

Bifaziale Photovoltaik: das Dach, das doppelt produziert — und weniger an die Hitze verliert

Die Strahlung zu reflektieren erhöht nicht nur das für das Modul verfügbare Licht: Es begrenzt auch die Erwärmung, die es benachteiligt.

Die Wirkung der Albedo auf die bifaziale Produktion ist bekannt. Ein dritter Mechanismus, von anderen Studien dokumentiert, kommt hinzu: Die Wärme selbst lässt das Modul an Ertrag verlieren, unabhängig vom Licht, das es empfängt.

Von Joël Kohli, Gründer & Direktor



Auf einem hellen, reflektierenden Dach fängt ein bifaziales Modul die Sonne zweimal ein: direkt auf der Vorderseite und durch Reflexion auf der Rückseite. Und weil sich die Oberfläche weniger erwärmt, verlieren die Module auch weniger Ertrag. (KI-generiertes Bild)

Bei einem mit Photovoltaikmodulen ausgestatteten Dach denkt man in der Regel an eine einzige Energiequelle: die direkte Strahlung, die auf die Vorderseite der Module trifft. Drei unabhängige Studien — ein Feldversuch in der Vendée, ein Universitätsexperiment in den Vereinigten Arabischen Emiraten und ein technisches « [White Paper](#) » von SolarWorld/ISFH — zeigen, dass ein