



IEA-PVPS Task 12: Swiss activities in 2008

AKTUALISIERUNG DER ÖKOBILANZ VON CDTE-PV

Annual Report 2008

Author and Co-Authors	Dr. Rolf Frischknecht Matthias Stucki
Institution / Company	ESU-services Ltd.
Address	Kanzleistr. 4, 8610 Uster
Telephone, E-mail, Homepage	Tel. +41 44 940 61 91 Fax. +41 44 940 61 94 frischknecht@esu-services.ch www.esu-services.ch
Project- / Contract Number	11427 / 153382
Duration of the Project (from – to)	2008 – 2011
Date	December 11, 2008

ABSTRACT

Life cycle assessment (LCA) is an environmental management tool for analysing, comparing and improving products or technologies. The ecoinvent database provides life cycle inventory data for currently more than 4000 unit processes. Amongst other datasets, photovoltaic life cycle inventory data is provided.

The last data update of all important types of photovoltaic plants in the Swiss ecoinvent database was made in 2007. The ecoinvent data v2.01 describe the situation of the US and European PV industry and the use of PV plants in Switzerland and Europe for the reference year 2005.

Within the Swiss contribution to the *IEA PVPS task 12, subtask 2*, the ecoinvent datasets of cadmium telluride modules and the different mounting systems were updated. This update leads to a decrease of the environmental impact of electricity from cadmium telluride laminates. The environmental impact of flat roof mounting systems decreases as well, whereas the environmental impact from mounted systems increases. Integrated (in roof or façade) systems remain approximately the same. Still, integrated systems have less environmental impact per square meter than mounted systems due to lower material demand of these systems.

1. Einleitung / Projektziele

Ökobilanzen sind ein Umweltmanagement-Werkzeug, um Produkte und Technologien zu analysieren, vergleichen und verbessern. Eine wesentliche Grundlage für Ökobilanzen sind Sachbilanzdaten, welche die Energie- und Massenflüssen über die verschiedenen Lebensphasen des zu untersuchenden Objektes beschreiben. Die ecoinvent Datenbank stellt zurzeit solche Sachbilanzdaten für mehr als 4'000 Einheitsprozesse bereit [1]. Diese Daten werden in allen bedeutenden Ökobilanz-Softwareprodukten verwendet.

Die letzte Aktualisierung der Photovoltaik(PV)-Sachbilanzdaten im Rahmen der ecoinvent Projekte wurde 2007 durchgeführt und stellt eine Aufdatierung von früheren Daten dar [2-5]. Die Sachbilanzdaten im ecoinvent Datenbestand v2.01 beschreiben die Situation der amerikanischen und europäischen PV-Industrie sowie die Anwendung von PV-Anlagen in der Schweiz und in Europa für das Referenzjahr 2005.

Da der PV-Sektor sich rasch weiterentwickelt und signifikante Verbesserungen verschiedener PV-Systeme erreicht wurden, ist es von Interesse diese Änderungen auch in den Ökobilanz-Sachbilanzdaten abzubilden.

Im Rahmen der *IEA PVPS task 12, subtask 2* werden verschiedene PV-Ökobilanz-Projekte durchgeführt. Die Schweizer Projektpartner stellen dabei für 2008 folgende Resultate bereit:

- Verlässliche und glaubwürdige Analysen der Umweltauswirkungen aller kommerziellen PV-Technologien basierend auf Herstellerdaten für das Referenzjahr 2005 ([6]). Dieser Projektteil wurde bereits 2007 abgeschlossen.
- Untersuchung von Sachbilanzdaten über Materialien und Prozesse (beispielsweise Cadmium), welche für PV von Relevanz sind. Die Produktion von PV verlangt eine Bandbreite von verschiedenen Chemikalien, Metallen, Kunststoffen und spezifischen Produktionsprozessen.
- Sachbilanzdaten für alle wichtigen PV-Technologien werden in der öffentlich zugänglichen ecoinvent Datenbank bereitgestellt.
- Diskussion der Sachbilanzdaten mit IEA-PVSP Task 12 Projektpartnern.
- Verfassen der Methodik-Richtlinien zur Ökobilanzierung von Photovoltaiksystemen als leitender Autor.

