

Informationen und Produktbeispiele für Solarmodule auf denkmalgeschützten Gebäuden

Alea Roßbach

Kira Layer

Roman Dörflinger

08.02.2023

alear563@gmail.com

kira.layer@gmx.de

roman.doerflinger@rdmails.de

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Projektseminars „Mehr Solarenergie = weniger Denkmalschutz?“ am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in Kooperation von *Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft (ZAK)* mit dem *Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT)*, dem *Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)* sowie der *Karlsruher Schule der Nachhaltigkeit*.

Als Praxispartner waren die *Karlsruher Energie- und Klimaschutzagentur (KEK)* sowie Vertreter*innen von Denkmalschutzbehörden eingebunden.

Die Veranstaltung ist Teil des Projekts „Karlsruher Reallabor Nachhaltiger Klimaschutz“ (KARLA).



Dozenten: Andreas Seebacher, Marius Albiez, Volker Stelzer

This work by Alea Roßbach, Kira Layer and Roman Dörflinger is licensed under CC BY-NC 4.0.

To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	1
Aufbau einer Photovoltaikanlage.....	1
Wie wird der Strom erzeugt?	1
Energie, Leistung, Einheiten	2
Nennleistung	2
Spezifische Leistung.....	2
Was ist der Wirkungsgrad?	3
Was hat die Farbe des Moduls mit dem Wirkungsgrad zu tun?	3
Indach- vs. Aufdachsysteme.....	4
Aufdachmontagesysteme.....	4
Indachsysteme Standard Modulgröße	4
Solardachziegel 1:1 Ersatz	4
Solardachziegel mit mehrfacher Ziegelgröße.....	4
Vor- und Nachteile von Solardachziegeln	4
Beispielrechnung.....	5
Produktkatalog.....	7
Farblich angepasste Module	8
Module mit schwarzer Rückseitenfolie und All Black Module.....	8
Farblich angepasste Aufdachmontagesysteme.....	9
Indachsysteme mit Standard Modulgröße.....	12
Indachsysteme mit überlappender Montage.....	12
Solardachziegel mit mehrfacher Ziegelgröße.....	13
Solardachziegel als halbintegriertes Aufdachsystem	13
Solardachziegel als Indachsystem mit diagonal überlappender Montage.....	19
Solardachziegel (1:1 Ersatz).....	20
Solardachziegel Falzziegel/Dachstein	20
Solardachziegel Schiefer.....	23
Weitere Anbieter.....	25
Vergleichsansicht aller Module	26
Literaturverzeichnis.....	27

Einleitung

In der heutigen Zeit ist das Thema Energie interessanter denn je. Unterschiedliche Aspekte, wie die Klimaerwärmung und globale Abhängigkeiten, ermutigen die Gesellschaft immer stärker an unabhängigeren Energieerzeugungsarten festzuhalten. Darunter spielt die Erzeugung von Strom durch Sonnenenergie eine besonders große Rolle. PV- und Solarthermieanlagen sind gefragter denn je. Hierbei kommt es jedoch unter Umständen zum Konflikt mit anderen Werten, wie beispielsweise dem Denkmalschutz. Aufgrund der Interessenskonflikte ist es äußerst wichtig, dass Lösungen betrachtet werden, die sowohl für Gebäudeeigentümer, sowie auch für die Werterhaltung von älteren Gebäuden durch den Denkmalschutz eine potenzielle Möglichkeit darstellen. Deshalb wird in diesem Artikel versucht eine Grundlage für Gebäudeeigentümer zu schaffen. Dabei wird zunächst grob auf die Funktionsweise von Solarzellen eingegangen und anschließend wird eine Beispielrechnung zur Ausrichtung von PV-Modulen vorgestellt. Weiterhin sollen grundlegende Aspekte wie beispielsweise die Farbe und Montageart von Solarpanels erklärt werden. Zuletzt wird eine Auflistung unterschiedlicher Solarpanels geboten, an dem sich Interessenten orientieren können. Diese sollen Lösungen darstellen, die für denkmalgeschützte Gebäude in Betracht gezogen werden können. Es ist jedoch keine 100 % Lösung, weshalb immer direkt mit dem Denkmalschutzamt kommuniziert werden soll, da es dafür keine festen Vorschriften gibt.

