

IEA Photovoltaik Power Systems Programm Task 12: Umwelt, Gesundheit und Sicherheit

S. Schidler

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

23/2016

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

IEA Photovoltaik Power Systems Programm Task 12: Umwelt, Gesundheit und Sicherheit

Susanne Schidler
Technikum Wien GmbH

Wien, Oktober 2015

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	4
Abstract	5
Einleitung	6
Hintergrund	6
Stand des Wissens – Umweltwirkung von PV	7
Das IEA Photovoltaic Power Systems Programm	10
Der IEA PVPS Task 12	10
Methoden - Lebenszyklusanalyse	12
Laufende Aktivitäten und Ergebnisse	16
SUBTASK 1: Recycling of Manufacturing Waste and Spent Modules	16
Activity 1.1 Verpflichtende Recycling Märkte	16
Activity 1.2 Vergleich der LCAs von Deponie und Recyclingszenarien für Dünnschicht- und monokristalline Siliziummodule	17
SUBTASK 2: Life Cycle Assessment.....	17
Activity 2.1 Lebenszyklusanalysen – Aktivitäten zur LCA von Photovoltaik.....	17
Activity 2.2 <i>Life Cycle Inventories</i> (LCI).....	19
SUBTASK 3 Safety in PV Industry.....	20
Activity 3.1 PV Feuersicherheit	20
Subtask 4 Dissemination	20
Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems.....	21
Life cycle assessment of future photovoltaic electricity production from residential-scale systems operated in Europe.....	21
Methodological guidelines for PV Net Energy Analyses	22
Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity.....	22
Vernetzung und Ergebnistransfer	22
Internationaler Vernetzungsworkshop	23
Nutzen der österreichischen Beteiligung am IEA PVPS Task 12.....	26
Schlussfolgerungen	27
Publikationen des Task 12.....	28
Abbildungsverzeichnis	29
Abkürzungsverzeichnis	29

Kurzfassung

Die Österreichische Photovoltaik (PV)-Wirtschaft entwickelt sich mehr und mehr zu einer Zulieferindustrie die internationale Zell- und ModulproduzentInnen beliefert und Nebenprodukte wie Einkapselungsfolien, Zellverdrahtungen, Sputtertargets, Wechselrichter, Batterien etc., auf dem Weltmarkt anbietet. Wichtig ist daher die aktive Mitarbeit in internationalen PV Netzwerken. IEA-PVPS ist das bedeutendste derartige Technologienetzwerk, die aktive österreichische Mitarbeit darin besteht seit 1993.

Ziel des IEA PVPS Task 12 ist es, internationale Zusammenarbeit im Bereich der Umweltwirkung von PV zu unterstützen. Dazu gehören Erstellung und Dissemination von verlässlichen Informationen zu Umwelt, Gesundheit und Sicherheit, sowie allen Dimensionen der Nachhaltigkeit über den gesamten Lebenszyklus der PV an Öffentlichkeit und Entscheidungsträger. Die Basis dazu wird in 4 Subtasks entwickelt: Subtask 1 - Recycling of Manufacturing Waste and Spent Modules, Subtask 2 - Life Cycle Assessment (LCA), Subtask 3 - Safety in Facilities, Subtask 4 - Information Dissemination

Österreich wird erst seit 2013 durch das Institut für Erneuerbare Energie an der Fachhochschule Technikum Wien vertreten. Der Beitrag lag daher hauptsächlich im Bereich der Disseminierung – Subtask 4. Unter anderem wurde seitens der österreichischen Vertretung in Wien ein internationaler Vernetzung-Workshop zu den Themen des Task 12 veranstaltet. Weitere Beiträge betrafen Subtask 2 - LCA – und hier besonders weitere Aktivitäten zur Implementierung von Nachhaltigkeitsaspekten. Schwerpunkte des Subtask 2 sind **Methodenentwicklung und Datenerstellung** für LCAs, Harmonisierung von Methoden und Parametern, die Erstellung von Leitfäden etc. Basis des methodischen Vorgehens bildet das Rahmenwerk der **ISO 14040 und 14044**.

Laufende Arbeiten im Rahmen des Task 12 betreffen Leitfäden zur Feuersicherheit von PV, Recyclingtechnologien und –märkten, Recyclingstandards. Ein Webservice zur grafischen Darstellung von Umweltwirkungen von PV auf Basis von GIS- und lokalen Strahlungsdaten liegt in einer Vorversion vor.

Publiziert wurden im Berichtszeitraum folgende Berichte: „*Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems*“ zeigt Daten und Ergebnisse für mono- und polykristallines Silizium, Cadmium-Tellurid, CIGS (Kupfer, Indium, Gallium, Schwefel, Selen) und hochkonzentrierende Systeme mit II/V Mehrfachsolarzellen. Die im Bericht gezeigten Indikatoren sind Energy Payback Time, Treihausgasemissionen, Schadstoffemissionen und Schwermetallemissionen. „*Life cycle assessment of future photovoltaic electricity production from residential-scale systems operated in Europe*“ zeigt szenarienbasierte Informationen über die Umweltperformance der betrachteten Modultechnologien auf europäischen Wohnhaus- Dächern. Der Betrachtungsrahmen umfasst Herstellung und Betrieb von 2030 bis 2050.

Vor der Veröffentlichung stehen einerseits die Überarbeitung der „*Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity*“ zur weiteren Vereinheitlichung der Vorgangsweise bei der Erstellung von LCAs von PV, andererseits wurde mit „*Methodological guidelines for PV Net Energy Analyses*“ ein Leitfaden zur Berechnung von NEAs entwickelt.

Abstract

Austria's PV Industry is characterised by being a supply industry for global industry of module producers respectively system designers (encapsulation, wiring, sputtertargets, inverters, batteries..). Active participation in the most important international PV network IEA-PVPS is therefore essential, Austria has been member since the beginning in 1993.

The **aim** of Task 12 is to foster international collaboration in the field of environmental impacts of PV. That includes the dissemination of reliable information on environment, health and safety as well as sustainability aspects along the whole lifecycle of PV.

The work is based on 4 modules: Subtask 1: Recycling of Manufacturing Waste and Spent Modules, Subtask 2: Life Cycle Assessment (LCA), Subtask 3: Safety in Facilities, Subtask 4: Information Dissemination

Austria is since 2013 represented by the Institute of Renewable Energy (University for applied Science Technikum Wien). The contribution addressed mainly dissemination – subtask 4. Therefore an international networking workshop on different topics of Task 12 was organized in March 2015 in Vienna. Another contribution addressed LCA – subtask 2 - and the implementation of sustainability issues.

Subtask 2 focuses on **methodology development and data compilation** for LCA and harmonization of Methodologies based on **ISO 14040 and 14044**. Aim is to provide guidelines for the LCA community.

Recent work of Task 12 members is aiming to guidelines for fire safety of PV, recycling technologies and recycling markets as well as recycling standards. A web service to show environmental impacts of PV based on GIS and local irradiation data is available as a previous version.

Published were the following reports: „*Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic System*“ shows data and results for mono- and polycrystalline silicon, Cadmium-Telluride, CIGS (copper, indium, gallium, sulfur, selenium) and high concentration PV (HCPV) using III/V cells. Shown indicators are energy payback time, greenhouse gas emissions, polluting emissions and heavy metal emissions. „*Life cycle assessment of future photovoltaic electricity production from residential-scale systems operated in Europe*“ shows scenariobased informations on the environmental performance of the PV-technologies on European residential roofs. The study is covering production and operation from 2030 to 2050.

In review are on the one hand the revision of the „*Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity*“ with the aim of ongoing harmonization of the LCA methodology for PV. On the other hand the „*Methodological guidelines for PV Net Energy Analyses*“ show a guideline for NEAs of PV.

Einleitung

Die Österreichische Photovoltaik-Wirtschaft zeichnet sich dadurch aus, dass sie sich mehr und mehr zu einer Zulieferindustrie entwickelt, die internationale Zell- und Modulproduzenten beliefert und Nebenprodukte wie Einkapselungsfolien, Zellverdrahtungen, Sputtertargets, Wechselrichter, Batterien etc., auf dem Weltmarkt anbietet. Wichtig ist daher die aktive Mitarbeit in internationalen Photovoltaik Netzwerken. IEA-PVPS ist das bedeutendste derartige Technologienetzwerk, die aktive österreichische Mitarbeit darin besteht seit 1993.

Hintergrund

Das Wachstum des PV-Marktes gründet auf dem Versprechen der umweltfreundlichen Energieproduktion. Es wird getragen von der Unterstützung der umweltbewussten Öffentlichkeit. Ohne diese Unterstützung wird es der PV-Industrie nicht gelingen Wettbewerbsfähigkeit in Bezug auf die Gestehungskosten zu erreichen, und damit eine grundlegende Energiequelle zu werden. Daher ist es wichtig kontinuierliche Aufmerksamkeit auf Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsaspekte der Technologie zu richten, um Gesundheit und Umwelt, besonders in Bezug auf die zunehmende Verbreitung der Photovoltaik, zu bewahren und die Nachhaltigkeit entlang der Wertschöpfungskette zu verbessern. Vor diesem Hintergrund werden besonders gesamtökologische Betrachtungen, Lebenszyklusanalysen und Technikfolgenabschätzungen immer bedeutender.

Zudem zeigt die Entwicklung der in Österreich installierten PV-Anlagen (Abbildung 1) und hier besonders der Zuwachs in der letzten Dekade, dass – bei einer angenommenen Lebensdauer der Module von 25 - 30 Jahren¹ – kurzfristig noch geringe, mittelfristig jedoch kritische Mengen von außer Betrieb genommenen Anlagen für das Modulrecycling zu erwarten sind. Hier kann durch die Mitarbeit in Task 12 die Erfahrung anderer Länder mit Recyclingtechnologien, Logistik usw. genutzt und in weiterer Folge für österreichische Verhältnisse adaptiert und weiterentwickelt werden.