Die Verantwortung über die Inhalte und Publikation der Sachbilanzdaten liegt bei *ESU-services GmbH*. Es ist geplant, dass die Daten mit dem aktualisierten ecoinvent Datenbestand v2.1 publiziert werden (verantwortlich: *ecoinvent Centre*).

2. Kurzbeschreibung des Projekts / der Anlage

Das Ziel des Gesamtvorhabens, Subtask 2 innerhalb des Task 12, LCA, ist das Erarbeiten von aktuellen Sachbilanzdaten basierend auf dem Referenzjahr 2008/9. In Tabelle 1 sind die einzelnen Aktivitäten und die Hauptverantwortlichen Personen aufgelistet.

TABELLE 1 AKTIVITÄTEN IM SUBTASK 2 DES IEA-PVPS TASK 12

Subtask 2. LCA	Country	Experts
Activity 2-0 Guidelines for common approach in LCI and LCIA	NL/CH/US	Erik Alsema / Rolf Frischknecht / Vasilis Fthenakis
Activity 2a Mono and multi- c-Si US	NL	Erik Alsema/ Mariska deWild
Activity 2b Ribbon c-Si	NL	Mariska deWild/ Erik Alsema
Activity 2 c a-Si	JP	?
Activity 2d CIGS	DE/IT	Maiya Shibasaki/Paolo Frankl
Activity 2e CdTe	US/IT	Vasilis Fthenakis/Marco Raugei
Activity 2f Concentrator PV	US/NL	Vasilis Fthenakis/Mariska de Wild
Activity 2g Production of Si feedstock	NO	Ronny Glockner
Activity 2h LCI data management and publication	CH	Rolf Frischknecht
Activity 2e Overall coordination and Comparisons of PV with other technologies	NL	Erik Alsema

3. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Im Rahmen der Aktualisierung des ecoinvent Datenbestandes wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Öffentlichkeitsarbeit betreffend der aktualisierten Ökobilanzdaten
- Korrektur der Bilanzierung der Herstellung von Cadmium-Halbleitern
- Aktualisierung der Bilanzierung von Cadmiumtellurid-PV (neu Cadmiumtellurid-Lamine anstelle von Cadmiumtellurid-Paneelen)
- Aktualisierung der Marktanteile bei den Cadmiumtellurid-Laminen
- Aktualisierung des Materialbedarfs der Photovoltaik-Montagesysteme

ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Im Jahr 2008 wurden verschiedene Vorträge gehalten und wissenschaftliche Papers verfasst. Die Ergebnisse der aktuellen Ökobilanzen von Photovoltaikstrom wurden unter anderem in Lausanne am 2. Internationalen ecoinvent Konferenz vom 14. März 2008, und am Europäischen Photovoltaik Kongress (1. bis 5. September 2008) in Valencia, Spanien [7]. Die Ergebnisse wurden in einer wissenschaftlichen Publikation zusammengefasst, die bei der Fachzeitschrift Progress in Photovoltaics eingereicht wurde. Der Kommentar eines Reviewers liess auf eine schwierige und langwierige Diskussion schliessen, weshalb die Autoren den Beitrag zurückzogen und die Publikation auf der firmeneigenen Website zum Download bereitstellten [8].

CADMIUMTELLURID-LAMINATE

Bei der Herstellung von Cadmiumtellurid-Laminen werden verschiedene Cadmium-Halbleiter eingesetzt. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden in den entsprechenden ecoinvent Datensätzen fehlerhafte Cadmium-Emissionen korrigiert. Tabelle 2 zeigt die korrigierten Emissionswerte.

