



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Jahresbericht vom 12.12.2025

IEA PVPS Task 12: Swiss Activities in 2025

Ökobilanzen von Solarstrom



Agri-PV-Anlage auf dem Campus Grüental (Quelle: ZHAW, Bild: Kaspar Kluth)



Zurich University
of Applied Sciences



Datum: 12. Dezember 2025

Ort: Uster, Wädenswil

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Photovoltaik
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch
energieforschung@bfe.admin.ch

Auftragnehmerinnen:

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Grüental, Postfach, CH-8820 Wädenswil

treeze Ltd.
CH-8610 Uster
www.treeze.ch

Autoren:

Matthias Stucki, ZHAW, matthias.stucki@zhaw.ch
Michael Götz, ZHAW, michael.goetz@zhaw.ch
Rolf Frischknecht, treeze Ltd., frischknecht@treeze.ch

BFE-Programmleitung:

Dr. Stefan Oberholzer, stefan.oberholzer@bfe.admin.ch

BFE-Vertragsnummer:

SI/502610-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren 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.

Regelmässig werden 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 aktualisiert¹. Die im Jahr 2020 aktualisierten Sachbilanzdaten (Frischknecht et al., 2020) sind in den KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 (KBOB et al., 2022) eingeflossen, welcher die Grundlage bildet für die KBOB Liste der Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2022 v4.0 (KBOB et al., 2023).

Im Berichtsjahr 2025 wurden die in Kapitel 3 erläuterten Arbeiten ausgeführt. Besonders hervorzuheben sind die kontinuierliche Weiterentwicklung und grundlegende Aktualisierung der Sachbilanzdaten zur PV-Lieferkette und PV-Stromproduktion sowie die Überarbeitung und Erweiterung der Methodik-Richtlinien. Ebenfalls erwähnenswert sind verschiedene Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse der IEA PVPS Task 12. Dazu zählt die Organisation und Durchführung des 91. Ökobilanz-Diskussionsforums «Life cycle inventories of photovoltaic systems: state of play and future prospects» am 31. Oktober 2025 und die Veröffentlichung des Berichts zum Status von PV-Modul-Recycling in IEA PVPS Task 12 Staaten inklusive Schweizer Beitrag.

¹ Berichte und Datenfiles sind auf www.iea-pvps.org abrufbar. Die Daten und Files sind kompatibel mit den KBOB Ökobilanzdaten DQRv2:2016 und DQRv2:2022.



Seite absichtlich frei



Inhalt

1	Einführung.....	7
2	Übersicht der Aktivitäten	7
3	Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse.....	9
3.1	Übersicht.....	9
3.2	Schweizer Beiträge an den Task 12 Expert*innen-Treffen	9
3.3	Aktualisierung der Sachbilanzdaten der PV-Lieferkette und PV-Stromerzeugung	9
3.4	Aktualisierung der Methodology Guidelines zur Ökobilanzierung der PV-Lieferkette.....	10
3.5	Durchführung des 91. LCA Discussion Forums	11
3.6	Review von Publikationen	11
4	Bewertung 2025 und Ausblick 2026	11
5	Publikationen 2025 im Rahmen des Projekts	13
6	Referenzen	14



Abkürzungen

AHB	Amt für Hochbauten
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
BIPV	Gebäudeintegrierte Photovoltaik (Building Integrated Photovoltaics)
EPBT	Energierückzahldauer (Energy Payback Time)
EROI	Energierentabilität (Energy Return on Investment)
EU PVSEC	Europäische Photovoltaik-Konferenz (European Photovoltaic Solar Energy Conference)
IEA	International Energy Agency
LCA	Ökobilanz (Life Cycle Assessment)
PEF	Produkt-Umweltfussabdruck (Product Environmental Footprint)
PV	Photovoltaik
PVPS	Photovoltaic Power Systems



1 Einführung

Der IEA PVPS Task 12 befasst sich mit Nachhaltigkeitsaspekten der Photovoltaik (PV) ausgehend von Analysen in den Mitgliedsstaaten des IEA PVPS Programms. Die Auftragnehmerinnen ZHAW IUNR und treeze Ltd. leisten im Rahmen dieses Programms den Schweizer Beitrag mit besonderem Fokus auf Ökobilanzierung (englisch life cycle assessment, abgekürzt LCA) von PV-Systemen und PV-Stromerzeugung.