Teil dieser Strahlung ein zweites Mal genutzt werden kann, sofern die Fläche unter den Modulen reflektierend ist. Genau hier trifft eine thermoreflektierende Beschichtung auf die Photovoltaik.

Eine Cool-Roof-Inspiration, eine thermoreflektierende Umsetzung

Die drei hier zitierten Studien stützen sich auf Anordnungen aus dem Bereich der Cool Roofs: hochreflektierende Farben oder Bahnen, im Labor oder an Pilotanlagen getestet. Das ist das Vokabular der internationalen Forschung zum Thema, und aus diesem Grund beziehen wir uns darauf.

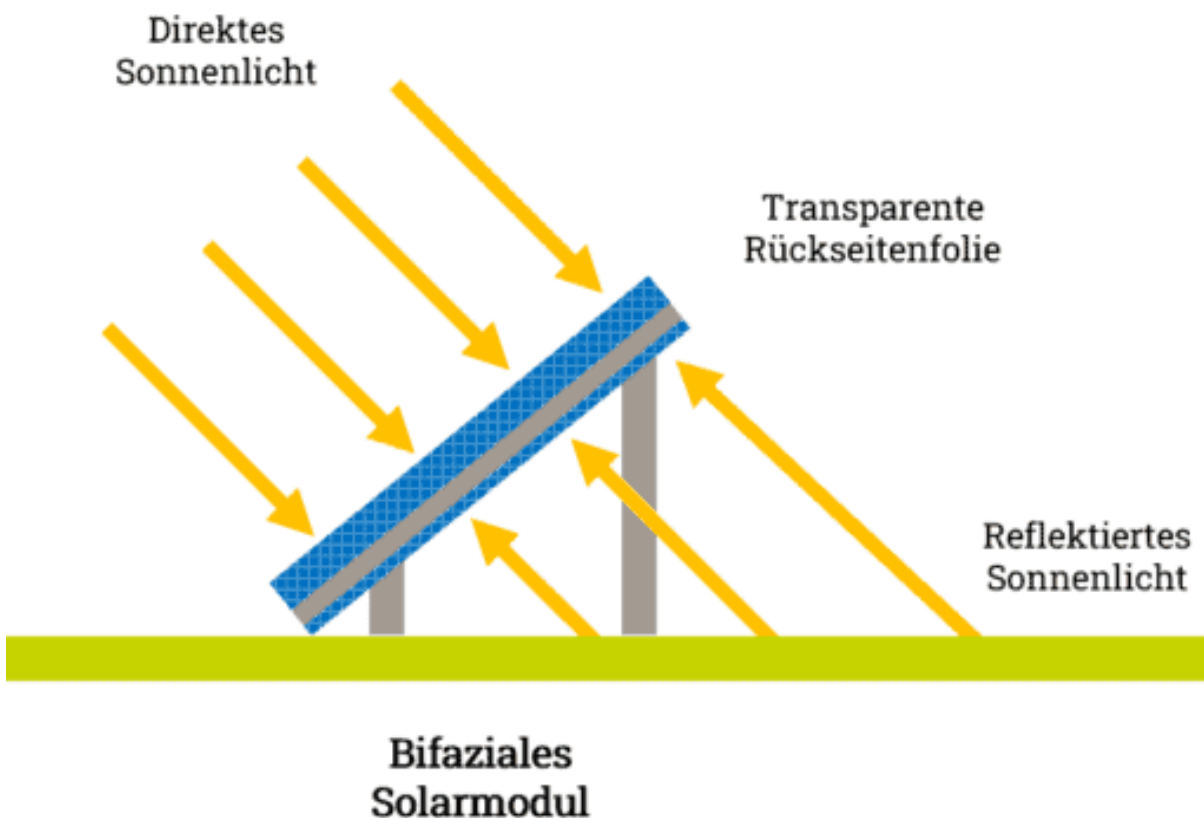
Es ist jedoch nicht das Vokabular unseres Angebots. Eine thermoreflektierende Beschichtung von THERM'Reflectis beschränkt sich nicht auf eine Oberflächenreflektanz: Sie verbindet diese Reflektanz mit einer Arbeit an Emissivität, Dämmung und Langzeitbeständigkeit, für das Dach ebenso wie für Fassaden und Verglasungen. Das von diesen Studien gemessene physikalische Prinzip — mehr reflektierte Strahlung, die einem Photovoltaiksystem zur Verfügung steht — bleibt für unsere Technologie gültig; das angestrebte Leistungs- und Haltbarkeitsniveau ist ein anderes.