TABELLE 2 KORRIGIERTE WERTE DER CADMIUM-EMISSIONSFAKTOREN IN DIE LUFT BEI DER HERSTELLUNG VON 1 KG CADMIUM-HALBLEITER

Name	Alt	Neu	Einheit
Cadmium, Halbleiter, ab Werk, USA	1.62E-04	6.0E-06	kg
Cadmiumchlorid, Halbleiter, ab Werk, USA	4.4572E-05	3.876E-06	kg
Cadmiumtellurid, Halbleiter, ab Werk, USA	1.5E-05	6.0E-06	kg

Cadmiumtellurid-Module werden heute ausschliesslich rahmenlos hergestellt. Dementsprechend wurden die Datensätze im ecoinvent Datenbestand angepasst und die Namen von „Panel“ auf „Laminat“ geändert. Die den Datensätzen zugrundeliegenden Sachbilanzen waren bereits auf die Produktion von Laminen bezogen und mussten darum nicht angepasst werden.

Aufgrund des Rückzugs eines deutschen Cadmiumtellurid-Laminat-Herstellers verbleibt die amerikanische Firma First Solar als alleinige Cadmiumtellurid-Laminat-Herstellerin auf dem Markt. Diese eröffnete im Jahr 2007 eine neue Produktionsstätte in Deutschland. Da die Cadmiumtellurid-Lamine in dieser neuen Produktionsstätte nach den gleichen Anforderungen hergestellt werden wie in den USA, wurden die Sachbilanz-Daten der amerikanischen Produktionsstätte lediglich durch den länderspezifischen Strommix angepasst.

Gemäss [9] produzierte First Solar im Jahr 2007 76.0 MW Cadmiumtellurid-Lamine in Europa und 110.0 MW in den USA. Sämtliche Cadmiumtellurid-Lamine wurden in Europa verkauft. Aus diesen Angaben wurde ermittelt, dass sich der Cadmiumtellurid-Laminat-Markt zu 41 % aus deutschen Laminen und zu 59 % aus amerikanischen Laminen zusammensetzt. Für die aus den USA importierten Lamine wurde eine Transportdistanz von 6300 km per Schiff angenommen. Zusätzlich wurde für sämtliche Lamine eine Transportdistanz zu einem Regionallager von 200 km per Bahn und 50 km per Lastwagen angenommen.

Abbildung 1 stellt die Umweltbelastung der alten und neuen Cadmiumtellurid-Modul-Datensätze dar. Aufgrund des Herstellerwechsels nimmt die Umweltbelastung der in Deutschland produzierten Module geringfügig ab. Trotzdem steigt die Umweltbelastung des Cadmiumtellurid-Mix-Datensatzes aufgrund eines höheren Marktanteils der amerikanischen Module im neuen Mix leicht an. Die Unterschiede

zwischen den amerikanischen und den deutschen Cadmiumtellurid-Laminaten ergeben sich aufgrund unterschiedlicher Strommix-Zusammensetzungen in den beiden Ländern. Ohne die Korrektur der Cadmium-Emissionen bei der Herstellung der Cadmium-Halbleiter, wäre die bewertete Umweltbelastung der Cadmiumtellurid-Lamine leicht höher. Der Rückgang der Umweltbelastung bei den amerikanischen Cadmiumtellurid-Modulen zeigt den Effekt dieser Emissions-Korrektur, da die Sachbilanzdaten dieser Module sonst unverändert sind.