2 Übersicht der Aktivitäten

Die Aktivitäten des IEA PVPS Task 12 sind in vier Subtasks gegliedert:

- Subtask 1: Circular Economy (CE)
- Subtask 2: Life Cycle Assessment (LCA)
- Subtask 3: Ecosystem Integrated PV (EcoPV)
- Subtask 4: Broader Sustainability Aspects (BSA)

Der Schweizer Beitrag fokussiert auf den Subtask 2, welcher durch Matthias Stucki von der ZHAW als Subtaskleiter koordiniert wird. Hauptziele sind das Erarbeiten und Aktualisieren von Sachbilanzdaten zur Stromerzeugung mit PV-Anlagen sowie das Bereitstellen und Aktualisieren einer harmonisierten Ökobilanz-Methodik für PV.

Tabelle 1 zeigt die Aktivitäten mit Schweizer Beteiligung im Jahr 2025 und die geplanten Aktivitäten im Workplan 2024-2028.

Zusätzlich werden im Rahmen des Schweizer Beitrags zum IEA PVPS Task 12 die Arbeiten von IEA PVPS Task 15 zu BIPV unterstützt, die einen Bezug zur Ökobilanzierung haben.



Tabelle 1:Übersicht über die Subtasks und Subtask-Aktivitäten mit Schweizer Beteiligung. Die Beiträge werden klassifiziert in L = Lead, C = Contribution, R = Review.

2025			Outlook 2026		
Subtask / Aktivität	Beschreibung	Beitrag CH	Subtask / Aktivität	Beschreibung	Beitrag CH
1	Circular Economy (CE)	C	1	Circular Economy (CE)	R
1.1	Global PV recycling status	C (zhaw)	1.2; 1.3; 1.5; 1.6; 1.7; 1.8	Patent review of PV recycling methods, PV circular economy status, PV waste management in France, Critical material demand scenarios for PV in the terawatt era, Status and Trends for PV recycling in China, tatus and Trends for PV recycling in Spain	R (treeze, zhaw)
2	Life Cycle Assessment (LCA)	L	2	Life Cycle Assessment (LCA)	L (zhaw)
2.1	LCI Data Update & Report	L (zhaw) R (treeze)	2.1	LCI Data Update & Report	L (zhaw) R (treeze)
2.3	Updates to Methodological Guidelines	L (zhaw) C (treeze)	2.2	Update of the Factsheet on Environmental LCA of PV	L (zhaw) R (treeze)
2.5	Study and comparison life cycle indicators from commercial PV recycling pilots and plants	R (zhaw)	2.3	Updates to Methodological Guidelines	L (zhaw) R (treeze)
4	Broader Sustainability Aspects	R	2.4	Methodological Guidelines on Net Energy Analysis of PV Electricity	C (treeze)
4.1	Studying Public Acceptance of PV modules	R (treeze, zhaw)	2.5	Study and comparison life cycle indicators from commercial PV recycling pilots and plants.	R (treeze, zhaw)
			2.7	LCA of PV Recycling Pathways in France	C (treeze)
			2.8	LCA of IBC Technology	C (zhaw)
			2.10	LCA modelling recommendations for emerging PV tandem technologies and preliminary results based on experimental lab-scale data	R (treeze, zhaw)
			2.11	LCA of AgriPV	R (treeze, zhaw)
			3	Ecosystem Integrated PV (EcoPV)	
			3.2	Field Research Methods for Agrivoltaic Applications	C (zhaw)
			3.3	Agrivoltaics Action group Task 12 Contribution	R (treeze, zhaw)
			4	Broader Sustainability Aspects	
			4.1	Studying Public Acceptance of PV modules	R (treeze, zhaw)
			4.2	Expanded human health risk assessment for landfilling of CdTe PV	R (treeze, zhaw)



3 Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

3.1 Übersicht

Im Rahmen des Schweizer Beitrags zum IEA PVPS Task 12 wurden im Jahr 2025 folgende Arbeiten durchgeführt und/oder abgeschlossen:

- Schweizer Beiträge an den Task 12 Expert*innen-Treffen (Unterkapitel 3.2),
- Aktualisierung der Sachbilanzdaten der PV-Lieferkette und PV-Stromerzeugung (Unterkapitel 3.3),
- Aktualisierung der LCA Methodology Guideline (Unterkapitel 3.4)
- Durchführung des 91. LCA Discussion Forums zum Thema Ökobilanzierung der photovoltaischen Stromerzeugung.