Aufbau einer Photovoltaikanlage

Eine Photovoltaikanlage besteht aus mehreren Solarmodulen, die zu einem Strang in Reihe geschaltet werden. Dieser Strang wird an einen Wechselrichter angeschlossen. Der Wechselrichter wandelt den gelieferten Gleichstrom in Wechselstrom um. Der Wechselstrom wird ins Stromnetz eingespeist oder im Haus verbraucht. (Mertens 2022, S. 33)

Wie wird der Strom erzeugt?

Die meisten Solarzellen bestehen aus dem Halbleiter Silizium. Jeder Stoff besteht aus Atomen. Ein Atom besitzt einen positiv geladenen Kern und eine Außenhülle mit negativ geladenen Elektronen. Eine Solarzelle setzt sich aus zwei Siliziumschichten zusammen.

In der n-Schicht wird dem Silizium häufig Phosphor beigemischt. Phosphor hat mehr negativ geladene Elektronen als Silizium. Es entsteht ein Überschuss an negativen Elektronen. Somit ist diese Schicht negativ dotiert.

In der p-Schicht wird oft Bor beigemischt. Bor hat weniger negativ geladene Elektronen als Silizium. Somit ist diese Schicht positiv dotiert.

Montiert man diese Schichten übereinander, findet zwischen den Schichten ein Elektronenaustausch statt. Diese Grenzschicht nennt man p-n-Übergang.

Trifft nun Sonnenlicht, sprich Energie, auf den pn-Übergang, werden die Elektronen angeregt sich zu bewegen. Sie lösen sich vom positiv geladenen Kern und wandern zur n-Schicht. Über Metallkontakte an der n- und p-Seite werden die Elektronen abgeleitet, d.h. sie bewegen sich durch eine Leiterbahn vom Pluspol zum Minuspol. Es entsteht elektrischer Strom. (Redaktion Solarenergie.de)

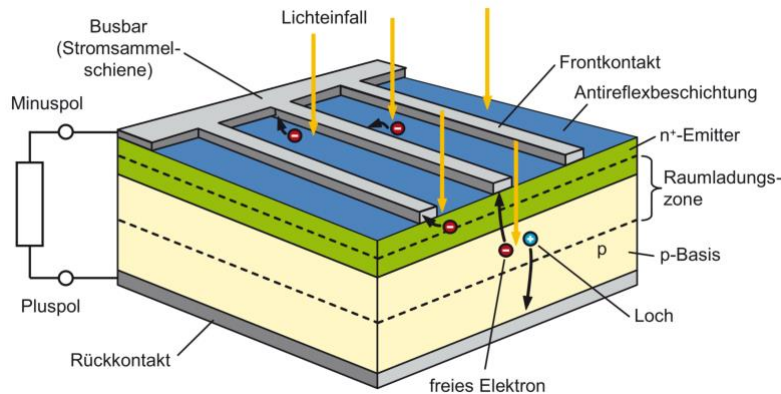


Abbildung 1: Solarzelle.PNG (Mertens 2022)

Arten von Solarzellen

1. Monokristalline Solarzelle
 - a. Besteht aus einem reinem Silizium-Kristall
 - b. Wirkungsgrad: 16-24 %
2. Polykristalline Solarzelle
 - a. Besteht aus vielen Kristallen verschiedener Größe
 - b. Wirkungsgrad: 14-20 %
3. Dünnschicht-Solarzelle
 - a. Besteht aus Halbleiter, gemischt mit anderen Materialien, die auf einem Trägermaterial wie Glas, Metall, Kunststoff aufgedampft/aufgespritzt wird
 - b. Wirkungsgrad: 10-14 %