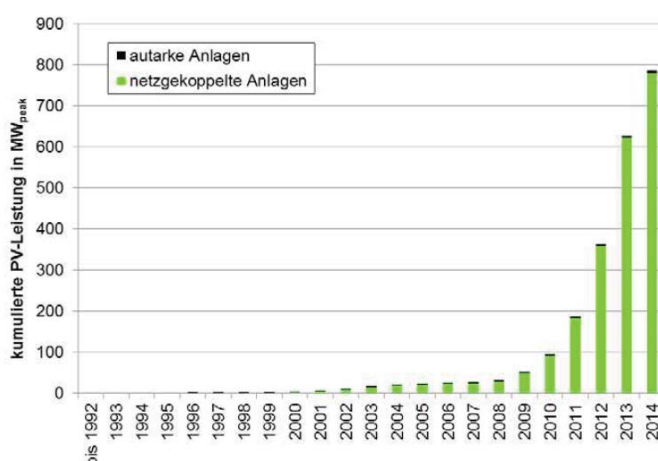


Abbildung 1: Kumulierte installierte PV-Leistung in kW_{peak} von 1992 bis 2014²

¹ Fthenakis, V., Frischknecht, R., Raugei, M., Kim, H. C., Alsema, E., Held, M. Wild-Scholten, de M., 2011, Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity, 2nd edition, IEA PVPS Task 12, International Energy Agency Photovoltaic Power systems Programme

² Biermayr, P., Eberl, M., Enigl, M., Fechner, H., Kristöfel, C., Leonhartsberger, K., Maringer, F., Moidl, S., Schmidl, C., Strasser, C., Weiss, W., Wopienka, E., 2015, Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2014.

Das folgende Kapitel zeigt den Stand des Wissens zu Umweltwirkung von PV und deren Bewertung sowie Vorarbeiten der österreichischen Vertretung zum Thema. Eine Beschreibung des IEA PVPS, sowie des Task 12 folgt auf S. 10. Grundlagen der Lebenszyklusanalyse werden ab S. 12 erklärt. Das Kapitel „Laufende Aktivitäten und Ergebnisse“ (ab S 16) zeigt Arbeiten und Ergebnisse im Berichtszeitraum. Vernetzungsaktivitäten werden ab S. 22 präsentiert. Der Nutzen der österreichischen Beteiligung (S.26), Schlussfolgerungen (S. 27) und Publikationen des Task (S.28) schließen diesen Bericht ab.

Stand des Wissens – Umweltwirkung von PV

Der Bewertung von Umweltwirkungen von Technologien wird zunehmend Bedeutung zugemessen³ - sei es für Beratungs-, Informations- oder auch Marketingzwecke. Dies gilt auch für Technologien im Bereich der erneuerbaren Energie. Die Erstellung von **Ökobilanzen (LCA)** stellt hier eine anerkannte Methode zu deren Quantifizierung dar.

Unterschiedliche Herangehensweisen, sowohl beim Setzen von Systemgrenzen, der Definition der funktionellen Einheit als auch der verwendeten Eingangsparameter führen jedoch oft zu unterschiedlichen Ergebnissen. So liegen beispielsweise die Ergebnisse unterschiedlicher Studien für CO₂-äqu. Emissionen für Photovoltaik zwischen ca. 40 und ca. 70 g CO₂-äqu/kWh_{el}.⁴⁵ Dadurch sind einerseits Vergleiche schwierig, andererseits sinkt möglicherweise das Vertrauen in die Methode und deren Ergebnisse. Hier kann eine Harmonisierung der Herangehensweisen Vergleichbarkeit schaffen und damit die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse unterstützen.

So geben Fthenakis et al.⁶ Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweisen.

- Die **Lebensdauern** der einzelnen Komponenten werden wie folgt angegeben:
 - Module – 30 Jahre bei ausgereiften Technologien,
 - Wechselrichter – 15 Jahre für kleine Anlagen bzw. 30 Jahre mit Austausch von einzelnen Teilen alle 10 Jahre (diese müssen spezifiziert werden)
 - Transformatoren – 30 Jahre
 - Aufbau – 20 Jahre für dach- und fassadenmontierte PV, 30 – 60 Jahre für Freiflächenanlagen.
 - Verkabelung – 30 Jahre
- Die **Ausrichtung** ist als optimal für den Standort anzunehmen (Ausnahmen müssen dokumentiert werden)

Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 11/2015, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, http://www.pvaustria.at/wp-content/uploads/Marktstatistik_2014-Final.pdf; 20.11.2015

³ Siehe dazu beispielsweise: Kaltschmitt, M., Schebek, L., 2015, Umweltbewertung für Ingenieure. Methoden und Verfahren. Springer Verlag, ISBN 978-3-642-36989-6

⁴ Schwarz, M., M., 2015, Energieinstitut an der JKU Linz, persönliche Auskunft. 10.11.

⁵ Siehe dazu auch: NREL, 2015, Crystalline Silicon and Thin Film Photovoltaic Results – Life Cycle Assessment Harmonization. http://www.nrel.gov/analysis/sustain_lca_pv.html; 10.10.2015

⁶ V. Fthenakis, R. Frischknecht, M. Raugei, H. C. Kim, E. Alsema, M. Held and M. de Wild-Scholten, 2011, Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity, 2nd edition, IEA PVPS Task 12, International Energy Agency Photovoltaic Power systems Programme, http://www.iea-pvps.org/index.php?id=95&elD=dam_frontend_push&docID=999

- Für den **Nutzungsgrad** sind entweder standortspezifische Daten zu verwenden oder 0,75 für dachmontierte Anlagen, bzw. 0,8 für Freiflächenanlagen – diese Werte enthalten bereits die Altersdegradation.
- **Altersdegradation** wird mit 0,7 % pro Jahr angegeben, anderslautende Zahlen müssen dokumentiert werden.
- Back up Systeme und alle Aktivitäten, die mit Handel, Administration usw. zusammenhängen, sind nicht Teil der LCA – anderslautende **Systemgrenzen** müssen dokumentiert werden.
- Es wird empfohlen die **Prozesskette** in Foreground Processes (auf die der Besitzer oder Entscheidungsträger Einfluss nehmen kann) und Background Processes (ohne Einflussmöglichkeit) zu teilen.
- Für die **Allokation** bei multifunktionalen Prozessen (wenn mehrere Produkte gleichzeitig aus einem Ausgangsprodukt hergestellt werden), der Verwendung von Recyclingmaterialien und der Nutzung von Abfällen wird auf die Regelwerke der ISO 14044 verwiesen
- Letztlich wird als **funktionelle Einheit** kWh zum Vergleich von unterschiedlichen (PV-) Technologien zur Stromerzeugung und m² zum Vergleich unterschiedlicher Aufbauten und Versorgungsinfrastruktur empfohlen.

Darüber hinaus ist die Datenlage für viele Prozesse unvollständig bzw. bestehen große Unterschiede zwischen den einzelnen PV-Technologien und Anlagenkomponenten wie Wechselrichtern, was die Datenverfügbarkeit betrifft.⁷ So weisen zum Beispiel relevante Datenbanken wie ecoinvent oder auch GEMIS Datenlücken im Bereich Wasserverbrauch oder Energieeinsatz für viele Prozesse auf.

Das (zunehmende) Interesse an sogenannten „Consequential LCAs“, d.h. Untersuchungen, die neben den Umweltwirkungen von Prozessen, Produkten usw. („Attributional LCA“) auch die (zukünftigen) Umweltwirkungen von (politischen) Maßnahmen, geplanten oder projizierten Veränderungen in Implementierung, Prozessen, Output usw. aufzeigen, macht weitere Datenrecherchen entlang der Wertschöpfungsketten unumgänglich. Da consequential LCA auch ökonomische Parameter wie beispielsweise dynamische Angebot-Nachfrage Verhältnisse und ähnliches berücksichtigen muss, sind die betrachteten Systeme weit komplexer und die Robustheit und Verlässlichkeit der Inputdaten daher umso wichtiger.⁸

Wie Recherchen im Rahmen des Task 12 gezeigt haben, ist die Datenlage zu LCA von **Recyclingtechnologien** und Maßnahmen weitgehend unvollständig. Zudem bestehen noch einige offene Fragen im Bereich der Logistik (Sollen bestehende Transport-Systeme genutzt oder neue aufgebaut werden?), der Zielgruppe (Sind dies eigene PV-Recyclingunternehmen oder das generelle

⁷ De Wild-Scholten, M. 2014, Environmental aspects of photovoltaics. Vortrag im Rahmen der 12. Österreichische Photovoltaik-Tagung Linz, Austria, 4.11.; <http://smartgreenscans.nl/publications/deWildScholten-2014-Environmental-aspects-of-PV.pdf>

⁸ Aumann, C., 2010, Attributional versus Consequential LC- Eco Efficiency Action Project - Methods, Models, & Analytics for Sustainable Operations Management. <http://eco-efficiency-action-project.com/2010/03/01/attributional-versus-consequential-lca/> 25.10.2015

Wertstoffrecycling?) und anderen Teilbereichen. Eine umfassende Betrachtung unterschiedlicher nationaler oder auch regionaler Strategien und Lösungen, kann hier Best Practice Beispiele aufzeigen und weitere Entwicklungen wie zum Beispiel eine harmonisierte Implementierung der WEEE Richtlinie in diesem Technologiebereich unterstützen.

Die Arbeiten im Rahmen des Task 12 zum Thema **Feuersicherheit** von PV haben gezeigt, dass es weltweit eine Vielzahl von unterschiedlichen aber auch ähnlichen Empfehlungen oder Maßnahmen zum Schutz gegen Feuer oder Auswirkungen davon im Bereich der PV gibt. Der Schwerpunkt der aktuellen Arbeiten in Task 12 liegt hier auf Gefahren bei einer allfälligen Brandbekämpfung. Die Maßnahmen reichen von Informationen für die Feuerwehrkräfte bis zu technischen Maßnahmen wie Atemschutz oder Schutzschaltern und baulichen Maßnahmen wie Aufstiegshilfen auf Dächern. Hier können auf den Recherchen basierende allgemeine Empfehlungen Entscheidungsträger aber auch Normungsinstitute unterstützen.

Zur Bewertung der **Nachhaltigkeit** über die ökologische Dimension hinaus, ist eine umfassende Recherche bestehender Bewertungsparameter und -systeme notwendig. Die Implementierung dieser Aspekte in die Betrachtung/Bewertung von PV setzt Interdisziplinarität voraus, die am Institut für Erneuerbare Energie sehr gut verankert ist. Hier wurden bereits einige Studien zur Bewertung von Energietechnologien durchgeführt.⁹ Die Arbeiten umfassen Klimabilanzen und die Entwicklung von Nachhaltigkeitskriterien.