3.2 Schweizer Beiträge an den Task 12 Expert*innen-Treffen

Online-Teilnahme und Beiträge von Matthias Stucki und Rolf Frischknecht am Expert*innen-Treffen des IEA Task 12 in Golden (Colorado, USA) vom 17. bis 19. März 2025.

Physische Teilnahme und Beiträge am Expert*innen-Treffen des IEA Task 12 in Freiburg (Deutschland) vom 01. bis 04. Dezember 2025. In Absprache mit dem BFE wurde die Teilnahme von Ässia Boukhatmi von der Berner Fachhochschule als Gast am Task 12 Treffen unterstützt.

Beiträge von Matthias Stucki:

Frühling 2025:

- Country Update Switzerland, 2025
- Activity 2.1 – LCI Data and Report; Status of the work on the LCI full update.
- Activity 2.3 – Updates to the LCA Methodology Guidelines; Outlook on the planned updates.

Herbst 2025:

- Activity 2.1 – LCI Data and Report; Status update and preliminary results.
- Activity 2.3 – Updates to the LCA Methodology Guidelines; Status of the work on the guidelines update.
- Informationen zum nächsten Task 12 Expert*innen-Treffen, welches vom 30. März bis 02. April in der Schweiz (Wädenswil) stattfinden wird.

3.3 Aktualisierung der Sachbilanzdaten der PV-Lieferkette und PV-Stromerzeugung

Im Laufe des Berichtsjahres 2025 wurde die im Vorjahr begonnene, umfassende Aktualisierung der Sachbilanzdaten verschiedener Produkte und Prozesse entlang der PV-Lieferkette fortgeführt. Die



Arbeiten sind weit fortgeschritten, und erste vorläufige Ergebnisse liegen vor. Die Aktualisierung umfasst unter anderem:

- Integration von Herstellerdaten zur PV-Lieferkette aus dem französischen Ausschreibungsprozess (erfasst, bereinigt und bereitgestellt durch ADEME, CEA, Mines ParisTech & Certisolis),
- Die Differenzierung und Aktualisierung der Sachbilanzdaten für
 - o Polysilizium (solar-grade)
 - o Ingot-, Brick-, Wafer- und Zellproduktion
 - o mono-Si-Module (TOPCon-Zelltechnologie),
- Integration von modellierten Sachbilanzdaten des Fraunhofer ISE zur Lieferkette von PERC und TOPCon-Modulen (Peter Brailovsky),
- Anpassung der Referenzsystemgrößen von 3 kWp auf 10 kWp für Anlagen auf Wohngebäuden (residential PV, Schrägdach),
- Erweiterung der Referenzsystemgrößen:
 - o 250 kWp-Referenzsysteme für Commercial PV (Flachdach) und
 - o 5 MWp-Referenzsysteme für Utility-Scale PV (Freifläche),
- Aktualisierung der Sachbilanzdaten zu Wechselrichtern unterschiedlicher Leistungsklassen,
- globale Marktanteile der Weltregionen entlang der PV-Lieferkette.

Diese Aktualisierungen bilden die Basis der laufenden Überarbeitung und für die in Q12 2026 geplante Publikation des Berichts zu den Sachbilanzdaten der PV-Lieferkette und PV-Stromerzeugung.

