

Task 12 Nachhaltigkeit

PVPS

FAKTENBLATT

Ökobilanz von Strom aus PV-Anlagen

AKTUALISIERUNG DER DATEN FÜR DAS JAHR 2023

Autoren: Stucki, M., Götz, M., de Wild-Scholten, M., Frischknecht, R.

Task 12 Manager:

Garvin Heath, NREL, USA

Etienne Drahi, TotalEnergies, France

Ökobilanz

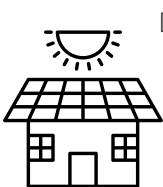
Die Ökobilanz (LCA) von PV umfasst eine strukturierte, umfassende Methode zur Quantifizierung und Bewertung von Material- und Energieflüssen sowie der damit verbundenen Emissionen aus:

- 01 **Herstellung** - Ressourcengewinnung, Rohstoffproduktion, Wafer-, Zell- und Paneelproduktion
- 02 **Transport** - Verteilung und Lagerung
- 03 **Installation** - Dachmontage und Verkabelung
- 04 **Nutzung** - über einen Zeitraum von 30 Jahren und Wartung
- 05 **Ende des Lebenszyklus** - Demontage, Recycling, Abfallmanagement

Umfang der Studie

Diese Studie bezieht sich auf eine typische PV-Anlage für Wohngebäude:

- 1 kWh AC-Strom, erzeugt mit einer 3 kWp Dach-PV-Anlage in Europa
- PV-Panel, Verkabelung, Montagestruktur, Wechselrichter und Systeminstallation
- 976 kWh/kWp jährliche Produktion,
- 1.331 kWh/m² Einstrahlung in der Ebene; Lineare Degradation: 0,7 %/a
- Lebensdauer: Panel 30 Jahre, Wechselrichter 15 Jahre



Die Studie umfasst vier PV-Modultechnologien mit den folgenden Wirkungsgraden:

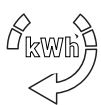
1. Cadmium-Tellurid (CdTe) 18,4 %
2. Kupfer-Indium-Gallium-Selenid (CIS / CIGS) 17,0 %
3. Polykristallines Silizium (Multi-Si, BSF) 18,0 %
4. Monokristallines Silizium (Mono-Si, PERC / TOPCon) 20,9 %

¹Gemäß der aktuellen Task-12-LCA-Methodik (IEA-PVPS T12-18:2020) können die Ergebnisse angepasst werden, wenn man eine lineare Beziehung zu dem von der Degradationsrate abhängigen Ertrag annimmt. Bei einer Degradationsrate von 0,5 %/Jahr multipliziert man die Ergebnisse einfach mit einem Faktor von 0,968. Für eine Degradationsrate von 0,9 %/Jahr multipliziert man die Ergebnisse mit einem Faktor von 1,053.

²Für Multi-Si und CIS/CIGS standen für dieses Update aufgrund der derzeit sehr geringen Marktanteile keine neuen spezifischen Daten zur Verfügung.

³Der Strom-, Wärme- und Siliziumbedarf für die Herstellung von Mono-Si wurde anhand aktueller Produktionsdaten mehrerer Hersteller aktualisiert.

Energierückzahldauer



Die Energierückzahldauer für nicht erneuerbare Energien wird definiert als Zeit, die ein erneuerbares Energiesystem benötigt, um die gleiche Menge an Energie zu erzeugen (in Bezug auf nicht erneuerbare Primärenergieäquivalente), die für die Herstellung des Systems selbst verwendet wurde.

	Einheit	Mono-Si	Multi-Si	CIS	CdTe
Energierückzahldauer	Jahr	1.0	1.2	1.2	0.8



Umweltauswirkungen

Die Treibhausgasemissionen, die mit der Erzeugung von 1 kWh Solarstrom aus PV-Anlagen verbunden sind, sind weitaus geringer als die Emissionen von fossilen Kraftwerken, die bis zu 1 kg CO₂ pro kWh emittieren können.

