



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**  
Energieforschung

Jahresbericht vom 22.11.2022

---

## IEA PVPS Task 12: Swiss activities in 2022

### Ökobilanzen von Solarstrom



Gebäudeintegrierte Photovoltaik, Gebäude Solaris 416 © HUGGENBERGERFRIES ARCHITEKTEN 2019



**Datum:** 22. November 2022

**Ort:** Uster

**Auftraggeberin:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Photovoltaik  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)  
[energieforschung@bfe.admin.ch](mailto:energieforschung@bfe.admin.ch)

**Auftragnehmerin:**

treeze Ltd.  
CH-8610 Uster  
[www.treeze.ch](http://www.treeze.ch)

**Autor:**

Rolf Frischknecht, treeze Ltd., [frischknecht@treeze.ch](mailto:frischknecht@treeze.ch)

**BFE-Bereichsleitung:**

Stefan Oberholzer, [stefan.oberholzer@bfe.admin.ch](mailto:stefan.oberholzer@bfe.admin.ch)

**BFE-Programmleitung:**

Stefan Oberholzer, [stefan.oberholzer@bfe.admin.ch](mailto:stefan.oberholzer@bfe.admin.ch)

**BFE-Vertragsnummer:**

SI/502394-01

**Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.**



## Zusammenfassung

Ökobilanzen sind ein Umweltmanagement-Werkzeug, um die Umweltauswirkungen von Produkten und Technologien zu analysieren, zu vergleichen und zu verbessern. Eine wesentliche Grundlage für Ökobilanzen sind Sachbilanzdaten, welche die Energie- und Massenflüsse über die verschiedenen Lebensphasen des zu untersuchenden Objektes beschreiben.

Seit 2008 wurden im Rahmen des Schweizer Beitrags zum IEA PVPS Task 12 die Sachbilanzdaten der Herstellung von Photovoltaik (PV) Modulen, von Freiflächen- und Grossanlagen, von Strommixen relevanter Produktionsländer sowie von Chemikalien und Materialien, die in der PV-Industrie verwendet werden, erstellt beziehungsweise aktualisiert<sup>1</sup>. Die im Jahr 2020 aktualisierten Sachbilanzdaten (Frischknecht et al. 2020) sind in den neuen KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 eingeflossen (KBOB et al. 2022a), welcher Grundlage ist für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2022 (KBOB et al. 2022b).

Im Berichtsjahr wurden beziehungsweise werden die folgenden Arbeiten durchgeführt. Die Bilanz zur Ressourceninanspruchnahme von Photovoltaikstrom wurde dem ExCo unterbreitet, revidiert und publiziert. Die Sachbilanzdaten zu Photovoltaikstrom wurden einem einfachen Update unterzogen. Auf Basis dieses Updates wurde das Factsheet zu den Umweltaspekten von Photovoltaik aktualisiert und publiziert. Im Weiteren wurden eine Ökobilanz zum Hot Knife Verfahren zur Behandlung (Delaminierung) ausgedienter kristalliner Solarpanels erstellt, die Ökobilanzarbeiten zu Floating PV und PERC PV und das systematische Review zu kritischen Materialien inhaltlich begleitet und diskutiert.

Im Rahmen der Arbeiten des PVPS Task 15, Phase 2 wurden Methodik und Umweltindikatoren für Ökobilanzen von BIPV mit Experten des Task 15 diskutiert und Daten zu den verwendeten Indikatoren bereitgestellt. Diese werden in der zu entwickelnden Multikriterienanalyse auf BIPV Fallbeispiele angewendet.

---

<sup>1</sup> Berichte und Datenfiles sind auf [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org) abrufbar. Die Daten und Files sind kompatibel mit den KBOB Ökobilanzdaten DQRv2:2016 und DQRv2:2022.