Zwei Mechanismen, die sich ergänzen

Eine thermoreflektierende Beschichtung und ein bifaziales Photovoltaikmodul wirken nicht auf dasselbe:

- Die Beschichtung reflektiert einen großen Teil der Sonnenstrahlung, statt das Dach sie absorbieren und sich erwärmen zu lassen.
- Das bifaziale Modul nimmt einen Teil dieser reflektierten Strahlung auf seiner Rückseite auf, zusätzlich zur direkten Strahlung, die seine Vorderseite aufnimmt.

Die Beschichtung reflektiert das, was das bifaziale Modul anschließend in Strom umwandeln kann. Es ist diese Beziehung zwischen den beiden Technologien, die die drei Studien objektivierbar machen.



Prinzipschema: Das reflektierende Dach wirft einen Teil der einfallenden Strahlung auf die Rückseite des bifazialen Moduls zurück, ergänzend zur direkten Strahlung, die die Vorderseite aufnimmt.

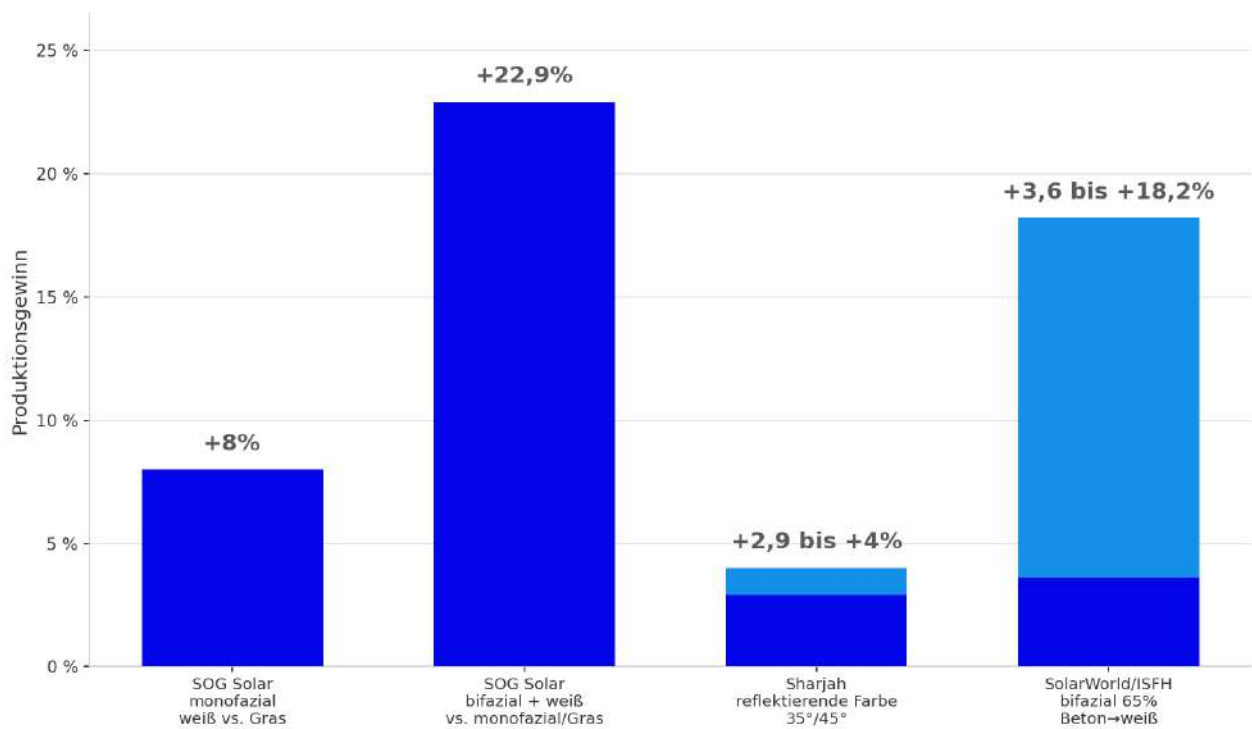
Was die Messungen zeigen

Die drei Quellen messen nicht genau dasselbe (Fläche, Klima, Neigung, Modultyp), aber sie stimmen in Existenz und Größenordnung des Phänomens überein:

Referenzstudie	Configuration testée	Gain de production
SOG Solar (Vendée, 2021)	Monofaziales Modul, weiße Fläche vs. Gras	+ 8 %
SOG Solar (Vendée, 2021)	Bifaziales Modul + weiße Fläche, vs. monofazial auf Gras	+ 22,9 %
Université de Sharjah (2019)	Von den Forschern getestete reflektierende Farbe vs. normales Dach, 35°/45°	+ 2,9 à 4 %
SolarWorld / ISFH	Bifazial 65 %, Beton (16 %) vs. weiße Fläche (80 %), 0,3 m	+ 3,6 % → + 18,2 %

Die obigen Werte stammen aus drei verschiedenen Protokollen und addieren sich nicht zueinander; sie veranschaulichen ein und denselben Hebel — die Albedo der Fläche unter den Modulen — in unterschiedlichen Konfigurationen.