Erfahrungen und Ergebnisse dieser Projekte unterstützen die Weiterentwicklung der LCA Methodik, den Vergleich unterschiedlicher Technologien und die Implementierung von Nachhaltigkeitsaspekten entlang der Wertschöpfungskette. Im kommenden Jahr wird die ExpertInnengruppe des Task 12 um die ökonomische Expertise und damit den sozialwissenschaftlichen Blickwinkel erweitert (Vertretung Spaniens). Auf Initiative der österreichischen Vertretung wird aktuell eine neue Aktivität zur Entwicklung/Empfehlung von Kriterien zur Darstellung der Nachhaltigkeit von PV vorbereitet. Diese wird gemeinsam von der österreichischen und der spanischen Vertretung geleitet werden.

⁹ Beispiele: Die Arbeiten zu „**PV-Store**“ umfassten die Entwicklung von Nachhaltigkeitskriterien sowie eine Nachhaltigkeitsbewertung und Klimabilanz einer PV-Anlage mit Vanadium Redox Flow Speicher. Im Projekt „**S-chameleonStore**“ wurden unterschiedliche Batterietechnologien hinsichtlich ihrer Klimawirkung, Toxizität und der Kritikalität der eingesetzten Rohstoffe verglichen.

Das IEA Photovoltaic Power Systems Programm

Das IEA Photovoltaic Power Systems Programm (IEA-PVPS, seit 1993) ist eines der gemeinschaftlichen Forschungs- und Entwicklungsprojekte der Internationalen Energieagentur. Ziel ist die Beschleunigung der Entwicklung und Anwendung der Photovoltaik als maßgebliche und nachhaltige erneuerbare Energiequelle. IEA-PVPS stellt die weltweit größte Plattform an PV ExpertInnen dar. In den sieben derzeit aktiven Tasks arbeiten gesamt weit über 150 ExpertInnen aus 24 Ländern. Österreich ist derzeit an 6 Tasks (1, 11, 12, 13, 14, 15) aktiv beteiligt.

Das IEA-PVPS Programm stimuliert Aktivitäten, die

- Kosten von Photovoltaik Anwendungen senken,
- Wert und Rolle der PV für EntscheidungsträgerInnen deutlicher sichtbar machen,
- Hindernisse der breiteren Anwendung abbauen; und
- Kooperationen zwischen den OECD Ländern und mit anderen Ländern in technischen und nichttechnischen PV Themen stärken.

Österreich ist seit Beginn im IEA-PVPS Programm engagiert. Laufende Aktivitäten sind:

- ExCo: Die Mitarbeit im IEA-PVPS wird seit 2001 von H. Fechner (Technikum Wien) koordiniert. Seit 2011 ist Hubert Fechner stellvertretender Leiter des IEA PVPS Programmes.
- Task 1: Exchange and dissemination of information on photovoltaic power systems (H. Fechner, Technikum Wien)
- Task 11: PV hybrid systems within mini-grids (C. Mayr, AIT) 2012 abgeschlossen
- Task 12: PV Environmental Health And Safety (S. Schidler, Technikum Wien)
- Task 13: Performance and Reliability of Photovoltaic Systems (K. Berger u. S. Zamini, AIT; G. Wallner IPMT; G. Oreski, PCCL)
- Task 14: High Penetration of PV Systems in Electricity Grids (R. Bründlinger, C. Mayr, AIT – beide sind Operating Agents dieses Tasks).
- Task 15: Building Integrated Photovoltaic Systems (L. Maul, Technikum Wien)

Der IEA PVPS Task 12

Ein Ziel des IEA PVPS Task 12 ist es, internationale Zusammenarbeit im Bereich der Umweltwirkung von Photovoltaik (PV) zu unterstützen. Die in Task 12 vertretenen Staaten sind: Österreich, China, Frankreich, Japan, Korea, Norwegen, Spanien, Schweiz, die Niederlande und die USA. Darüber hinaus ist SolarPower Europe (ehemals European Photovoltaic Industry Association) Mitglied des Task. Insgesamt besteht das Team des Task aus 16 aktiven ExpertInnen.



Abbildung 2: Ein Teil der ExpertInnengruppe beim Meeting in Peking (3/2014)

Inhaltliche Ziele sind die Bereitstellung von umwelt-, gesundheits- und sicherheitsrelevanten Informationen über den gesamten Lebenszyklus der Photovoltaik für die Öffentlichkeit ebenso wie für EntscheidungsträgerInnen.

Für das weitere Marktwachstum im Bereich der Photovoltaik ist es wichtig sowohl für die sorgfältige Planung und Bewilligung von großen PV-Anlagen als auch für die Information von KundInnen über Auswirkungen von PV auf Umwelt, Gesundheit und Sicherheit Informationen bereit zu stellen. Dies ist einerseits wichtig um das Vertrauen in die Technologie zu stärken und andererseits EntscheidungsträgerInnen zu unterstützen.

Darüber hinaus sollen die Aktivitäten des Task Standards setzen, die eine Verbesserung der Prozesse entlang der Wertschöpfungskette hinsichtlich aller Dimensionen der Nachhaltigkeit fördern können. Dazu wurden folgende Ziele definiert:

1. Unterstützung der Verbesserung des Abfallmanagements durch Aktivitäten zu Sammlung und Recycling, inklusive rechtlicher Entwicklungen und der Entwicklung von technischen Standards → proaktive Forschung und Unterstützung von Industrieaktivitäten.
2. Quantifizierung der Umweltwirkungen von PV-Strom, um einerseits die Wertschöpfungskette zu verbessern und andererseits den Vergleich mit der Umweltwirkung anderer Energiebereitstellungstechnologien zu ermöglichen → Lebenszyklusanalysen, die Emissionen, Rohstoff- und Energieeinsatz entlang der gesamten Wertschöpfungskette aufzeigen.
3. Definition von und Arbeit an technischen Themen und solchen der Wahrnehmung der Technologie, die wichtig für das Marktwachstum sind → Empfehlungen zu best practices in Bezug auf Umwelt-Gesundheit-Sicherheit entlang der Wertschöpfungskette und Unterstützung von PV-Unternehmen in diesem Feld.

4. Disseminierung der Ergebnisse der Analysen an alle Stakeholder und die Öffentlichkeit → Veröffentlichungen, Vorträge, Factsheets, Unterstützung von Netzwerken und Medien.

Die Basis zu diesen Aktivitäten wird in 4 Subtasks entwickelt:

- **Subtask 1:** Recycling of Manufacturing Waste and Spent Modules,
- **Subtask 2:** Life Cycle Assessment (LCA),
- **Subtask 3:** Safety in Facilities,
- **Subtask 4:** Information Dissemination

Der österreichische Beitrag zu Task 12 lag vor allem in Subtask 2 - LCA und Subtask 4 - Dissemination. Im Themenbereich LCA wurden neben dem Einbringen der Expertise in die Entwicklung von methodischen Leitfäden – wie zu LCA oder NEA von Photovoltaik - auch Daten aus nationalen Projekten zur laufenden Verbesserung von Datenbanken wie ecoinvent bereitgestellt.

Darüber hinaus wurden Informationen über nationale Richtlinien zur Feuersicherheit von PV-Anlagen recherchiert und teilweise in Übersetzung zur Verfügung gestellt (Subtask 3). Die Implementierung weiterer Kriterien der Nachhaltigkeit über die quantifizierbaren Umweltwirkungen hinaus, ist ein weiteres Thema das seitens der österreichischen Vertretung eingebracht wurde. Dieses Thema wird in Zukunft unter österreichischer und spanischer Leitung verstärkt bearbeitet werden. Diskussionen und Recherchen dazu sind aktuell in Arbeit.

Zu Subtask 4 wurde auf verschiedenen Veranstaltungen der Task und seine Themen vorgestellt, sowie VertreterInnen zu Vorträgen eingeladen. Im Rahmen eines Task Meetings in Wien wurde ein internationaler Workshop veranstaltet, der den Erfahrungs- und Wissensaustausch zwischen Taskmitgliedern und nationalen ExpertInnen ermöglichte.

Methoden - Lebenszyklusanalyse

Schwerpunkte des Task 12 und hier im Besonderen Subtask 2 sind Methodenentwicklung und Datenrecherche bzw. -bereitstellung für LCAs, Harmonisierung von Methoden, die Erstellung von Leitfäden etc. Basis des methodischen Vorgehens bildet das Rahmenwerk der ISO 14040 und 14044.

Dieses Rahmenwerk gibt die Vorgehensweise bei der Erstellung von Lebenszyklusanalysen vor.

Die folgende Abbildung zeigt das systematische Vorgehen in 4 Schritten.

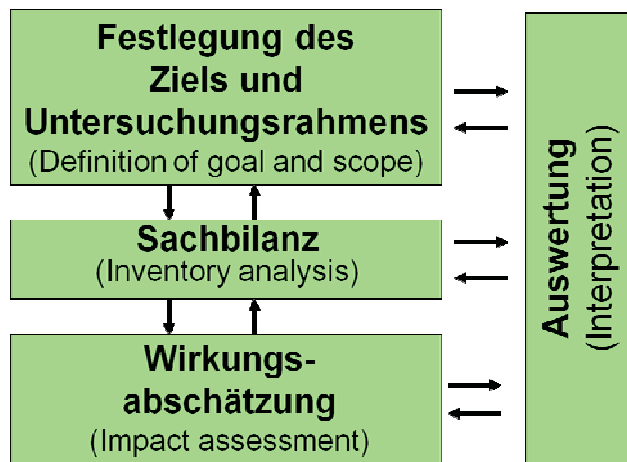


Abbildung 3: 4 Phasen der Ökobilanz nach ISO 14040¹⁰

Schritt 1: Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

Der erste Schritt bei der Erstellung einer Lebenszyklusanalyse ist die Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens. Die Zieldefinition soll dabei folgende Fragen beantworten:

- Was wird untersucht? (Anwendungsbereich)
- Warum wird die Analyse durchgeführt? (Erkenntnisinteresse)
- Für wen wird sie durchgeführt? (Zielgruppen)
- Sind vergleichbare Aussagen vorgesehen? (Publikationen und Öffentlichkeitsarbeit)

Neben der Zieldefinition müssen das Produktsystem sowie die technischen, geografischen und zeitlichen Systemgrenzen eindeutig beschrieben werden. Zur Beschreibung des Produktsystems eignet sich am besten ein Systemfließbild, in dem die Prozessmodule und ihre Wechselbeziehungen dargestellt werden. Das Systemfließbild ist eine grafische Darstellung des untersuchten Produktsystems, wobei jedes Kästchen einen Prozess darstellt und die verbindenden Pfeile zwischen diesen Prozessmodulen die funktionale Abhängigkeit untereinander symbolisiert. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Prozesskette für kristalline **PV**-Module.