Seite absichtlich frei



# Inhalt

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>Inhalt</b> .....	<b>5</b>
<b>Abkürzungen</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Übersicht der Aktivitäten</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse</b> .....	<b>8</b>
3.1 Übersicht.....	8
3.2 Ressourcen-Fussabdruck von PV Strom .....	8
3.3 Aktualisierung der Sachbilanzdaten PV Strom.....	8
3.4 PVPS Task 15 Gebäude integrierte Photovoltaik.....	8
3.5 Factsheet zu Umweltaspekten von PV-Strom.....	8
3.6 Ökobilanz zu PV Panel Recycling Technologien .....	9
<b>4 Bewertung 2022 und Ausblick 2023</b> .....	<b>9</b>
<b>5 Publikationen [im Rahmen des Projekts]</b> .....	<b>10</b>
<b>6 Referenzen</b> .....	<b>11</b>



## Abkürzungen

AHB	Amt für Hochbauten
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
BIPV	Gebäudeintegrierte Photovoltaik (engl. Building Integrated Photovoltaics)
EPBT	Energierückzahldauer (engl. Energy Payback Time)
EROI	Energierentabilität (engl. Energy Return on Investment)
EU PVSEC	Europäische Photovoltaik-Konferenz (engl. European Photovoltaic Solar Energy Conference)
LCA	Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment)
PEF	Produkt-Umweltfussabdruck (engl. Product Environmental Footprint)
PEFCR	Kategorieregeln für den Produkt-Umweltfussabdruck (engl. Product Environmental Footprint Category Rules)
PV	Photovoltaik



# 1 Einführung

IEA PVPS Task 12 befasst sich mit Nachhaltigkeitsaspekten der Photovoltaik ausgehend von Analysen in den Mitgliedsländern des IEA PVPS Programms. Dazu leistet dieses Projekt den Schweizer Beitrag, insbesondere zur Ökobilanzierung (englisch Life Cycle Assessment, LCA) von PV-Systemen.

## 2 Übersicht der Aktivitäten

Die Aktivitäten des IEA PVPS Task 12 werden in drei Subtasks gegliedert:

- Subtask 1: Recycling and end-of-life management of PV systems,
- Subtask 2: LCA,
- Subtask 3: Broader sustainability topics.

Das Ziel des Subtasks 2 (LCA) von IEA PVPS Task 12, auf den sich der Schweizer Beitrag fokussiert, ist das Erarbeiten von aktuellen Sachbilanzdaten zur Stromerzeugung mit PV-Anlagen und das Bereitstellen einer harmonisierten Methodik. In Tabelle 1 sind die einzelnen Bereiche im Subtask 2 aufgelistet.

Subtask	Beschreibung	Schweizer Beitrag
<b>1</b>	<b>Recycling and end-of-life management of PV Systems</b>	
1.1	LCA-TEA of current generation recycling	(Review)
1.3	End-of-life decision support tool	(Review)
<b>2</b>	<b>Life cycle assessment</b>	<b>Lead (2017-2022)</b>
2.1	Update of the methodological LCA guidelines on Photovoltaic Electricity (4 <sup>th</sup> / 5 <sup>th</sup> edition)	Lead (2019, 2022)
2.2	Net energy analysis methodological guidelines (2 <sup>nd</sup> edition)	R (2020)
2.3	Primary Mineral Resource intensity of PV	Lead (2020)
2.4	Web service on environmental assessment of PV (version 2 / 3)	X (2018, 2020)
2.5	LCA of PV with storage	Co-Lead (2019-2020)
2.6	LCA of recycling technologies	Co-Lead (2021-2022)
2.7	LCI data and report (2 updates)	X (2019-2020, 2022)
2.8	Factsheet on Environmental LCA of PV Electricity	Lead (2019-2022)
2.9	LCA of PERC technology	Review
2.10	Carbon footprint of floating solar systems compared to land-based solar systems	Review
2.11	Review of metals supply chain criticalities	Review
<b>3</b>	<b>Broader sustainability topics</b>	
3.1	Quantifying Social and Economic Aspects of PV	(Review)
3.2	Human health risk assessment methods for PV	(Review)
3.3	PV sustainability standards	(Review)

Tabelle 1: Struktur der Subtasks und der Aktivitäten im Subtask 2 (Life Cycle Assessment) des IEA PVPS Task 12, Stand Oktober 2021. X: Aktiver Beitrag; R: Review; Schweizer Beiträge vorbehältlich der Finanzierung durch das BFE.