Gemessene Produktionsgewinne in den drei Referenzstudien



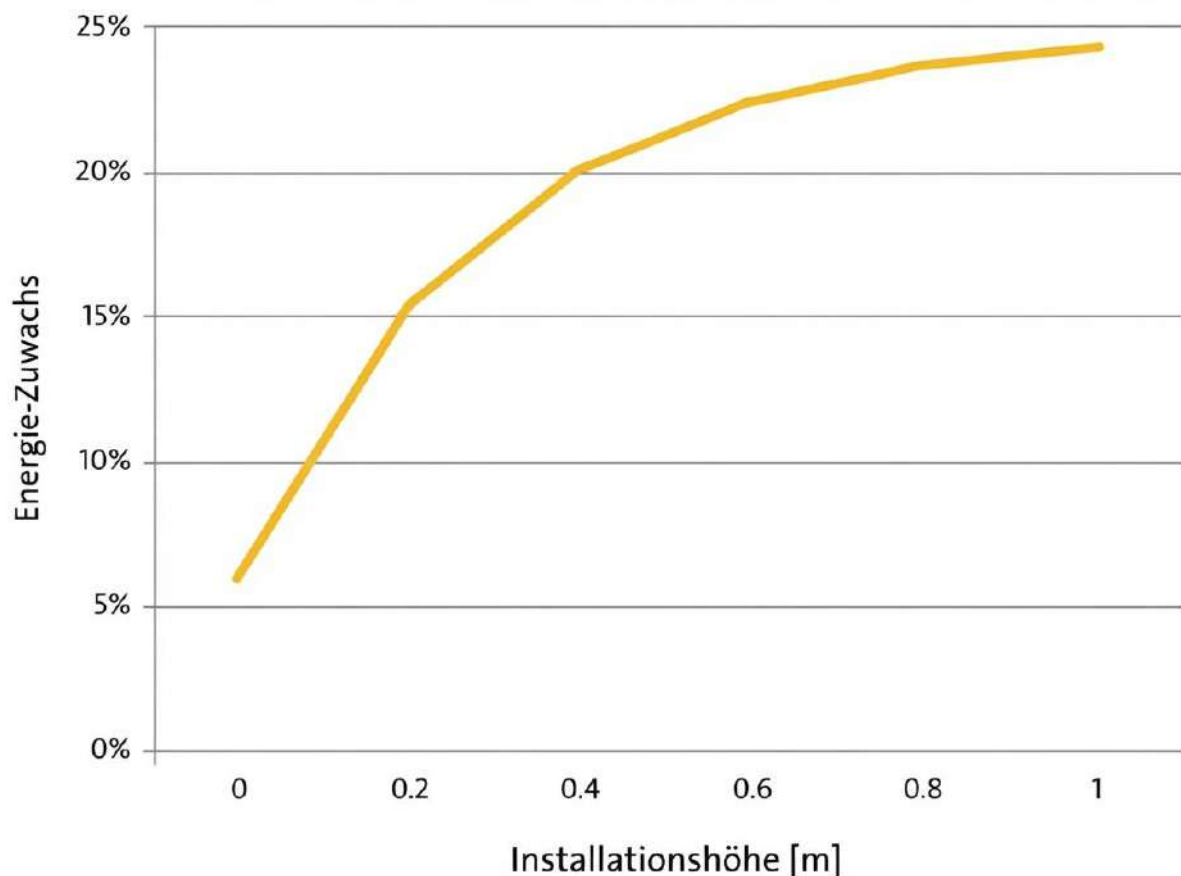
Vergleich der von SOG Solar, der Universität Sharjah und SolarWorld/ISFH gemessenen Produktionsgewinne. Die zweifarbigen Balken zeigen eine Ergebnisspanne je nach getesteter Konfiguration.

Der von SOG Solar in der Vendée durchgeführte Versuch ist der aussagekräftigste: Durch den Ersatz von Gras durch eine weiße Fläche unter bifazialen Modulen stieg die Mehrproduktion des bifazialen gegenüber dem monofazialen Modul am selben Tag von + 9,3 % auf + 13,8 % — der Beweis, dass Albedo und Bifazialität sich addieren, statt sich gegenseitig zu ersetzen.

Der Ertrag steigt mit dem bifazialen Modul noch weiter

Das « White Paper » SolarWorld/ISFH quantifiziert dasselbe Prinzip an einem theoretischen Modell: Für ein bifaziales Modul mit 65 % Bifazialität, das 0,3 m über einer Fläche mit nur 16 % Albedo (ein üblicher Beton) installiert ist, beträgt der Produktionsgewinn nur 3,6 %. **Auf einer weißen Fläche mit 80 % Albedo** steigt er unter denselben Bedingungen **auf 18,2 %**. Auch die Montagehöhe spielt eine Rolle: **die Gewinne bleiben unter 0,3 m bescheiden und stabilisieren sich oberhalb von 1 m**.

Ein bifaziales Modul auf einem dunklen Dach nutzt somit nur einen kleinen Teil seines Potenzials. Dasselbe Modul, auf einer hochreflektierenden Fläche verlegt, kommt ihm deutlich näher.