	Einheit	Mono-Si	Multi-Si	CIS	CdTe
Treibhausgasemissionen	g CO ₂ eq	35.8 ⁴	43.6	35.5	25.2
Ressourcenverbrauch, fossile Brennstoffe	MJ	0.44	0.52	0.51	0.35
Ressourcenverbrauch, Mineralien und Metalle	mg Sb eq	5.04	5.30	4.64	5.22
Feinstaub	10 ⁻⁹ Krankheitsinzidenzen	2.87	3.97	1.34	1.04
Versauerung	mmol H ⁺ eq	0.29	0.36	0.21	0.18
Modulwirkungsgrad	%	20.9	18.0	17.0	18.4
Daten	Referenzzeitraum	2020 - 2023	2019 - 2021	2010/2020	2020 - 2022

⁴ Beiträge von PV-Modulen: 20.2 gCO₂- eq (56 %); Wechselrichter: 9.9 gCO₂- eq (28 %), Rest: 5.8 gCO₂- eq (16%)

Änderungen der Umweltauswirkungen

Änderungen der Umweltauswirkungen im Vergleich zu den Systemen von 2021 sind in der untenstehenden Tabelle aufgeführt. Prozentsätze über 100 % sind das Ergebnis einer Zunahme der Umweltauswirkungen, während Prozentsätze unter 100 % eine Abnahme der Auswirkungen im Vergleich zu den vorherigen Daten darstellen.

	Mono-Si	Multi-Si	CIS	CdTe
Treibhausgasemissionen	83 %	99 %	100 %	99 %
Ressourcenverbrauch, fossile Brennstoffe	87 %	99 %	100 %	99 %
Ressourcenverbrauch, Mineralien und Metalle	97 %	100 %	100 %	100 %
Feinstaub	74 %	102 %	109 %	108 %
Versauerung	80 %	99 %	100 %	99 %
Referenzzeitraum	2020 - 2023 (2019 - 2021)	2019 - 2021 (2019 - 2021)	2010/2020 (2010/2020)	2020 - 2022 (2019 - 2020)



Wichtige Änderungen im Vergleich zu 2021

Mono-Si PV-Module

- Erhöhte Panel-Effizienz (was zu einer Verringerung der Umweltauswirkungen im Lebenszyklus führt)
- Verminderte Wafer-Schnittverluste / reduzierte Poly-Si-Nachfrage (was zu einer Reduktion der Umweltauswirkungen führt)
- Geringerer Strom- und Wärmeenergiebedarf für die Herstellung von Solarqualitätssilizium, Wafer, Zelle und Panel (was zu einer Reduktion der Umweltauswirkungen)

CdTe PV-Module

- Erhöhte Panel-Effizienz (Verringerung der Auswirkungen)

Alle Technologien

- Neue Bewertungsmethoden der Ökobilanz (geringe Abweichungen bei den Auswirkungen)

Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Laufe der Zeit für Mono-Si-PV-Systeme

Die folgende Tabelle zeigt die Veränderung der Treibhausgasemissionen durch Strom aus einer PV-Anlage mit monokristalliner Modultechnologie auf einem Wohnhausdach in der Schweiz. Die Reduktion der Emissionen ist auf Effizienzsteigerungen und Verbesserungen im Herstellungsprozess zurückzuführen.

	Einheit	1996	2003	2007	2014	2016	2020	2021	2023
Treibhausgas-emissionen	g CO ₂ eq/kWh	121	72	76	80	107	43	43	36
Modulwirkungsgrad	%	13.6	14.8	14.0	14.0	15.1	19.5	20.0	20.9
Jahresertrag	kWh/kWp	862	882	922	922	882	976	976	976

Task 12 Ziele

- Quantifizierung des Umweltprofils von PV im Vergleich zu anderen Energietechnologien.
- Definition und Behandlung von Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsfragen sowie Nachhaltigkeitsaspekten, die für das Marktwachstum wichtig sind.

Sub-Tasks von Task 12



1. Kreislaufwirtschaft (CE)
2. Ökobilanzierung (LCA)
3. Ökosystem-integrierte PV (ecoPV)
4. Breitere Nachhaltigkeitsaspekte (BSA)

Task 12 wird gemeinsam vom National Renewable Energy Laboratory (NREL) und TotalEnergies OneTech betrieben. IEA PVPS dankt dem United States Department of Energy und TotalEnergies für die Unterstützung.

Für weitere Details siehe die begleitende Präsentation.
Laden Sie den vollständigen LCI-Bericht von 2020 hier herunter.
Laden Sie hier die vorherige Version des Fact Sheets herunter.