3.4 Aktualisierung der Methodology Guidelines zur Ökobilanzierung der PV-Lieferkette

Im Berichtsjahr 2025 wurde mit den Arbeiten an der Überarbeitung und Ergänzung der Methodology Guidelines zur Ökobilanzierung der PV-Lieferkette und der PV-Stromproduktion begonnen. Die Aktualisierung und Erweiterung umfassen unter anderem folgende Punkte:

- Koordination und Integration der thematischen Beiträge der Task 12 Expert*innen.
- Integration wichtiger Aspekte der Sachbilanzmodellierung, wie die Bifazialität von PV-Modulen, die Rechenschaftspflicht von Energieprodukten, CO₂-Emissionszertifikate, neue PV-Technologien und zukünftige PV-Anwendungen (prospective LCA),
- Integration spezifischer PV-Anwendungen, wie Agri-PV, floating PV, high-altitude und high-latitude PV,
- Überarbeitung PV-spezifischer Empfehlungen für den Umgang mit Komponentenlebensdauer, Degradation, Einstrahlung, Bifazialität etc. in Ökobilanzstudien.

Die Schweizer Experten haben Entwürfe für einen massgebenden Teil der Erweiterungen verfasst.



3.5 Durchführung des 91. LCA Discussion Forums

Am 31. Oktober 2025 wurde das 91. LCA Discussion Forum mit dem Titel "Life cycle inventories of photovoltaic systems: state of play and future prospects" am Campus Grüental der ZHAW in Wädenswil durchgeführt. Rolf Frischknecht (treeze), Matthias Stucki (ZHAW) und Michael Götz (ZHAW) initiierten und organisierten die Veranstaltung im Kontext der laufenden Arbeiten im Rahmen des IEA Task 12. Am Discussion Forum kamen Fachleute zusammen, um den aktuellen Stand, Herausforderungen und künftige Entwicklungen in der Ökobilanzierung der PV-Lieferkette und PV-Stromerzeugung zu beleuchten, darunter mehrere Expert*innen des IEA Task 12. Im Fokus standen ökobilanzielle Aspekte technologischer Entwicklungen, globale Lieferketten, ökologische Auswirkungen neuer PV-Technologien sowie spezifische PV-Anwendungen wie Agri-PV, Floating PV und gebäudeintegrierte PV. Ergänzend wurden Themen wie Recycling, Kreislaufstrategien und zukünftige Marktentwicklungen diskutiert. Die Veranstaltung bot damit einen fundierten Überblick über Herausforderungen und Perspektiven für robuste und transparente PV-LCI-Daten.

Matthias Stucki und Michael Götz gaben einen Einblick in den Fortschritt der Aktualisierung der Sachbilanzdaten entlang der PV-Lieferkette und präsentierten erste vorläufige Ergebnisse. Rolf Frischknecht präsentierte die Methodik zur Bilanzierung von PV-Systemen in Aussenräumen und an Gebäuden, die er für die Stadt Zürich entwickelt hat.

3.6 Review von Publikationen

Im Berichtsjahr 2025 waren die Schweizer Experten an mehreren Review-Runden beteiligt für eine bevorstehende Publikation im Rahmen des Task 12:

1. Advances in Photovoltaic Module Recycling - Update to Empirical Life Cycle Inventory Data Activity – 2.5 Draft Activity Report (K. Wambach & C. Libby)
2. North to South. Predicting the adoption intention of residential PV modules: a comparative study of Spain and Australia (Roser Sala, Silvia Germán, M. Carmen Alonso-García, Félix García-Rosillo, Rong Deng, Garvin Heath)

4 Bewertung 2025 und Ausblick 2026

Die Schweizer Experten sind in unterschiedlichen Rollen an diversen Aktivitäten des Workplan 2024 – 2028 beteiligt (siehe auch Tabelle 1).

Hervorzuheben sind folgende Arbeiten:

1. Die ZHAW übernimmt im Rahmen des Schweizer Beitrags im aktuellen IEA Task 12 Workplan seit dem Jahr 2024 den Lead von Subtask 2 mit insgesamt 10 angegliederten Aktivitäten.
2. Die Schweizer Experten sind an 7 dieser 10 Aktivitäten beteiligt und haben den Lead bei 4 Aktivitäten.
3. Im Jahr 2025 standen insbesondere die umfassende Aktualisierung und Überarbeitung der Lebenszyklusdaten im Mittelpunkt (Aktivitäten 2.1 und 2.2). Diese Arbeiten sollen im Frühjahr 2026 gemeinsam mit einem entsprechenden Bericht veröffentlicht werden. Ein zentrales Element bildet dabei die Integration der Sachbilanzdaten zur PV-Lieferkette aus dem französischen Ausschreibungsprozess. Bereits jetzt zeigt sich, dass diese Daten die Qualität