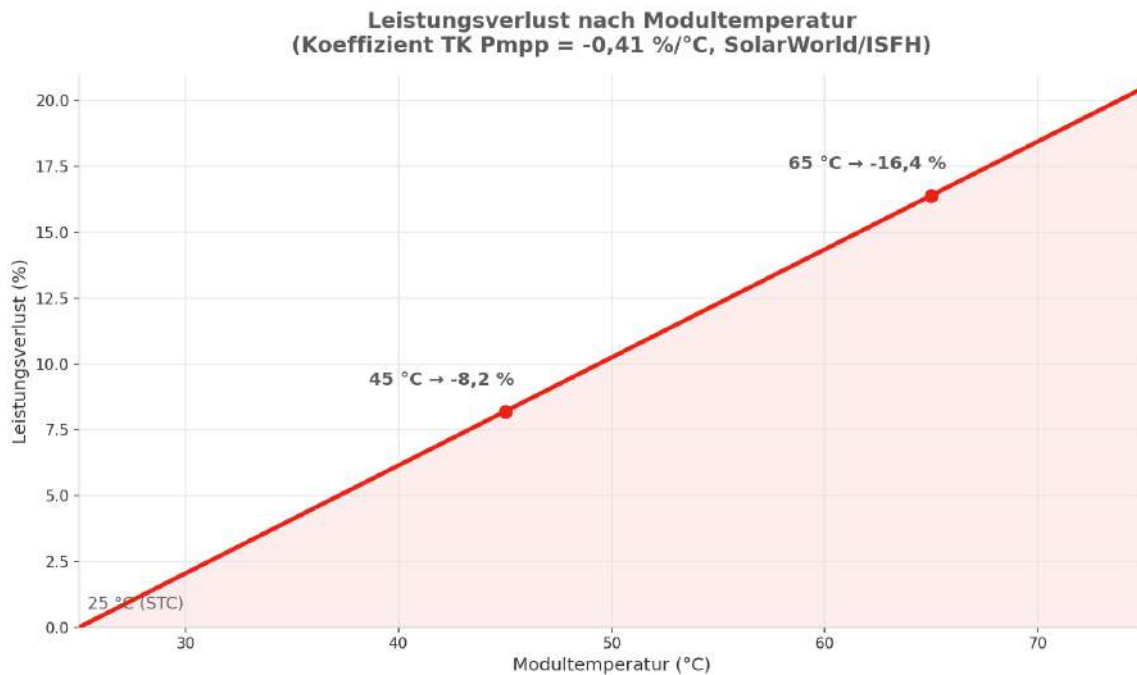


Energiegewinn einer bifazialen Photovoltaikanlage mit im Querformat montiertem Modul, nach Süden ausgerichtet, mit 30° Neigung und einem Reihenabstand von 2,5 Metern, bei einer Albedo von 80 %.

Ein dritter Hebel: Auch die Hitze kostet Ertrag

Die drei vorherigen Studien messen einen Lichteffect, keinen Temperatureffekt: Keine hat die Temperatur der Module selbst gemessen. Ein eigenständiges Phänomen, durch umfangreiche Fachliteratur dokumentiert, verdient es dennoch, dem Bild hinzugefügt zu werden: **oberhalb von 25 °C senkt jedes zusätzliche Grad die Leistung eines Photovoltaikmoduls aus kristallinem Silizium um etwa 0,35 bis 0,45 % — in der Praxis manchmal auf „etwa 0,5 %“ zusammengefasst.**

Das nennt man den Temperaturkoeffizienten (TK Pmpp), eine normative Angabe auf allen Moduldatenblättern, gemessen unter Standardtestbedingungen (STC: 1000 W/m², 25 °C, Spektrum AM 1,5). Das « White Paper » bereits zitierte SolarWorld/ISFH gibt dafür ein konkretes Beispiel: Für das Sunmodule Bisun, bifazial wie monofazial, beträgt dieser Koeffizient -0,41 %/°C. **Ein Modul, das auf dem Dach 65 °C erreicht** — eine bei großer Hitze übliche Temperatur — **verliert so in der Größenordnung von 15 bis 18 % seiner Momentanleistung** gegenüber seinen Testbedingungen, allein aufgrund der Temperatur.



Leistungsverlust in Abhängigkeit von der Modultemperatur, berechnet aus dem von SolarWorld/ISFH für das Sunmodule Bisun veröffentlichten Koeffizienten $TK_{P_{mpp}} = -0,41 \text{ \%/}^{\circ}\text{C}$.

Dieser Verlust ist nicht nebensächlich: Er tritt genau zu den Stunden auf, in denen die Strahlung am stärksten ist, also die Produktion am höchsten wäre. Ein Modul, das sich weniger erwärmt, bewahrt einen Teil dieses Potenzials, das die stärker erwärmten Module verlieren.