¹⁰ Bundesamt für Umwelt, 2014, Bundesamt für Umwelt - Konsum und Güter.
<http://www.bafu.admin.ch/wirtschaft/15627/15628/index.html?lang=de>; 20.10.2015

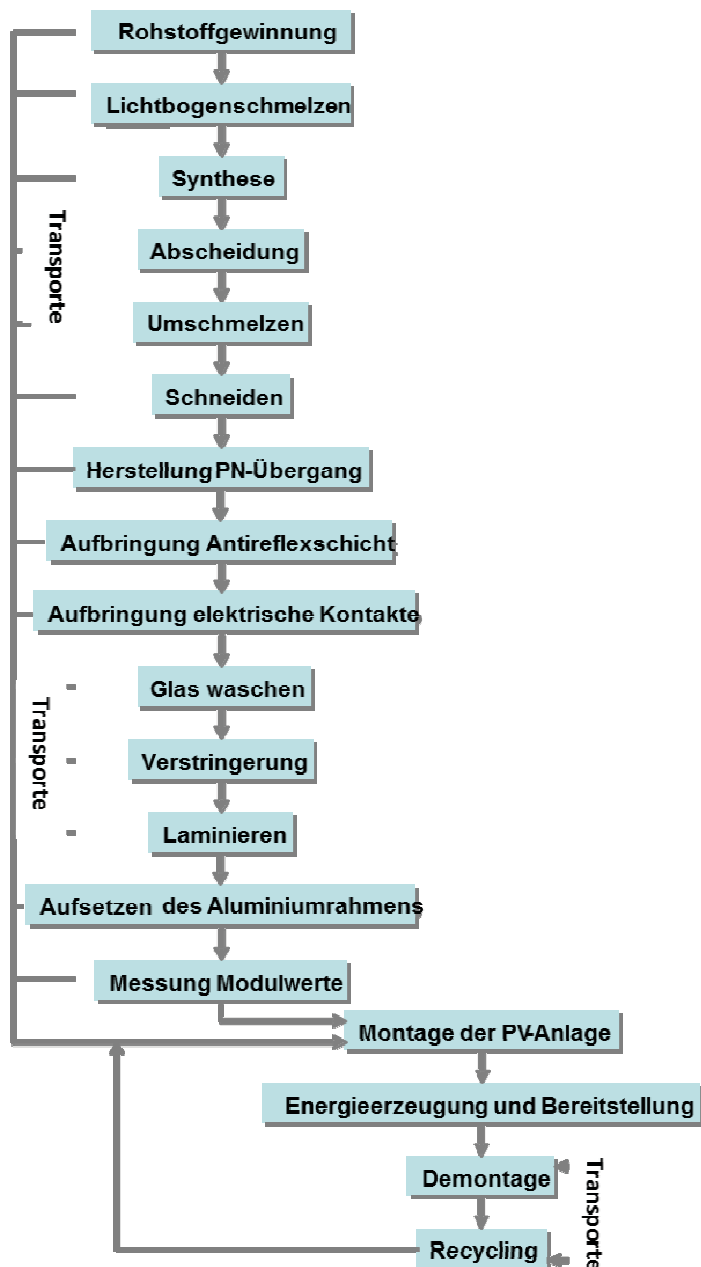


Abbildung 4: Prozesskette kristalliner PV-Module (eigene Darstellung)

Die technischen Systemgrenzen dienen dazu, festzulegen, welche Stoff- und Energieströme in der Sachbilanz berücksichtigt werden und welche nicht. Für **PV** wird empfohlen die gesamte Anlage inklusive Modulen, Aufständern, Wechselrichtern, Verkabelung usw. zu betrachten jedoch nicht die Backup Systeme. Die Herstellung der Teile von der Rohstoffgewinnung an ist einzubeziehen, nicht jedoch alle Aktivitäten in Zusammenhang mit Administration, Handel usw. Die Herstellungsinfrastruktur wie Gebäude, Maschinenhallen usw. kann im Falle der Datenverfügbarkeit berücksichtigt werden, muss dann jedoch transparent dokumentiert werden. Um diese Entscheidung nachvollziehbar und transparent treffen zu können, werden in der Norm ISO14044 die Abschneidekriterien Masse-, Energie und Umweltrelevanz genannt. Zusammengefasst gilt, dass Stoff- und Energieströme, deren Masse- und Energieanteil am Gesamtsystem geringer als 1 % ist, nicht berücksichtigt werden müssen. In Summe darf der abzuschneidende Anteil pro Prozessmodul 5 % nicht überschreiten. Bevor ein Stoff- oder Energiestrom aufgrund des Massen- oder Energieanteils

abgeschnitten wird, ist noch dessen Umweltrelevanz zu überprüfen. Damit soll verhindert werden, dass z. B. hochtoxische Stoffe oder Emissionen aufgrund eines geringen Masse- oder Energieanteils vernachlässigt werden. Die geografischen und zeitlichen Systemgrenzen beeinflussen in erster Linie die Datenerhebung. Es wird festgelegt, woher die Stoff- und Energieströme stammen und für welche Zeitspanne sie gelten.¹¹

Bei einer Ökobilanz werden immer Systeme mit vergleichbarem Nutzen und nicht konkrete Produkte oder Dienstleistungen bewertet bzw. verglichen. Dieser vergleichbare Nutzen wird durch die funktionelle Einheit beschrieben. Die funktionelle Einheit ist laut ISO 14040 der Nutzen eines Produktsystems für die Verwendung als Vergleichseinheit in einer Ökobilanz-Studie. Sie beschreibt, welchen Nutzen das Produktsystem erfüllt und ermöglicht damit einen technologie- oder produktunabhängigen Vergleich. Dadurch können Produkte und Dienstleistungen miteinander verglichen werden, wenn diese denselben Nutzen erfüllen (ISO 14040). Für LCAs im Bereich der **PV** eignet sich als funktionelle Einheit, wie schon einleitend angeführt, „1 kWh“ für den Vergleich von Anlagen – auch mit anderen energiebereitstellenden Technologien, „m²“ für den Vergleich von Gesamtanlagen über deren Flächenverbrauch. Für den Vergleich von PV-Technologien selbst eignet sich der Flächenparameter aufgrund von Unterschieden in Effizienz von Modulen und Wechselrichtern sowie der Nutzungsgrade nicht.

Abschließend wird festgelegt, welche Wirkungskategorien in der Studie angewendet werden sollen. Eine Wirkungskategorie stellt dabei eine Klasse dar, die wichtige Umweltthemen repräsentiert und der Sachbilanzergebnisse zugeordnet werden können. So werden z. B. der Wirkungskategorie „Treibhauseffekt“ alle Treibhausgasemissionen zugeordnet und auf eine einzige Bezugsgröße (Global Warming Potential in kg CO₂-Äquivalente) umgerechnet um den Einfluss auf die Klimaerwärmung quantifizieren bzw. beurteilen zu können. Bei der Datenerhebung sind die gewählten Wirkungskategorien zu berücksichtigen.¹¹

Schritt 2: Erstellung der Sachbilanz

Laut ISO 14040 ist die Sachbilanz jener Bestandteil der Ökobilanz, im Zuge dessen die Zusammenstellung und Quantifizierung der Inputs und Outputs eines Produktsystems erfolgt. Ziel der Sachbilanz ist die Berechnung der kumulierten Emissionen (Outputs) und Ressourcenverbräuche (Inputs) über den Lebensweg des zu untersuchenden Produktsystems. Dazu erfolgt eine oftmals vereinfachte Systemanalyse der Stoff- und Energieströme des Produktsystems aufbauend auf dem bereits identifizierten Systemfließbild bzw. dessen Prozessmodulen. In einem weiteren Schritt werden die In- und Outputs für jedes Prozessmodul sowie deren Menge genau spezifiziert. Um die Daten der gesamten Sachbilanz nicht „von Grund auf“ neu erheben zu müssen, können Ökobilanz-Datenbanken (z. B. ecoinvent) verwendet werden. Solche Datenbanken beinhalten bereits Ökobilanz-Daten für unzählige Prozesse. Softwareprogramme für Ökobilanzen vereinfachen die Erstellung der Sachbilanz.¹¹

¹¹ Klöpffer, W., Grahl, B., 2009, Ökobilanz (LCA): Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Wiley, Weinheim

Schritt 3: Durchführung der Wirkungsabschätzung

Eine Ökobilanz dient dazu, die Umwelteinflüsse und potenziellen Umweltwirkungen, die mit einem Produktsystem zusammenhängen, zu erfassen und zu quantifizieren.¹¹ Während Umwelteinflüsse bzw. -aspekte die Ursachen beschreiben, beschreiben die Umweltwirkungen die dadurch eintretende Veränderung der Umwelt.¹² Die Sachbilanz liefert dabei die Umwelteinflüsse (z. B. Energieverbrauch). Im Zuge der Wirkungsabschätzung werden daraus die potenziellen Umweltauswirkungen abgeleitet, sprich es werden Größe und Bedeutung potenzieller Umweltwirkungen beurteilt.¹³

Schritt 4: Auswertung und Interpretation

Im letzten Schritt erfolgt die Interpretation der Ergebnisse. Zusätzlich werden Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um die Stabilität der Ergebnisse zu überprüfen und deren Unsicherheiten abzuschätzen oder zu quantifizieren. Unsicherheiten können sich aus den Annahmen und Entscheidungen, den erfassten Daten sowie den Bewertungsfaktoren der verwendeten Bewertungsmethoden ergeben.¹²

Im Rahmen der Leitfadenerstellung bzw. deren Überarbeitung wurde und wird diese Vorgehensweise für **PV**-Komponenten konsistent gestaltet. Das Ziel ist unterschiedliche Herangehensweisen zu harmonisieren und Anleitungen in Form von speziellen Parametern und Annahmen, Systemgrenzen und funktioneller Einheit zu entwickeln. Zudem liefern umfangreiche Recherchen zu Inputströmen der einzelnen Prozesse und deren Aufbereitung zur Veröffentlichung bzw. Lesbarkeit in LCA-Tools, die Grundlage für die Erstellung von LCAs. Die Recherchen erfolgen dabei direkt bei HerstellerInnen, in Literatur und Internet, Annahmen werden durch die Expertise der Task Mitglieder und durch Einbeziehung von externen ExpertInnen abgesichert.