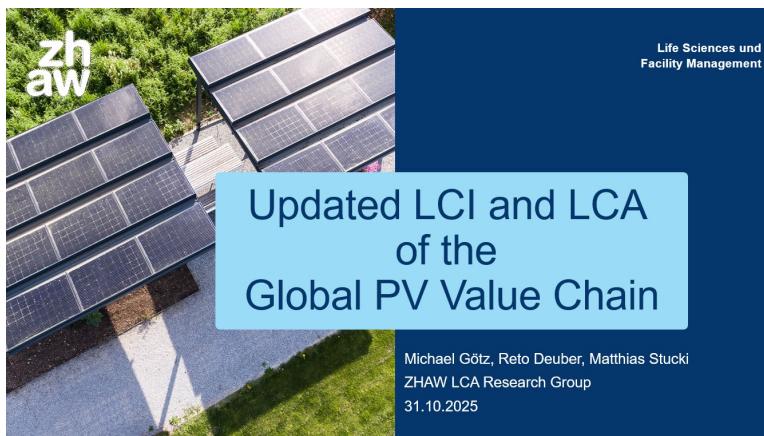
des Sachbilanzdatenbestandes des IEA Task 12 deutlich aufwerten und die Aktualität sowie Repräsentativität des Datenbestandes wesentlich verbessern.

4. Im Laufe des Jahres 2025 wurden die Arbeiten an der Aktualisierung der Methodology Guidelines zur Ökobilanzierung der PV-Stromerzeugung (Aktivität 2.3) vorangetrieben. Inhalt und Struktur der Guidelines wurden definiert. Verschiedene Expert*innen des IEA Task 12, darunter auch die Schweizer Experten haben thematische Beiträge zu den Guidelines verfasst, welche zurzeit geprüft und integriert werden. Die entsprechende Publikation ist für die zweite Jahreshälfte 2026 vorgesehen.
5. Teilnahme an zwei Task-Meetings des IEA PVPS Task 12 (Golden, USA & Freiburg, DE). Das nächste Treffen findet im Frühjahr 2026 in der Schweiz statt (ZHAW Campus Grüental, Wädenswil) und wird von den Auftragnehmerinnen organisiert. Der Austragungsort des zweiten Treffens ist noch nicht definiert.
6. Durchführung des 91. LCA Discussion Forums auf dem Campus Grüental der ZHAW in Wädenswil. In 16 Präsentationen und spannenden Diskussionen wurden unterschiedliche Aspekte der Ökobilanzierung von PV-Lieferkette und PV-Stromerzeugung beleuchtet. Die Veranstaltung traf auf reges Interesse und diente damit sowohl dem Austausch und der Vernetzung innerhalb der Ökobilanz-Community als auch der Repräsentation des Schweizer Beitrags im Rahmen des IEA Task 12 und der Kommunikation vorläufiger Resultate.
7. Begleitung und Review von Ökobilanzarbeiten anderer Mitglieder des Task 12. Dies umfasst im Jahr 2026 voraussichtlich Berichte zu
 - A1.2 – Patent review of PV recycling methods
 - A1.3 – PV circular economy status
 - A1.5 – PV waste management in France
 - A1.6 – Critical material demand scenarios for PV in the terawatt era
 - A1.7 – Status and Trends for PV recycling in China
 - A1.8 – Status and Trends for PV recycling in Spain
 - A2.4 – Methodological guidelines on Net Energy Analysis of Photovoltaic Electricity
 - A2.5a – Study and comparison life cycle indicators from commercial PV recycling pilots and plants - Part 1
 - A2.5b – Study and comparison life cycle indicators from commercial PV recycling pilots and plants - Part 2
 - A2.7 – Report of LCA of PV recycling pathways in France
 - A2.10 – LCA modelling recommendations for emerging PV tandem technologies and preliminary results based on experimental lab-scale data
 - A2.11 - LCA of AgriPV
 - A3.2 – Field research methods for Agrivoltaic applications
 - A3.3 – Agrivoltaics Action group Task 12 Contribution
 - A4.1 – Studying Public Acceptance of PV modules
 - A4.2 – Expanded human health risk assessment for landfilling of CdTe PV