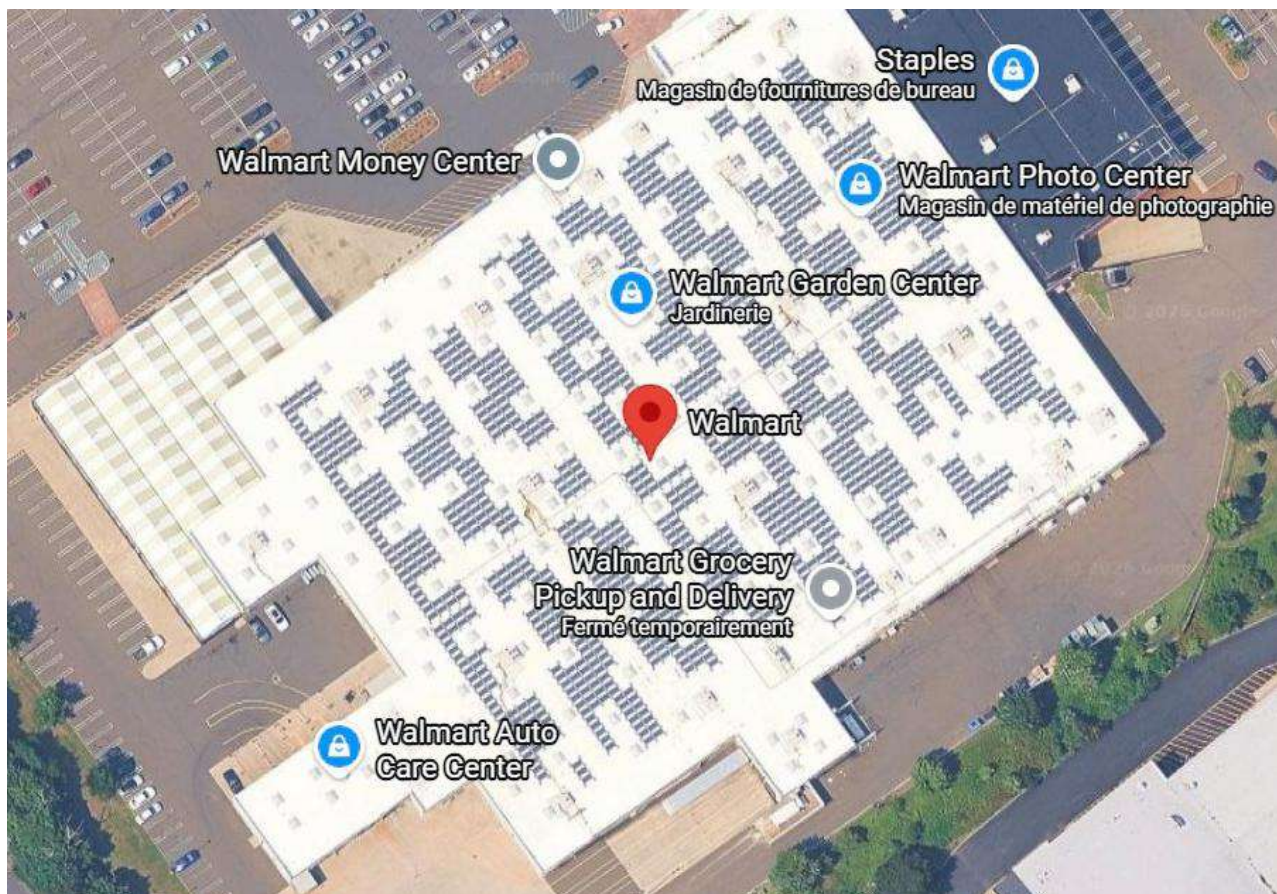
Ein zusätzlicher Nutzen — ohne ihn zu überinterpretieren

Es wäre übertrieben, diesen dritten Hebel als direkten, an unseren Beschichtungen getesteten Beweis darzustellen: Die drei oben zitierten Produktionsstudien haben weder die Temperatur der Module gemessen noch einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang zwischen Dachalbedo und Modultemperatur. Was man — eigenständig und andernorts gut belegt — weiß, ist, dass die Wärme den Ertrag eines Moduls beeinträchtigt — und dass ein dunkleres Dach sich stärker erwärmt und in praller Sonne häufig zwischen 70 °C und 80 °C erreicht, gemäß der Cool-Roof-Literatur. Diese Erwärmung durch eine hochreflektierende Fläche zu begrenzen ist somit eine kohärente physikalische Argumentation, zu unterscheiden von einer direkten Messung an einer PV-Anlage.