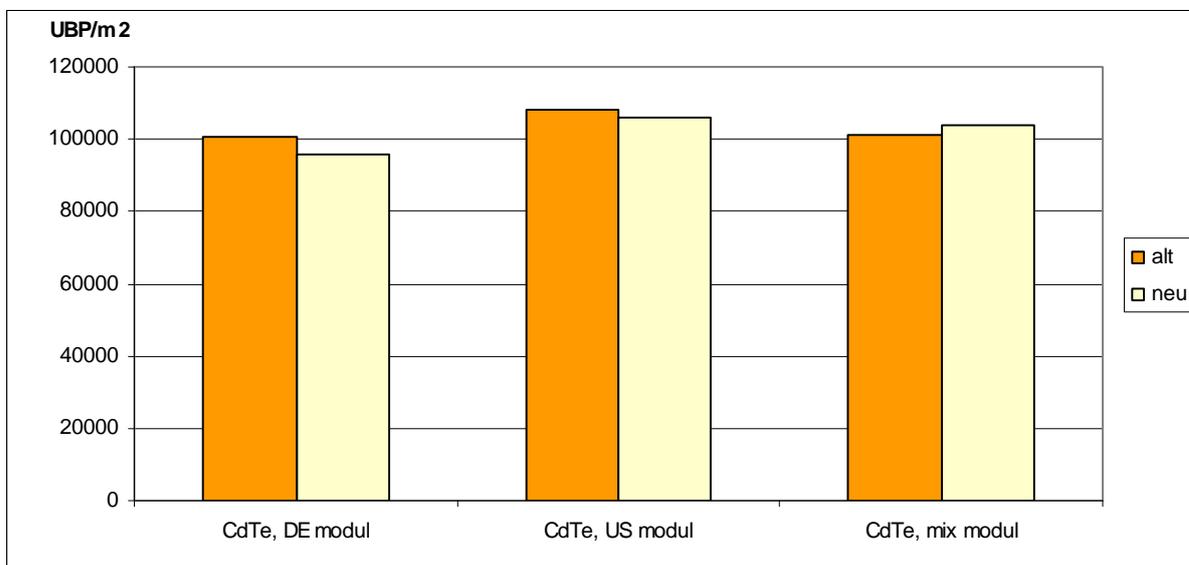


ABBILDUNG 1 AKTUALISIERUNG DER CADMIUMTELLURID-PHOTOVOLTAIK-MODULE, BEWERTET MIT DER METHODE DER ÖKOLOGISCHEN KNAPPHEIT (UBP 2006 PRO M²)

MONTAGESYSTEME

Photovoltaik-Paneele werden auf Hausdächern aufgesetzt montiert. Im Gegensatz dazu werden Photovoltaik-Lamine in Schrägdächer oder Fassaden integriert. Die ecoinvent Sachbilanzdatensätze zu Photovoltaik-Montagesystemen umfassen Baumaterialien (Aluminium, Kunststoffe, Stahl etc.), Herstellungsenergie und Transporte der Systeme vom Produktionsstandort zum Einsatzort.

Die Einheitsprozessdaten wurden pro m² Photovoltaik-Modul-Oberfläche einer 3 kW_p-Anlage erhoben. Im ecoinvent Datenbestand v2.01 ist für jeden Montagesystem-Typ ein Beispiel beschrieben. Die Sachbilanzdaten wurden über das durchschnittliche Gesamtgewicht eines jeden System-Typs skaliert. Dabei wurde das durchschnittliche Gewicht der verschiedenen Montagesystem-Typen aus dem Mittelwert der in einer Marktübersicht ([10]) veröffentlichten Modelle ermittelt.

Im Rahmen dieser Aktualisierung wurden die Modelle in einer neuen Marktübersicht ([11]) berücksichtigt. Um das durchschnittliche Gewicht der verschiedenen Montagesystem-Typen zu ermitteln, wurde neu nicht nur der Mittelwert der Modell-Gewichte berechnet, sondern die Gewichte wurden über die bislang installierte Leistung gewichtet. Dadurch beeinflussen die auf dem Markt weit verbreiteten Modelle (mit hoher installierter Leistung) den Mittelwert stärker, als Nischenprodukte mit tiefen Verkaufszahlen.