Laufende Aktivitäten und Ergebnisse

Von den Arbeiten in Task 12 wurden zwischen 2011 und 2015 keine Berichte veröffentlicht. Die Umstellung der Leitung führte zur Planung neuer Ziele und zugeordneter Aktivitäten, die überwiegend langfristig geplant sind. Einige davon sind jedoch bereits abgeschlossen, von anderen gibt es Teilergebnisse. Der folgende Abschnitt zeigt eine Kurzbeschreibung der Aktivitäten, Ergebnisse und Zwischenergebnisse, sowie den Beitrag der österreichischen Vertretung.

SUBTASK 1: Recycling of Manufacturing Waste and Spent Modules

Activity 1.1 Verpflichtende Recycling Märkte

Mit der Implementierung der WEEE Richtlinie, wird Sammlung und Recycling von PV Modulen in den EU-Staaten verpflichtend. Wichtig für die Implementierung sind deshalb die Koordination von technischen Standards und Best Practice Beispielen.

¹² Springer Gabler Verlag, 2015, Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Umweltaspekte.
<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/222042/umweltaspekte-v6.html>

¹³ Klöpffer, W., Grahl, B., 2009, Ökobilanz (LCA): Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Wiley, Weinheim

Diese Arbeiten unterstützen die Aktivitäten von CENELEC TC111X WG6¹⁴ und dem eStewart Programme bei der Entwicklung von Standards für das Recycling von PV-Modulen. Im Augenblick wird ein umfassender Draft-Report erstellt, der einen Überblick über den jeweiligen nationalen Bedarf in den EU-Mitgliedsstaaten für Sammlung und Recycling von PV-Modulen gibt. Dieser Draft enthält auch den Bedarf von HerstellerInnen sowie Ziele für Sammlung, Recycling und Rückgewinnung und vergleicht diese mit bestehenden freiwilligen Vereinbarungen. Darüber hinaus werden bereits implementierte Recycling Technologien für unterschiedliche Modul Technologien aufgezeigt. Zusätzlich erfolgt der Review von gesetzlichen Rahmenbedingungen, Technologie(Systemen), Erfahrungen und eventuell auch Kosten, auf europäischer Ebene und Empfehlungen basierend auf „lessons learned“ als gemeinsamer Bericht mit IRENA. Wichtige Grundlagen sind hier die Implementierung der WEEE Richtlinie und deren Bedeutung für PV. Der Endbericht war für 2015 geplant, wurde jedoch auf 2016 verschoben da aktuell noch Unsicherheiten bezüglich der Implementierung und auch des Inputs von IRENA bestehen.

Activity 1.2 Vergleich der LCAs von Deponie und Recyclingszenarien für Dünnschicht- und monokristalline Siliziummodule

Die Datenrecherche ist begonnen, erste Zwischenergebnisse wurden beim Meeting in Basel präsentiert – im Rahmen der Recherche zeigten sich noch sehr große Datenlücken. Endergebnisse werden für Ende 2016 erwartet.

Eine weitere Aktivität zu Recycling ist geplant. Hier soll die Recherche zu Recyclingtechnologien weltweit ausgedehnt werden. Dazu werden alle Task 12 ExpertInnen nationale Recherchen durchführen.

SUBTASK 2: Life Cycle Assessment

Abgeschlossen und publiziert – nähere Beschreibung siehe weiter unten:

- Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems (Activity 2.2b)
- Life cycle assessment of future photovoltaic electricity production from residential-scale systems operated in Europe (Activity 2.2d)

Noch nicht abgeschlossen oder publiziert:

Activity 2.1 Lebenszyklusanalysen – Aktivitäten zur LCA von Photovoltaik

2.1.a Überarbeitete Ausgabe der „LCA methodological guidelines“

Die bestehende Ausgabe wurde überarbeitet, Daten aktualisiert und neue Themen wie Wasserverbrauch oder Recycling berücksichtigt. Der Leitfaden wurde weiterentwickelt um Transparenz und Konsistenz für die LCAs von PV Systemen weiter zu verbessern. Eine konsistente Vorgangsweise für Modellierung, funktionale Einheit, Systemgrenzen und Allokation verbessert die Glaubwürdigkeit von LCAs und deren Vergleichbarkeit. Größen wie Treibhausgasemissionen, kumulierter Energieaufwand, Versauerungspotenzial, Ozonzerstörungspotenzial, Human- und

¹⁴ Arbeitsgruppe im European Committee for Electrotechnical Standardization zur Standardisierung von Recycling.

Ökotoxizität, Energy Payback Time oder Vermeidungspotenziale bzw. deren Interpretation werden diskutiert.

Der Bericht ist fertiggestellt und wird nach Review des ExCo veröffentlicht.

Österreichischer Input: Review

2.1.b Methodological guidelines zur “Net Energy analysis”

Ausgangspunkt waren Diskussionen um die aktuelle Nutzung der Energy Return Of Investment Metrik, als Beweis der Unwirtschaftlichkeit von PV. Daraus ergab sich der Wunsch internationale Leitlinien zu Vorteilen und Nachteilen der Methode, sowie Definitionen, die einen gerechten Vergleich von Technologien ermöglichen, zur Verfügung zu stellen.¹⁵ Der Bericht ist fertiggestellt, wurde intern und extern reviewed, und wird nach Review des ExCo veröffentlicht.

Österreichischer Input: Umfangreiche Diskussionen/Recherchen zur Methodik, Review

2.1c. Pilot phase: product environmental footprint category rules

Ziel des Projektes ist es, “Product Category Rules”¹⁶ zu entwickeln, die einen Standard für LCA zur Berechnung des Impacts von 1 kWh PV-Strom setzen. Der Hintergrund ist der steigende Bedarf an LCA-basierten Produktdeklarationen. Gleichzeitig existieren viele ähnliche Methoden. Diese Initiative zur Entwicklung von „Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR)“ soll die Umweltbewertung von europäischen Produkten vereinfachen und konsistent gestalten. Die Partnerorganisationen fungieren als Technical Board und sind: alle Task 12 Mitglieder, SolarPower Europe, die internationale Thin-Film Solar Industry Assoc. (PVthin), Yingli Solar, First Solar, Total, Calyxo, ECN und Treeze. Unterstützende Organisationen sind: IEA-PVPS, WWF International – Energiepolitik, REC und die bulgarische Photovoltaic Association. Das Projekt wird eine Laufzeit von 3 Jahren haben.

2.1.d Webservice zur Umweltbewertung von PV

Ziel war es ein Web-service zu entwickeln, das Performance-Karten für aktuelle und zukünftige Anwendungen an unterschiedlichen Standorten zur Verfügung stellt. Basis dafür sind GIS-Daten verknüpft mit Strahlungsdaten und den überarbeiteten LCI Daten, die in Task 12 recherchiert/entwickelt wurden (siehe weiter unten). Standortspezifische LCAs für unterschiedlichste PV-Technologien werden auf der Karte angezeigt. Eine Unterscheidung ist nicht nur nach Technologien möglich, sondern auch Ausrichtung und Aufstellwinkel können variiert werden.

Beim letzten Task-Meeting in Basel wurde eine Vorversion präsentiert. Abbildung 5 zeigt einen Screenshot der präsentierten und getesteten Version des Webservice. Es wurden folgende Erweiterungen diskutiert:

- Vergleich mit dem lokalen Strommix
- Vergleich mit anderen Energieerzeugungstechnologien am Standort.

Diese Erweiterungen würden jedoch umfangreiche Recherchen und Überarbeitungen, sowie einen höheren Wartungsaufwand nach sich ziehen. Die Ressourcenfrage ist deshalb noch zu klären.

Österreichischer Beitrag: Test und Review

¹⁵ Prieto P., A., Hall, C., 2013, Spains’s Photovoltaic Revolution. The Energy Return on Investment. Springer <http://www.springer.com/energy/renewable+and+green+energy/book/978-1-4419-9436-3>

¹⁶ Auftraggeber ist DG Environment

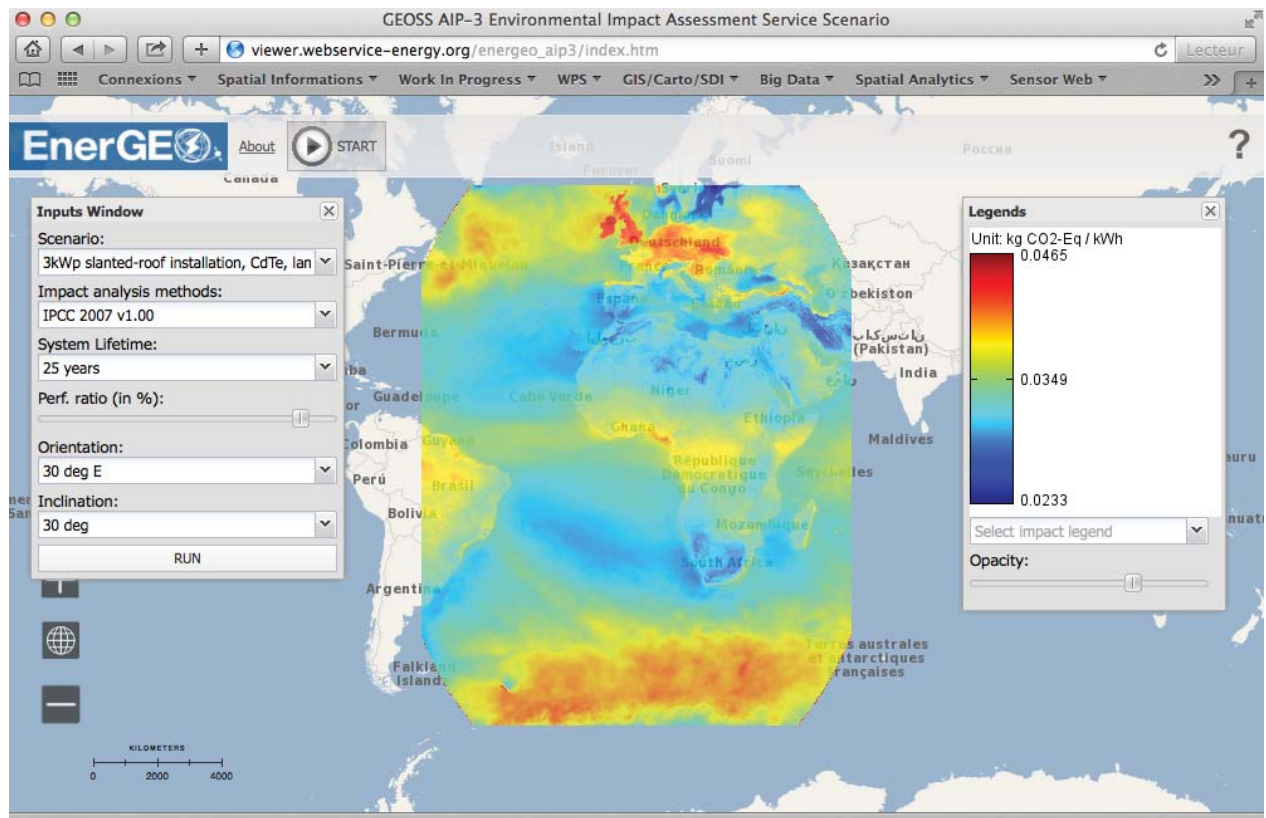


Abbildung 5: Webservice zur Umweltbewertung von PV

Activity 2.2 Life Cycle Inventories (LCI).