Für einen bereits ausgestatteten oder eine Photovoltaik-Ausstattung planenden Standort eröffnet dies eine Lesart der thermoreflektierenden Beschichtung auf drei Ebenen: mehr Strahlung für die Rückseite eines bifazialen Moduls, ein Dach, das sich weniger erwärmt, und — durch einen eigenständigen und gut dokumentierten physikalischen Mechanismus — ein Modul, das sich theoretisch weniger erwärmt und besser produziert.

Wo diese Kombination am sinnvollsten ist

Große Flachdächer — Lager, Industriegebäude, landwirtschaftliche Betriebe, Gewächshäuser — sind am besten geeignet, davon zu profitieren: verfügbare Fläche, beherrschbare Montagehöhe und ein direktes Interesse daran, ein kühleres Dach mit einer optimierten Stromproduktion zu verbinden. Auf diesen Flächen behandelt dieselbe Maßnahme zwei Anliegen zugleich — den thermischen Schutz des Gebäudes und die Leistung der Photovoltaikanlage.



Ein großes Flachdach (Lager-, Industrie- oder Landwirtschaftsgebäude) mit Photovoltaikmodulen, repräsentativ für den Standorttyp, der für diese Kombination am relevantesten ist. (Source : Google Maps — Walmart, Milford, Connecticut, Vereinigte Staaten)

Sources : SOG Solar — „Mini REX Bifacial“, 7. Mai 2021 · Universität Sharjah — Altan et al., „An experimental study of the impact of cool roof on solar PV electricity generations“, International Journal of Low-Carbon Technologies, 2019 · SolarWorld AG / Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) — „Calculating the Additional Energy Yield of Bifacial Solar Modules“, White Paper (TK-Pmpp-Koeffizient des Sunmodule Bisun) · photovoltaïque.info (HESPUL) — „Leistung und Wirkungsgrad von Photovoltaikmodulen“ (STC-Definition) · Allgemeine Fachliteratur zum Temperaturkoeffizienten von Modulen aus kristallinem Silizium (Größenordnung: -0,35 bis -0,45 %/°C)

Schöpft Ihre Solarproduktion Ihr Dach wirklich aus? Ziehen wir bei Ihrem Photovoltaikprojekt Bilanz.

👉 **Fordern Sie eine THERM'Reflectis-Analyse an**

Kühlen, Reduzieren, Reflektieren — auf natürliche Weise.

Unser Ansatz in 4 Schritten:

Analyse — thermisch und strukturell → **Planung** — maßgeschneidert → **Anwendung** — zertifiziert → **Monitoring** der Gewinne

Wurde Ihr Gebäude dafür ausgelegt, dieser neuen Herausforderung zu begegnen?

Ihr Potenzial ist einzigartig. Ob Industriestandort, Ökoquartier-Projekt, städtisches Kulturerbe oder Dienstleistungsgebäude — THERM'Reflectis verfügt über die Expertise, es voll zur Geltung zu bringen.

Lassen Sie dieses Potenzial nicht länger brachliegen.

Jede Fläche zählt.

Jedes gewonnene Grad macht den Unterschied.

Jedes Projekt trägt zu einer nachhaltigeren Zukunft bei.

Kontaktieren Sie THERM'Reflectis: Lass uns gemeinsam dein Potenzial in Leistung umsetzen!

THERM'Reflectis (Suisse) Sàrl

Wissenschaft und Innovation im Dienst des Gebäudes.

connect@thermreflectis.com

+41 (79) 456 07 80

<http://www.thermreflectis.com>

IHR POTENZIAL + UNSERE EXPERTISE = GARANTIERTE ERGEBNISSE

„Das verborgene Potenzial jeder Fläche erschließen, um die nachhaltige Schweiz von morgen zu gestalten.

Ihr Projekt, unsere Mission.“