstätigkeit im deutschsprachigen Raum liegt. Das Ziel ist die konstruktive Weiterentwicklung der Gesellschaft zu einer stärkeren ökologischen Ausrichtung. Unter strengen Ausschlusskriterien wird nach dem Top-Down Ansatz in die Wachstumsbranchen erneuerbare Energien, Energieeffizienz, nachwachsende Rohstoffe, Wasser, Gesundheit und umweltschonende Verkehrstechnik investiert. Daneben kann zur Risikooptimierung auch in andere Anlageformen investiert und Liquidität gehalten werden. Der Murphy&Spitz Umweltfonds Deutschland schließt Investitionen in Unternehmen mit Geschäftstätigkeit in der Militärindustrie, in Atomenergie, in vermeidbaren Tierversuche und in umweltschädlichen Technologien aus. Unternehmen mit negativen sozialen Auswirkungen sind ebenfalls aus dem Anlagepanorama ausgeschlossen.

Anlageberater Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

Murphy&Spitz ist seit 1999 im nachhaltigen Investment aktiv. Das von Murphy&Spitz initiierte und geschäftsführend verwaltete UAD Deutschland hat seit der Auflage 1999 eine durchschnittliche Wertsteigerung von 14,6% p.a. bis zur Schließung 2008 erzielt.

Damit zählt Murphy&Spitz zu den erfahrensten und erfolgreichsten Nachhaltigkeitsinvestoren in Europa. Murphy&Spitz wird durch einen interdisziplinär besetzten Anlageausschuss beraten, der regelmäßig tagt.

UMWELTFONDS DEUTSCHLAND	
Mindestanlage	1.000 Euro
Sparplan	ab 25 Euro
WKN/ISIN	A0QYL0/LU0360172109
Anteilwertberechnung	börsentäglich
Fondswährung	Euro
Fondstyp	thesaurierend
Verwaltungsgebühr	max. 1,62%
Ausgabeaufschlag	max. 5%
Verwaltungs-gesellschaft	IPConcept Fund Management S.A.
Anlageberater	Murphy&Spitz Umwelt Consult GmbH

www.murphyandspitz.de

MURPHY&SPITZ
UmweltFonds

Murphy&Spitz GmbH // Poststraße 30, 53111 Bonn // Telefon: +49 (0)228 96 76 400 // Fax: +49 (0)228 96 76 402 // info@murphyandspitz.de

***Wichtige Information**: Diese Information stellt kein Kaufempfehlung dar. Grundlage für einen Kauf von Fondsanteilen des Murphy&Spitz Umweltfonds Deutschland ist ausschließlich der aktuell gültige Verkaufsprospekt sowie die vereinfachten Verkaufsprospekte, das Verwaltungsreglement sowie die letztgültigen Jahres- und Halbjahresberichte. Diese stehen jedem Interessierten auf der Internetseite www.umweltfonds-deutschland.de zum Herunterladen zur Verfügung. Gerne schickt Murphy&Spitz Ihnen diese auch kostenlos postalisch zu. Die aufgeführten Wertsteigerungen und Performancedaten sind einzig zum Zwecke der Information aufgeführt. Entwicklungen der Vergangenheit stellen keine Indikation für die Zukunft dar. Die Murphy&Spitz Umweltfonds haben die Zulassung zum öffentlichen Vertrieb für Deutschland und Luxemburg.*