Abbildung 2 zeigt das Gewicht verschiedener Photovoltaik-Montagesysteme im Rahmen der Sachbilanz von 2003 und den Aktualisierungen von 2007 und 2008. Die Abnahme des Materialbedarfs lässt sich mit dem Trend zu größeren Photovoltaik-Modulen erklären. Die mit den Montagesystemen verbundenen Umweltbelastungen verhalten sich linear zum Gewicht der Systeme.

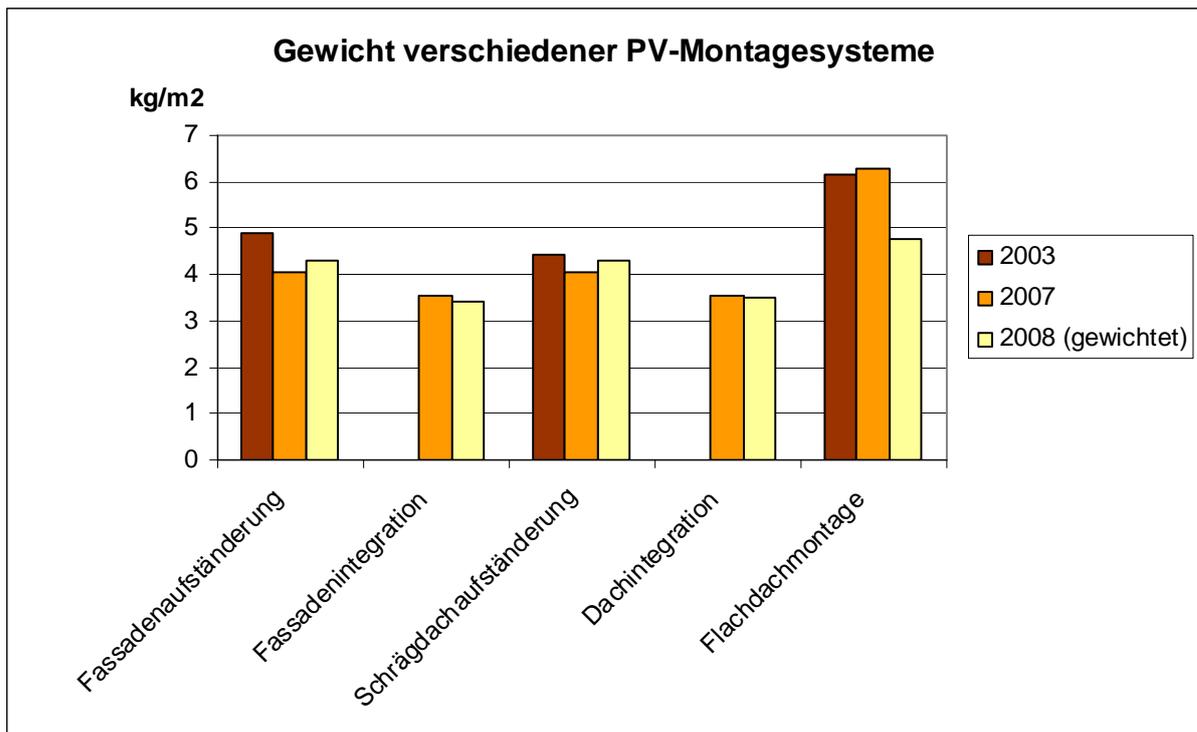


ABBILDUNG 2 AKTUALISIERUNG DES MATERIALBEDARFS (KG/M²) VERSCHIEDENER MONTAGESYSTEME

Die Sachbilanzdaten der Montagesysteme waren bisher auf die Situation in der Schweiz bezogen. Um neu europäische Datensätze zur Verfügung zu stellen, wurde mit europäischen anstatt mit schweizerischen Transportdaten gerechnet.