Ziel sind Update und Ausweitung der LCI Daten. Mittelfristig ist geplant die Daten nicht nur in Form von Berichten zur Verfügung zu stellen, sondern auch in durch LCA-Software lesbaren Formaten. Der folgende Abschnitt zeigt die unterschiedlichen Daten, die hier recherchiert und zur Verfügung gestellt werden sollen.

2.2a Globale Wertschöpfungskette

Ziel ist es, Wege zu finden LCI Daten zu Herstellung von PV-Modulen und anderen Phasen des Lebenszyklus in unterschiedlichen Weltregionen zusammenzustellen. Seitens der chinesischen Vertretung in Task 12 wurden nationale und regionale Daten zu Strommix und Energieverbrauch in der Produktion erhoben und vorerst intern zur Verfügung gestellt. Updates zu polykristallinen Modulen in China sind geplant, ein Zeithorizont ist noch nicht gegeben. Bereits vorhandene Daten wurden in aktuellen Berichten berücksichtigt.

2.2c Wasserverbrauch im PV-Lebenszyklus (Herstellung und Reinigung)

Der Water Footprint von Energiebereitstellungs-Technologien gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die zur Verfügung stehenden Daten weisen jedoch noch große Lücken auf. Aktuell recherchierte Daten fokussieren auf Herstellungs- und Errichtungsphase. Der nächste Schritt ist die Einbeziehung externer ExpertInnen zur Überprüfung der Richtigkeit der bereits recherchierten Daten sowie zu Grundlagen für Abschätzungen und Annahmen zur Füllung von Datenlücken. Geplant ist ein Task 12 Report als Ergebnis (2016).

Österreichischer Beitrag: Feedback und Review

2.2d Veränderungen der Umweltwirkungen von PV bis 2050

Im Auftrag der Schweizer Regierung wurde für unterschiedliche Szenarien die Veränderung der Umweltwirkung von PV berechnet. Dieser Bericht wurde auch als Task 12 Bericht veröffentlicht.

Genauere Beschreibung siehe weiter unten.

2.2e LCI für Modul recycling

Ziel ist es, einerseits Daten zu Energie- und Materialverbrauch (bzw. –ersparnis) unterschiedlicher Technologien zur Verfügung zu stellen und andererseits methodische Empfehlungen zu geben, wie die Datenlücken für PV Recycling gefüllt werden können und wie LCA PraktikerInnen dies nutzen können. Eine Vorversion des Berichts, bzw. Zwischenergebnisse, wurden in Basel präsentiert. Hier zeigte sich, dass noch sehr große Datenlücken bestehen. Umfassende weitere Recherchen sind notwendig um diese zu füllen, bzw. auch robuste Annahmen treffen zu können.

SUBTASK 3 Safety in PV Industry

Der Subtask inkludiert nicht nur Sicherheit in den Erzeugungsanlagen sondern über den gesamten Lebenszyklus der PV.

Activity 3.1 PV Feuersicherheit

Ziel der laufenden Aktivitäten war die Entwicklung von Empfehlungen zu international einheitlichen Leitlinien, Maßnahmen und Standards zur Vermeidung von Gefahren im Brandfall. Inhalt dieser Studie sind Recherchen zu Feuer und PV. Ein Review zu unterschiedlichen Praktiken, Leitlinien, Standards, Empfehlungen und Normen für Feuerwehr, Industrie und AnlagenbetreiberInnen auf internationaler Ebene wurde durchgeführt. Seitens der Task 12 Mitglieder wurden nationale Reviews durchgeführt und teilweise übersetzt zur Verfügung gestellt. Die Recherchen zeigten eine Vielzahl unterschiedlicher aber auch ähnlicher Maßnahmen auf internationaler Ebene. Die Maßnahmen reichen von Informationen für die Feuerwehkräfte bis zu technischen Maßnahmen wie Atemschutz oder Schutzschalter und baulichen Maßnahmen wie Aufstiegshilfen auf Dächern. Zusätzliche internationale Stakeholder-Workshops sind geplant.

Österreichischer Beitrag: umfassende Recherche zu Normen und Richtlinien zu Brandschutz und PV. Übersetzung einiger Dokumente. Veranstaltung eines Workshops zu Feuersicherheit im Rahmen des Vernetzungsworkshops in Wien.

Subtask 4 Dissemination

Zur Disseminierung der Ergebnisse wurden neben Vorträgen und Präsentationen folgende Aktivitäten gesetzt:

- EU PVSEC Workshop zum Stand der Technik im PV-Recycling (09/14 Amsterdam)
- Draft eines Task 12 Reports zum Stand des Recyclings in Europa (WEEE) und anderen Staaten

- Workshop in Peking → Vernetzung internationaler mit chinesischen ExpertInnen, überwiegend zum Thema Recycling
- Workshop in Wien → Vernetzung von internationalen und österreichischen ExpertInnen zu allen Themen des Task 12.

Österreichischer Beitrag: Veranstaltung des Workshops in Wien (genauere Beschreibung siehe weiter unten), Review von Papers

Im Berichtszeitraum wurden zwei Berichte veröffentlicht.

Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems

Eines der Ziele des Task 12 ist es, Leitfäden zur Sicherung von Konsistenz, Abgleich, Transparenz und Qualität von Lebenszyklusanalysen zur Verfügung zu stellen um Glaubwürdigkeit und Verlässlichkeit der Ergebnisse zu verbessern. Der vorliegende Bericht zeigt den aktuellen Konsens über LCA Ergebnisse zwischen den AutorInnen, PV-LCA ExpertInnen in Nordamerika, Europa und Asien. Zurzeit ist dieser Konsens auf fünf Technologien beschränkt, für welche fundierte und aktuelle LCI Daten vorliegen: mono- und polykristallines Silizium, Cadmium-Tellurid, CIGS (Kupfer, Indium, Gallium, Schwefel, Selen) und hochkonzentrierende Systeme mit II/V Mehrfachsolarzellen. Die im Bericht gezeigten Indikatoren sind Energy Payback Time, Treibhausgasemissionen, Schadstoffemissionen und Schwermetallemissionen. Life Cycle Inventories (LCI) bilden die Datengrundlage für LCAs. Das Fehlen der Basisdaten ist oft die größte Barriere bei der Durchführung. Umfangreiche Recherchen waren notwendig um die Daten dieses Berichts zusammen zu stellen. Daten zu In- und Outputs für die Herstellungsprozesse der einzelnen Modulkomponenten, des Gesamtsystems für unterschiedliche Installationssysteme wurden recherchiert und abgeschätzt.

Der gesamte IEA PVPS Task 12 Bericht steht zur Verfügung unter:

R. Frischknecht, R. Itten, P. Sinha, M. de Wild-Scholten, J. Zhang, V. Fthenakis, H. C. Kim, M. Raugei, M. Stucki, 2015, Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems, International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12, Report T12-04:2015.

http://www.iea-pvps.org/index.php?id=9&elD=dam_frontend_push&docID=2395

Life cycle assessment of future photovoltaic electricity production from residential-scale systems operated in Europe

Mit dem Wachstum der PV Industrie werden sowohl Herstellungsprozesse als auch Materialeffizienz laufend verbessert. Um die Auswirkungen dieser Trends zu bewerten, wurden Zukunftsszenarien für monokristalline und Cadmium-Tellurid Module, installiert auf europäischen Wohnhäusern, entwickelt. Die Bewertung des Optimierungspotenzials der betrachteten Energieerzeugungstechnologien kann für langfristige Energiestrategien genutzt werden. Ziel der Studie ist es, szenarienbasierte Informationen über die Umweltperformance der betrachteten Modultechnologien auf europäischen Wohnhaus-Dächern zur Verfügung zu stellen. Der Betrachtungsrahmen umfasst Herstellung und Betrieb von 2030 bis 2050. Für die Bewertung wurden Schlüsselparameter szenarienabhängig variiert. Diese

Parameter sind: Effizienz der Zelle, Effizienz des Moduls, Waferdicke, Schnittverluste, Silberverbrauch, Glasdicke und Betriebsdauer. Die Entwicklung dieser Parameter wurde kombiniert mit Annahmen zur zukünftigen Umweltperformance von Strom-Mixes an/in den Haupt-Produktionsstandorten/Ländern – EU, USA und China, sowie der Gewinnung/Herstellung der Rohstoffe wie Aluminium, Kupfer, Magnesium, Nickel, Eisen, Zink oder Flachglas. Die drei Szenarien, die entwickelt wurden waren „Business as usual“ (BAU), „realistische Optimierung“ (REAL) und „optimistische Optimierung“ (OPT). Basierend auf den angenommenen Änderungen der Schlüsselparameter konnte beispielsweise für Treibhausgasemissionen gezeigt werden, dass eine Reduktion um 35 % (BAU), 60 % (REAL) bzw. 82 % (OPT) möglich ist.