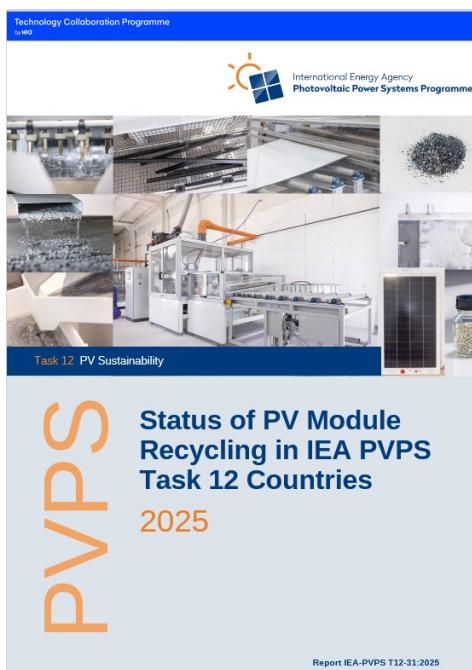


5 Publikationen 2025 im Rahmen des Projekts

Publikationen im Jahr 2025 umfassen den Beitrag am LCA Discussion Forum (Götz et al., 2025) und den Schweizer Beitrag zum «Status of PV Module Recycling in IEA PVPS Task 12 Countries» (Komoto et al., 2025)



Götz, M., Deuber, R., & Stucki, M. (2025, Oktober 31). *Updated LCI and LCA of the Global PV Value Chain* [Präsentation]. 91. LCA Discussion Forum, Wädenswil. https://lca-forum.ch/fileadmin/generic/lib/Resources/Public/Downloads/DF91/05_Michael_Goetz.pdf



Komoto, K., Agrafel, C., Alonso-Garcia, C., Costa, D., Curtis, T., Danelli, A., Deng, R., Defrenne, N., Drozdiak, K., Ebin, B., Espinosa, N., Gassner, A., Heath, G., Held, M., Lee, J.-S., Libby, C., Lyu, F., Mirletz, H., Penn, M., **Stucki, M.**, Woods-Robinson, R. (2025). *Status of PV Module Recycling in IEA PVPS Task 12 Countries*. IEA Photovoltaic Power Systems Programme. ISBN 978-1-7642902-0-3 <https://doi.org/10.69766/XLFG7020>



6 Referenzen

- Frischknecht, R., Stolz, P., Krebs, L., De Wild-Scholten, M., & Sinha, P. (2020). *Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems* (No. IEA-PVPS T12-19:2020; IEA PVPS Task 12 Report). International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12. <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/12/IEA-PVPS-LCI-report-2020.pdf>
- Götz, M., Deuber, R., & Stucki, M. (2025, Oktober 31). *Updated LCI and LCA of the Global PV Value Chain* [Präsentation]. 91. LCA Discussion Forum, Wädenswil. https://lca-forum.ch/fileadmin/generic_lib/Resources/Public/Downloads/DF91/05_Michael_Goetz.pdf
- KBOB, ecobau, & IPB. (2022). *UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022*. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik.
- KBOB, ecobau, & IPB. (2023, November 7). *Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2022, Version 4*. https://www.kbob.admin.ch/dam/kbob/de/dokumente/Themen%20und%20Trends/Oekobilanz/Oekobilanzdaten_%20Baubereich_Donne_ecobilans_construction_2009-1-2022_v4.0.xlsx.download.xlsx/Oekobilanzdaten_%20Baubereich_Donne_ecobilans_constructon_2009-1-2022_v4.0.xlsx
- Komoto, K., Agrafeil, C., Alonso-Garcia, C., Costa, D., Curtis, T., Danelli, A., Deng, R., Defrenne, N., Drozdiak, K., Ebin, B., Espinosa, N., Gassner, A., Heath, G., Held, M., Lee, J.-S., Libby, C., Lyu, F., Mirletz, H., Penn, M., ... Woods-Robinson, R. (2025). *Status of PV Module Recycling in IEA PVPS Task 12 Countries*. IEA Photovoltaic Power Systems Programme. <https://doi.org/10.69766/XLFG7020>