Abbildung 3 zeigt, dass sich im Rahmen der Aktualisierung der Montagesysteme die Umweltbelastung pro kWh der verschiedenen Solaranlagen nur geringfügig ändert. Einzig beim Strom aus Cadmiumtellurid-Laminaten ist ein deutlicher Rückgang der Umweltbelastung zu beobachten. Diese Änderung entsteht durch den Rückzug eines Herstellers. Der neue Marktführer stellt Lamine her, welche eine höhere Effizienz vorweisen als diejenigen des früheren Marktführers (9 % anstelle von 7.5 %; siehe auch Kapitel Cadmiumtellurid-Lamine).

Die Auswirkungen der Korrektur der Cadmium-Emissionen (Tabelle 2) und der Aktualisierung der Datensätze der Cadmiumtellurid-Module sind dabei von geringer Bedeutung.

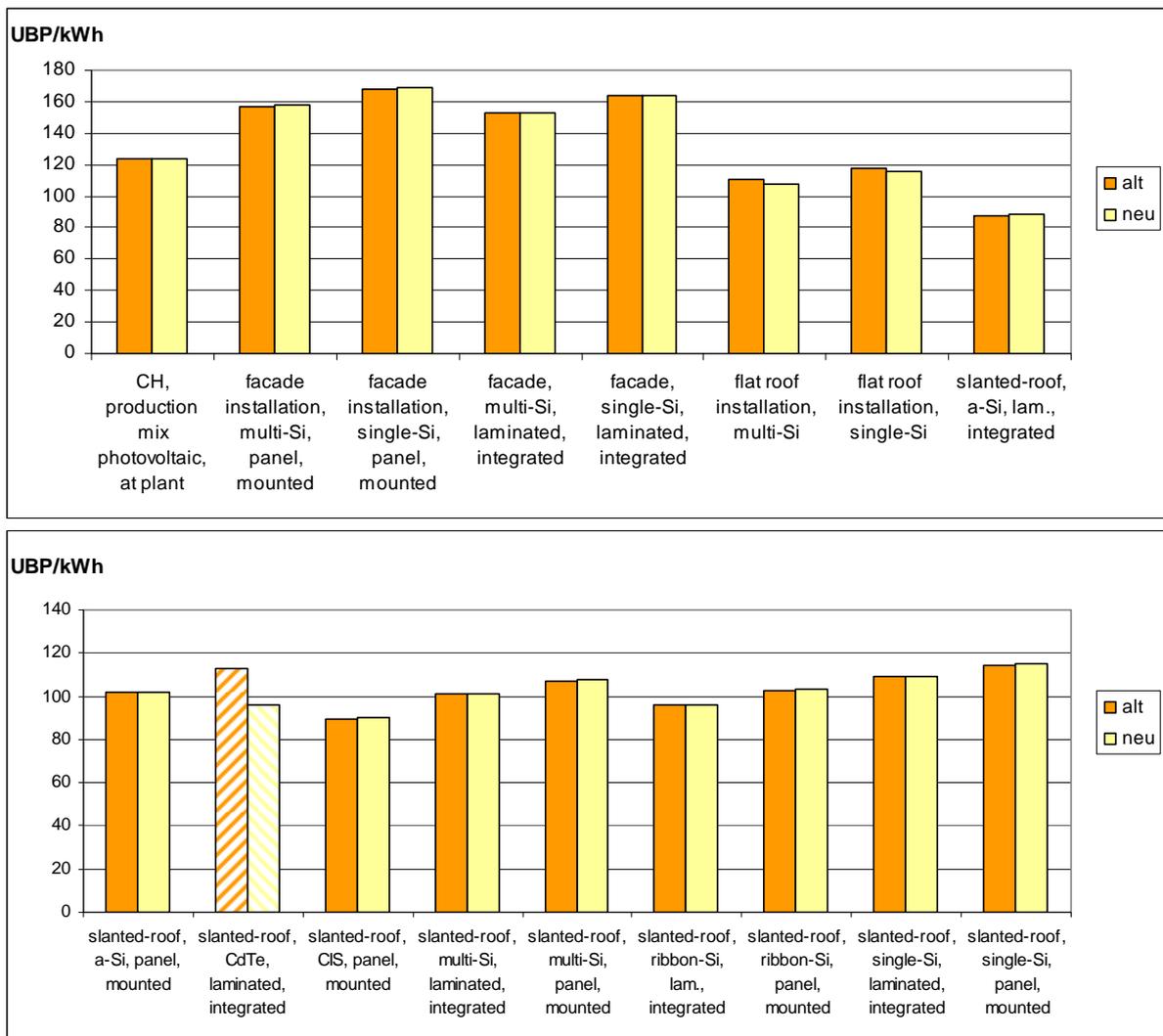


ABBILDUNG 3 AKTUALISIERUNG DER UMWELTBELASTUNG PRO KWH PHOTOVOLTAIK-STROM AUS VERSCHIEDENEN 3KWP-ANLAGEN

4. Nationale / internationale Zusammenarbeit

Auf nationaler Ebene erfolgt die Zusammenarbeit primär mit dem Paul Scherrer Institut, welches die Validierung der aktualisierten Datensätze übernimmt. Auf internationaler Ebene finden derzeit insbesondere im Rahmen des Methodikpapiers Diskussionen statt. Wichtige Partner sind hier Erik Alsema, University Utrecht, Niederlande, Daniel Fraile, EPIA, Brüssel, Vasilis Fthenakis, BNL, USA, Ronny Glockner, Elkem Solar, Norwegen, Macro Raugeri, ESCI, Spanien, Mariska de Wild-Scholten, ECN, Petten, Niederlande.

5. Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Im Jahr 2008 konnten die geplanten Aktualisierungen durchgeführt werden. Da die Arbeiten am ecoinvent Datenbestand v2.1 erst per Ende Januar 2009 abgeschlossen werden können, erfährt die Publikation der hier beschriebenen Arbeiten eine leichte Verzögerung.

ESU-services GmbH hat sich neu als Leadautor des Methodikpapiers zur Verfügung gestellt. Die Überarbeitung des Papiers (Neustrukturierungen und Ergänzungen) wurden durchwegs sehr positiv aufgenommen.