Der gesamte IEA PVPS Task 12 Bericht steht zur Verfügung unter:

R. Frischknecht, R. Itten, F. Wyss, I. Blanc, G. Heath, M. Raugei, P. Sinha, A. Wade, 2014, Life cycle assessment of future photovoltaic electricity production from residential-scale systems operated in Europe, Subtask 2.0 "LCA", IEA-PVPS Task 12. IEA-PVPS T12-05:2015. ISBN 978-3-906042-30-5.

http://www.iea-pvps.org/index.php?id=9&eID=dam_frontend_push&docID=2391

Fertiggestellt jedoch noch in der Begutachtungsphase sind die folgenden Berichte. Die Veröffentlichung wird nach der Begutachtung durch das ExCO erfolgen.

Methodological guidelines for PV Net Energy Analyses

Die Guidelines wurden entwickelt um Konsistenz, Abgleich Transparenz und Qualität von NEAs zu sichern und damit Glaubwürdigkeit und Verlässlichkeit der Ergebnisse zu verbessern. Der vorliegende Bericht zeigt einen Konsens der AutorInnen, PV-NEA ExpertInnen in Nordamerika, Europa und Asien über Annahmen für Performance, Prozessinputs und Emissionsallokation, sowie Analysemethoden und Darstellung der Ergebnisse. Die Anleitung umfasst PV-spezifische Parameter, LCI und die Implementierung von Modellansätzen.

Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity

Dies ist ein Update der seit 2009 kontinuierlich weiterentwickelten Guidelines. Es enthält neue Themen wie z. B. den Wasserverbrauch.

Vernetzung und Ergebnistransfer

Die Arbeiten im PVPS fokussieren auf die Zielgruppen politische EntscheidungsträgerInnen, EnergieversorgerInnen, Energieunternehmen, HerstellerInnen sowie andere öffentliche und private KonsumentInnen. Die Vertretung seitens des Instituts für erneuerbare Energie besteht erst seit 2013. Erstes Ziel der Disseminierungsmaßnahmen war es daher, diese Tatsache in relevanten Gremien bekannt zu machen.

Vorgelegt wurden die Inhalte, Ziele, sowie beteiligte Personen des Task 12 bei folgenden Veranstaltungen:

1. Österreichische PV Tagung 11/2013 sowie 11/2014
2. Smart Grids Week 05/2014
3. Technologieplattform Photovoltaik 10/2014

Ziel war es dabei einerseits die Aktivitäten und Themen sichtbar zu machen, die international von Bedeutung sind, andererseits sollten die verantwortlichen Personen vorgestellt werden. Damit sollte auch die Möglichkeit aufgezeigt werden, im Rahmen der vorgestellten Themen Kooperationen zu planen. Die enge Verknüpfung der MitarbeiterInnen des Instituts für erneuerbare Energie mit diesen Gremien und Plattformen stellt darüber hinaus die Verbreitung von Informationen und Ergebnissen aus Task 12 Arbeiten und Veröffentlichungen sicher.

Darüber hinaus fließen Inhalte in diverse **Lehrveranstaltungen** im Masterstudiengang „Urbane Erneuerbare Energiesysteme“ wie zum Beispiel „LCA“, „Ökologie und Gesellschaft“ oder „Ökologische und Ökonomische Bewertungsverfahren“ ein und können so zukünftig im beruflichen Umfeld eingebracht werden. Das Gleiche gilt für den Bereich der **Erwachsenen/Weiterbildung für Unternehmen**. Hier sind beispielsweise das Qualifizierungsnetz „Smart Energy Services“ und die Innovationslehrveranstaltung „eNNOVATION“ zu nennen.

Bei der **PV-Tagung 11/2014**, wurde eine Session zur Nachhaltigkeit von PV abgehalten. Mariska Wild-Scholten (Task 12 Mitglied, NL) hielt einen Vortrag zu den Umweltwirkungen von PV. Im Rahmen dieses Vortrags wurden auch Methoden und Ergebnisse aus dem Task 12 vorgestellt. Diese Teilnahme war ein erster Schritt zu den internationalen Vernetzungstätigkeiten, die im Vernetzungs-Workshop in Wien, im Rahmen des Task 12 Meetings, ihre Fortsetzung fanden.

Internationaler Vernetzungsworkshop

Der Internationale Vernetzungsworkshop „Nachhaltigkeit und Recycling im Bereich Photovoltaik“ fand im März 2015 in Wien statt und wurde am Rande des Task 12-Meetings vom Institut für Erneuerbare Energie veranstaltet. Die ca. 50 TeilnehmerInnen repräsentierten die gesamte oben genannte Zielgruppe. Das Ziel war die Vernetzung nationaler und internationaler ExpertInnen im Themenfeld Umweltwirkungen der Photovoltaik. Um diese Vernetzung zu unterstützen wurden die Themen im Wechsel durch Vorträge im Plenum und Diskussionen in Kleingruppen behandelt, sowie ausreichend Pausen zur Diskussion und Vernetzung eingeplant.

Sowohl die Vorträge im Plenum als auch die Diskussionen in den Kleingruppen wurden mit Interesse aufgenommen und intensiv diskutiert. Die Themen der Kleingruppendiskussionen waren Feuersicherheit von PV, Nachhaltigkeit von PV, Recycling von PV, Forschungsbedarf im Bereich von Recycling von PV.

Vorträge im Plenum

Garvin Heath (Task 12, Operating Agent, USA) präsentierte internationale Forschungsaktivitäten zu Wasserverbrauch, Landnutzung und anderen Umweltaspekten unterschiedlicher Energietechnologien im Vergleich. Markus Schwarz (Energieinstitut an der JKU, Linz) präsentierte ein erweitertes LCA Modell zur Evaluierung von PV. Rolf Frischknecht (Task 12, Schweiz) zeigte Daten zu



Abbildung 6: Plenum

Umweltauswirkungen aktueller und zukünftiger Energieproduktion - hier wurden die Ergebnisse der obengenannten Studie präsentiert und diskutiert. Markus Rennhofer (AIT, Wien) sprach über die Substitution von toxischen und kritischen Materialien in der Wertschöpfungskette von PV.

Diskussionen in Kleingruppen

Die Diskussionen in den Kleingruppen wurden von nationalen und internationalen ExpertInnen geleitet und umfassten die Themen Nachhaltigkeit, Feuersicherheit, Recycling und Forschungsbedarf im Bereich Recycling von Photovoltaik. Die Diskussionen wurden anhand der von ExpertInnen ausgearbeiteten Fragen geführt und zusammengefasst. Die Ergebnisse fließen auch in die Aktivitäten des Task 12 ein.

Zusammenfassung der Workshopergebnisse

Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse der Kleingruppendiskussionen zusammengefasst.

Session Feuersicherheit von PV

Die Ergebnisse der internationalen Recherchen wurden vorgestellt und Fragen zu notwendigen Maßnahmen diskutiert. Als grundlegend wurden einerseits die Informationen für die Einsatzkräfte über die Technologie, die damit verbundenen Risiken und die Maßnahmen dagegen angesehen. Andererseits wurden Trainings in Gebäuden vorgeschlagen. Die Aktivitäten zur Ausarbeitung eines europaweiten oder auch globalen Leitfadens für die Feuersicherheit von PV-Anlagen wurden als sehr wichtig für die Sicherheit von PV und damit das Vertrauen in die Technologie seitens der KonsumentInnen betrachtet.



Abbildung 7: Kleingruppendiskussion Sicherheit (Leitung Keiichi Kimoto, Japan)

Session Nachhaltigkeit:



Abbildung 8: Kleingruppendiskussion Nachhaltigkeit (Leitung: Isabelle Blanc, Frankreich)

Im Rahmen der Diskussion wurden die verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit diskutiert.

Soziale Aspekte: Erneuerbare Energien müssen auch für Menschen zugänglich sein, die an Energiearmut leiden. Dazu sind neue Finanzierungskonzepte notwendig. Für die Bearbeitung von sozialen Fragen sollen RechtsexpertInnen in die PV-Community einbezogen werden. Um für alle potenziellen KonsumentInnen den Zugang zu PV gleichberechtigt zu ermöglichen müssten die gesetzlichen Rahmenbedingungen vereinfacht werden.

Für ein besseres Verständnis von Vor- und Nachteilen der Technologie auf unterschiedlichen Ebenen soll „Life Cycle Cost Thinking“ gefördert werden.

Ökonomische Aspekte: Um die Leistbarkeit der Technologie zu gewährleisten/verbessern sind Kostensenkung und Effizienzverbesserung zu kombinieren. Welcher der beiden Aspekte bei Auftreten von Zielkonflikten bevorzugt werden soll blieb am Ende der Diskussion eine offene Frage.

Ökologische Aspekte: Es müssen Maßnahmen zur Verringerung der Umweltbelastungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette getroffen werden. Dazu sind auch prospektive Untersuchungen weltweit nötig. Damit wurden die Arbeiten des Task 12 in ihrer Relevanz bestätigt. In diese Modelle sollte die Speicherung von Strom aus PV miteinbezogen werden. Darüber hinaus sind zu diesen Szenarien Consequential LCAs mit klaren Definitionen von funktioneller Einheit und Systemgrenzen sowie dem Ziel notwendig.

Session Recycling von PV:

PV-Recycling wurde in der Diskussion als wichtiges Thema eingestuft, es müssen jedoch noch einige Aspekte geklärt werden. Dazu gehört die Frage, ob die rückgewonnenen Materialien wieder in den PV-Sektor fließen sollen, oder auch in anderen Produktionssektoren verwendet werden können. Zu definieren wäre auch was genau „End of Life“ bei einem PV-Modul ist und ob es 2nd –Life Nutzung geben kann, bzw. wie diese konkret aussehen könnte. Zudem fehlen Langzeiterfahrungen zum Verhalten von PV-Modulen aus/mit Recyclingmaterial. Um das Recycling ab zu sichern sind Logistik und effiziente Prozesse noch zu entwickeln. Ergänzend muss die Information der NutzerInnen über Möglichkeiten zu Sammlung und Recycling verbessert werden. Projekte und Recherchen zu diesen Themenbereichen sind in Task 12 aktuell in Arbeit.