Zusätzlich werden im Rahmen des Schweizer Beitrags zum IEA PVPS Task 12 die Arbeiten von IEA PVPS Task 15 zu BIPV, Subtask B «Cross sectional analysis» unterstützt.

## 3 Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

### 3.1 Übersicht

Im Rahmen des Schweizer Beitrags zum IEA PVPS Task 12 wurden im Jahr 2022 folgende Arbeiten durchgeführt beziehungsweise abgeschlossen:

- Ressourcen-Fussabdruck von Photovoltaikstrom (Unterkapitel 3.2),
- Aktualisierung der Sachbilanzdaten PV Strom (Unterkapitel 3.3).
- Mitwirkung am PVPS Task 15, Subtask B zu Multikriterienanalyse (Unterkapitel 3.4),
- Aktualisierung des Factsheets zu Umweltaspekten von PV-Strom (Unterkapitel 3.5),
- PV Panel Recycling (Unterkapitel 3.6),

### 3.2 Ressourcen-Fussabdruck von PV Strom

Der Bericht wurde im April 2022 publiziert.

### 3.3 Aktualisierung der Sachbilanzdaten PV Strom

Die letzte, im Berichtsjahr abgeschlossene Aktualisierung hat nur zu wenig Veränderungen in den Umweltkennwerten geführt (siehe Ziffer 3.5). Im Berichtsjahr wurden Informationsquellen abgelegt für die geplante nächsten Aktualisierung (2023) der Sachbilanzdaten. Aufgrund der deutlich erhöhten Aufwände bei der Ökobilanzierung der Hot Knife Technology und den von den Expert:innen gewünschten umfangreichen Anpassungen am bisherigen Bericht (siehe Ziffer 3.6), schlagen wir vor, auf die für das Berichtsjahr vorgesehene Aktualisierung der Sachbilanzdaten PV Strom zu verzichten.

### 3.4 PVPS Task 15 Gebäude integrierte Photovoltaik

In der 2. Phase des Task 12 wurden die Methodik und die Umweltindikatoren festgelegt, die in der Multikriterienanalyse (MKA, Subtask B «Cross-sectional analysis») von BIPV Systemen angewendet beziehungsweise berücksichtigt werden sollen. Für die in der MKA verwendeten Umweltkennwerte von PV Systemen und PV Strom wurden Maximal- und Minimalwerte ermittelt und eine dimensionslose Skala vorgeschlagen. In weiteren mehrstündigen Online Meetings wurden die Umweltkriterien und die weiteren Kriterien und deren Skalen diskutiert und festgelegt.

### 3.5 Factsheet zu Umweltaspekten von PV-Strom

Das Factsheet stellt Informationen zu den Lebenszyklus bezogenen Treibhausgasemissionen, zur Energierückzahldauer (englisch Energy Payback Time, EPBT) sowie zu weiteren Umweltauswirkungen von PV-Strom für interessierte Lai:innen, Journalist:innen, Politiker:innen und weitere Personengruppen bereit. Dabei wurden weitgehend die im Rahmen von IEA PVPS Task 12 erarbeiteten, im Berichtsjahr aktualisierten Sachbilanzdaten verwendet. Gegenüber der ersten Version des Factsheets gab es bei den Umweltauswirkungen pro kWh praktisch keine Veränderungen. Der



Factsheet-Foliensatz und das Factsheet wurden im Berichtsjahr dem ExCo unterbreitet, revidiert und im Herbst 2022 publiziert.