6. Referenzen

- [1] ecoinvent Centre, ecoinvent data v2.01, ecoinvent reports No. 1-25, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, CD-ROM, Dübendorf, Switzerland, www.ecoinvent.org, 2007
- [2] Jungbluth N., Sonnenkollektoranlagen, in Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz, R. Dones, Editor. 2003, Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories: Dübendorf, CH
- [3] Jungbluth N., Bauer C., Dones R. and Frischknecht R., Life Cycle Assessment for Emerging Technologies: Case Studies for Photovoltaic and Wind Power. Int J LCA, 2004. 10(1), pp. 24-34
- [4] Jungbluth N., Life Cycle Assessment for Crystalline Photovoltaics in the Swiss ecoinvent Database. Prog. Photovolt. Res. Appl., 2005. 2005(13), pp. 429-446
- [5] Jungbluth N., Sonnenkollektoranlagen, in Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz, R. Dones, Editor. 2007, Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories: Dübendorf, CH
- [6] Jungbluth N. and Tuchschnid M., Photovoltaics, in Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz, R. Dones, Editor. 2007, Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories: Dübendorf, CH, pp. 180
- [7] Jungbluth N., Frischknecht R. and Tuchschnid M. Life cycle assessment of photovoltaics in the ecoinvent data v2.01. in 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 1-5 September 2008. 2008, Valencia
- [8] Jungbluth N., Tuchschnid M. and Wild-Scholten M.d., Life cycle assessment of photovoltaics: update of ecoinvent data v2.0. 2008, Uster
- [9] Mints P., Photovoltaic Manufacturer Shipments & Competitive Service Program. 2008, Navigant Consulting PV Service Program
- [10] Siemer J., Konkurrenz belebt das Geschäft, in Photon. 2007
- [11] Siemer J., Debütantenball - Marktübersicht Montagesysteme 2008, in Photon. 2008