Weiterer Forschungsbedarf für PV und Recycling:

Für den Forschungsbedarf stellten sich im Rahmen der Diskussion zwei Themenkomplexe heraus. Bei den technischen Fragestellungen stehen die Verbesserung der System Performance und die Verfügbarkeit einzelner Materialien, wie z. B. Tellur, und die davon abhängige Marktentwicklung im Fokus. Dabei wird auch eine Definition der Materialnutzung im Sinne einer (verbesserten) Wiederverwertbarkeit als wichtig angesehen. Dazu ist ein Regelwerk nötig (ev. auf Ebene der EU-

Regulierung). Es müssen neue Materialien und Prozesse entwickelt und implementiert werden, die ökonomische und ökologische Anforderungen erfüllen und die Wiederverwertung verbessern. Life cycle inventories unter Beachtung von Recyclingprozessen und –materialien helfen diese Prozesse zu unterstützen – auch was die Umweltauswirkungen betrifft. Auch Netzbetriebsstrategien können unter weiter gefassten Systemgrenzen die Umweltwirkungen reduzieren.

Diese stellen den zweiten Themenkomplex dar, der in der Forschung aufgegriffen werden sollte.

Für die Modulkomponenten muss geklärt werden, ob der beste Preis auch die beste Lösung für die Umwelt darstellt¹⁷ – dies ist auch wichtig für ein besseres Verständnis der Umweltwirkung von PV. Darüber hinaus ist es notwendig Guidelines für die Darstellung/Bewertung der Nachhaltigkeit der gesamten Wertschöpfungskette von PV zu entwickeln.¹⁸

Ein weiteres Thema, das in dieser Diskussion aufgeworfen wurde ist die Nutzung von PV in Verbindung mit unterschiedlichen Speichertechnologien. Hier sollte die untersucht werden wann, bzw. wie diese Kombination zweckmäßig eingesetzt werden kann.

Nutzen der österreichischen Beteiligung am IEA PVPS Task 12

LCAs bilden einen wichtigen Baustein für die Bewertung der Umweltwirkung von PV. Diese Bewertungen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Die Harmonisierung von Vorgangsweisen, Inputparametern, Systemgrenzen usw., stellt eine wichtige Grundlage für die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Studien dar.

Die Untersuchungen im Bereich Recycling bieten einen umfassenden Überblick über internationale, rechtliche und technische Lösungsansätze. Das gleiche gilt für die Untersuchungen im Bereich der Sicherheit. Die Mitarbeit Österreichs in Task 12 bietet die Möglichkeit die Ergebnisse den Zielgruppen zeitnahe vor- und zur Verfügung zu stellen. Anhand beschriebener Best Practice Lösungen ist eine Orientierung für die Erarbeitung von Modellen möglich. Hier können und sollen auch österreichische Lösungsansätze Eingang finden und in Empfehlungen berücksichtigt werden.

Die breite Expertise und Internationalität der ExpertInnengruppe ermöglicht es auch formell und informell aktuelle Probleme und Fragestellungen in die Diskussionen einzubringen und verschiedene Blickwinkel für Lösungsansätze zu erfahren. Die Vertretung des Instituts für Erneuerbare Energie in mehreren Tasks (1, 12, 15, ExCo) ermöglicht es darüber hinaus unterschiedliche Ergebnisse schnell und eventuell bereits vor Ihrer Veröffentlichung zu verknüpfen und Informationen auszutauschen.

¹⁷ Diese Diskussion wurde auch in Bezug auf Nachhaltigkeit geführt - hier kann ein Zielkonflikt mit der Leistbarkeit der Technologie auftreten

¹⁸ Diese Thema wird in Zukunft im Rahmen der Task 12 Aktivitäten verstärkt behandelt werden.

Schlussfolgerungen

Die Arbeit in IEA PVPS stellt in erster Linie die wissenschaftliche Vernetzung österreichischer mit internationalen PV ExpertInnen dar. Die gewonnenen und geplanten Erkenntnisse sind in den vorangehenden Kapiteln dargestellt.

Die erarbeiteten Erkenntnisse fließen in vielerlei Hinsicht in die weitere Arbeit der ExpertInnen ein. Einerseits können auf der Basis des gewonnenen Wissens neue Projekte entwickelt werden, andererseits kann auch das Wissen um noch offene Fragen und aktuelle Probleme neue Ideen zu Projekten anstoßen. Das Wissen fließt überdies in Arbeiten in der Österreichischen Technologieplattform Photovoltaik¹⁹, anderen Fachgruppen und in die Aus- und Weiterbildung ein. Darüber hinaus dienen die über die Mitarbeit in Task 12 hergestellten ExpertInnenkontakte und die dadurch entstandenen persönlichen ExpertInnennetzwerke auch dazu, rasch einen Wissenstransfer im PV Bereich sicherzustellen. Besonders das über die EU hinausgehende Netzwerk zu ExpertInnen in Japan, China, Korea und den USA erweitert die üblicherweise auf die EU Forschung konzentrierte Fachexpertise um wesentliche Aspekte.

Für folgende Zielgruppen sind die Ergebnisse interessant bzw. eine Basis für weitere Arbeiten

- Forschungsinstitute, die sich mit dem Thema Photovoltaik und/oder LCA auseinandersetzen
- Die produzierende Photovoltaik-Industrie, die auf Basis der Ergebnisse Prozessoptimierungen hinsichtlich ihrer Umweltwirkung planen kann
- PhotovoltaikplanerInnen, Anlagen-ErrichterInnen, die an der Umweltwirkung ihrer Produkte interessiert sind, bzw. diese kommunizieren wollen
- Die Österreichische Photovoltaik Technologieplattform
- Photovoltaik Austria
- Studierende im Fachbereich Energie/Erneuerbare Energie und die Lehrenden im Fachbereich Photovoltaik und Umweltbewertung
- Die Smart Grid Community, um auch Umwelt und Sicherheitsaspekte berücksichtigen zu können
- Normungsausschüsse besonders in Bezug auf Sicherheitsaspekte
- Die Gruppe die mit der Erstellung der PV Roadmap betraut ist, um auch Umweltaspekte mit einbeziehen zu können
- Die Verantwortlichen im BMVIT, um die strategische Positionierung im Bereich der Photovoltaik F&E im internationalen Kontext optimal vorbereiten zu können

Im Rahmen des neugegründeten IEA PVPS Task 15 - Acceleration of Building integrated Photovoltaics ist ebenfalls ein Subtask zu Umweltwirkungen enthalten (Subtask D). Der Fokus liegt hier auf der Entwicklung einer standardisierten Methode zur LCA von gebäudeintegrierter Photovoltaik sowie zu Grundlagen des Recyclings. Der österreichische Beitrag adressiert die Verknüpfung der in Task 12 gewonnen Erkenntnisse mit den Arbeiten in Task 15. Dies geschieht über die Mitarbeit von 2

¹⁹ Erreichbar unter: www.tppv.at

Task 12 Mitgliedern, Susanne Schidler (Österreich, Technikum Wien) und Rolf Frischknecht (Schweiz, treeze), als beratende ExpertInnen.

Im Rahmen der Ausschreibung „Energieforschung“ im September 2015, wurde gemeinsam mit der TU Wien ein Projekt – B4PV – eingereicht, das unter anderem die Umweltwirkung von großflächiger PV-Implementierung in Kombination mit Speichern zum Inhalt hat. Darüber hinaus sollen Abschätzungen zu notwendigen Kapazitäten für PV-Recycling erarbeitet werden.

Mittelfristig sind die Entwicklung von Projekten zum Thema Recycling (Logistik, Umweltwirkung) und/oder die Vergabe von Diplomarbeiten zu diesem Themengebiet geplant.

Publikationen des Task 12

R. Frischknecht, R. Itten, P. Sinha, M. de Wild-Scholten, J. Zhang, V. Fthenakis, H. C. Kim, M. Raugei, M. Stucki, 2015, Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems, International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12, Report T12-04:2015.

http://www.iea-pvps.org/index.php?id=315&eID=dam_frontend_push&docID=2395

R. Frischknecht, R. Itten, F. Wyss, I. Blanc, G. Heath, M. Raugei, P. Sinha, A. Wade, 2014, Life cycle assessment of future photovoltaic electricity production from residential-scale systems operated in Europe, Subtask 2.0 "LCA", IEA-PVPS Task 12. IEA-PVPS T12-05:2015. ISBN 978-3-906042-30-5.

http://www.iea-pvps.org/index.php?id=9&eID=dam_frontend_push&docID=2391

Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity, 2nd edition, IEA PVPS Task 12, International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme.

Report T12-03:2011. ISBN: 978-3-90642-01-5

http://www.iea-pvps.org/index.php?id=9&eID=dam_frontend_push&docID=999

Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems, International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme. Task 12, Report T12-02:2011. ISBN: 978-3-906042-00-8.

http://www.iea-pvps.org/index.php?id=9&eID=dam_frontend_push&docID=881

Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity, 1st edition, IEA PVPS Task 12, International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme.

Report T12-01:2009.

http://www.iea-pvps.org/index.php?id=9&eID=dam_frontend_push&docID=225

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kumulierte installierte PV-Leistung in kW _{peak} von 1992 bis 2014.....	6
Abbildung 2: Ein Teil der ExpertInnengruppe beim Meeting in Peking (3/2014)	11
Abbildung 3: 4 Phasen der Ökobilanz nach ISO 14040.....	13
Abbildung 4: Prozesskette kristalliner PV-Module (eigene Darstellung).....	14
Abbildung 5: Webservice zur Umweltbewertung von PV	19
Abbildung 6: Plenum	24
Abbildung 7: Kleingruppendiskussion Sicherheit (Leitung Keiichi Kimoto, Japan)	24
Abbildung 8: Kleingruppendiskussion Nachhaltigkeit (Leitung: Isabelle Blanc, Frankreich)	25

Abkürzungsverzeichnis

AIT	Austrian Institute of Technology
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
CIGS	Kupfer-Indium-Gallium-Schwefel-Selen
CO ₂ -äqu	Kohlendioxid-Äquivalente
ECN	Energy Research Center of the Netherlands
ExCo	Executive Committee
GEMIS	Globales Emissionsmodell integrierter Systeme
GIS	Geografische Informationssysteme
IEA	Internationale Energie Agentur
IPMT	Institute of Polymeric Materials and Testing (Johannes Kepler Universität Linz)
IRENA	International Renewable Energy Agency
kWh _{el}	Kilowattstunde elektrisch
LCA	Life Cycle Analysis
LCI	Life Cycle Inventory
NEA	Net Energy Analysis
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PCCL	Polymer Competence Center Leoben GmbH
PV	Photovoltaik
PVPS	Photovoltaic Power Systems Programme
PVSEC	Photovoltaic Solar Energy Conference
REC	Renewable Energy Cooperation
WEEE	Waste of Electrical and Electronic Equipment
WWF	World Wildlife Fund