### 3.6 Ökobilanz zu PV Panel Recycling Technologien

Für eine in Japan betriebene Versuchsanlage (hot knife technology) zum Recycling von Panels mit kristallinen Siliziumzellen wurde eine Ökobilanz erarbeitet. Im 2. Expert:innen-Treffen des Berichtsjahrs (November 2022) wurde der Bericht diskutiert und einstimmig gutgeheissen. Der Bericht muss allerdings auf Basis der erhaltenen Rückmeldungen noch gründlich überarbeitet werden. Es wird erwartet, dass der überarbeitete Bericht im ersten Quartal 2023 ans ExCo geschickt werden kann. Die Aufwände dieser Arbeiten liegen deutlich über den damals budgetierten. Deshalb wird vorgeschlagen, auf das vorgesehene einfache Sachbilanz-Update (siehe Ziffer 3.3) zu verzichten.

## 4 Bewertung 2022 und Ausblick 2023

Die Arbeiten zu PV Panel Recycling werden voraussichtlich bis Frühjahr 2023 abgeschlossen.

Für 2023 sind folgende Arbeiten geplant:

1. Teilnahme an zwei Projekttreffen des IEA PVPS Task 12 (online oder physisch);
2. Weiterführen der Mitarbeit in Task 15, Subtask B;
3. Überarbeitung der Ökobilanz zur Hot Knife Technology mit dem Ziel den Bericht im Frühjahr dem ExCo zur Freigabe zu unterbreiten;
4. Die Aktualisierung der LCI Daten (gemäss Konzept einer einfachen Aktualisierung) und des BFE Factsheets (Referenzjahr 2023) wird zurückgestellt;
5. Begleitung und Review von Ökobilanzarbeiten Dritter (Aktivitäten 2.9 bis 2.11: PERC Technology, Floating PV, metals criticality of PV)
6. Ökobilanz BIPV Fallbeispiel des Tasks 15

Die Arbeiten der Ziffern 1 bis 6 sind (teilweise) durch den laufenden Vertrag finanziert. Die Arbeiten der Ziffer 5 und 6 sind Vorschläge und würden im 2023 in Angriff genommen (vorbehältlich der Finanzierung durch das BFE). Die Expert:innen des Task 12 diskutierten zudem, ob mit Publikationsdatum Dezember 2024 ein umfangreiches Update der Sachbilanzdaten durchgeführt werden soll. Dies sollte in den Jahresbudgets 2023 und 2024 berücksichtigt werden.



## 5 Publikationen [im Rahmen des Projekts]

- Frischknecht R. and Krebs L. (2022) Mineral Resource Use Footprints of Residential PV Systems. IEA-PVPS Task 12 Report T12-22:2022, retrieved from: [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/03/Report IEA\\_PVPS\\_T12-22-2022-ResourceUseFootprintsResidentialPV-v1.2.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/03/Report IEA_PVPS_T12-22-2022-ResourceUseFootprintsResidentialPV-v1.2.pdf).
- Frischknecht R. and (Ed.) (2022) Factsheet: Environmental life cycle assessment of electricity from PV systems. International Energy Agency, Photovoltaic Power Systems Programme, IEA PVPS, retrieved from: <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/11/Fact-Sheet-IEA-PVPS-T12-23-LCA-update-2022.pdf>.
- Komoto K., Held M., Agrafieil C., Alonso-Garcia C., Danelli A., Lee J.-S., Lyu F., Bilbao J., Deng R., Heath G., Ravikumar D. and Sinha P. (2022) Status of PV Module Recycling in Selected IEA PVPS Task 12 Countries. IEA-PVPS Task 12 Report T12-24:2022, retrieved from: [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/09/Report-IEA-PVPS-T12-24\\_2022\\_Status-of-PV-Module-Recycling.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/09/Report-IEA-PVPS-T12-24_2022_Status-of-PV-Module-Recycling.pdf).



## 6 Referenzen

- Frischknecht R., Stolz P., Krebs L., de Wild-Scholten M., Sinha P. and Raugei M. (2020) Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems, Report T12-19:2020. International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12.
- KBOB, ecobau and IPB (2022a) UVÉK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: [www.lc-inventories.ch](http://www.lc-inventories.ch).
- KBOB, ecobau and IPB (2022b) KBOB-Empfehlung 2009/1:2022: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand Februar 2022. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=de>.