(Redaktion Solarenergie.de)

Energie, Leistung, Einheiten

Nach Max Planck ist Energie definiert als die Fähigkeit eines Systems äußere Wirkungen wie Wärme oder Licht hervorzubringen. (Mertens 2022, S. 21) Meistens wird im Zusammenhang mit Solarenergie aber von der Leistung P anstatt von Energie gesprochen. Diese gibt an, wie viel Arbeit in der Zeit verrichtet wird: $P = \text{Arbeit} / \text{Zeit}$ (Mertens 2022, S. 22) Die Leistung wird meistens in Watt (W) angegeben, die Energie im Joule (J) oder Kilowattstunden (kWh), wobei 1 kWh 3,6 Millionen J entspricht. (Mertens 2022, S. 23)

Nennleistung

Die Nennleistung eines Photovoltaikmoduls wird unter Optimal Bedingungen gemessen (Volle Sonneneinstrahlung, Temperatur des Moduls beträgt 25°C, Standard-Lichtspektrum). Die Nennleistung entspricht also der Spitzenleistung des Moduls; deshalb ist die zugehörige Einheit Watt-Peak (Wp). (Mertens 2022, S. 34)

Spezifische Leistung

Da nicht alle Photovoltaikmodule gleich groß sind, lässt sich die Nennleistung verschiedener Module nicht immer gut vergleichen. Dafür ist zusätzlich die spezifische Leistung, also die Nennleistung pro Fläche angegeben. Die zugehörige Einheit ist Wp/m^2 .

Was ist der Wirkungsgrad?

Der Wirkungsgrad gibt das Verhältnis aus gelieferter elektrischer Nennleistung durch die einfallende optische Leistung an.

$$\eta_{Modul} = \frac{P_{STC}}{P_{Opt}} = \frac{P_{STC}}{A * E_{STC}}$$

Wobei A die Modulfläche, P_{STC} die elektrische Nennleistung, P_{Opt} die optische Leistung und E_{STC} die Bestrahlungsstärke ist. Durch diese Formel kann man die Leistung und den Ertrag einer Aufdachanlage berechnen. Angenommen es stehen 40m^2 zur Verfügung und Module mit einem Wirkungsgrad von 15%. Die Nennleistung lässt sich bei voller Bestrahlungsstärke berechnen:

$$P_{STC} = P_{Opt} * \eta_{Modul} = E_{STC} * A * \eta_{Modul} = 1000 \frac{W}{m^2} * 40 m^2 * 0,15 = 6 kWp.$$

In Deutschland bringt eine nach Süden ausgerichtete Dachanlage typischerweise einen spezifischen Ertrag w_{Jahr} von circa 900 kWh/kWp (Kilowattstunden pro Kilowatt-Peak) pro Jahr. Damit ergibt sich einen Jahresertrag von:

$$W_{Jahr} = P_{STC} * w_{Jahr} = 6 kWp * 900 \frac{kWh}{kWp * a} = 5400 \frac{kWh}{a}.$$

(Mertens 2022, Kapitel 1.5.4)

Der Gesamtwirkungsgrad hängt unter anderem von der Ausrichtung, Neigung der Module, der Strahlungsintensität, Luftqualität, Lichtspektrum und der Umgebungstemperatur, ab. Der Gesamtwirkungsgrad ist aufgrund des Wechselrichters und der Verbindungskabel geringer als der der einzelnen Module. (Redaktion Solarenergie.de)

Was hat die Farbe des Moduls mit dem Wirkungsgrad zu tun?

Auf mono- und polykristallinen Solarzellen befindet sich auf der Oberseite eine Antireflexschicht. Diese sorgt dafür, dass weniger einfallendes Licht reflektiert wird, und so mehr Licht auf die Zelle trifft. Das heißt, die Antireflexionsschicht erhöht den Wirkungsgrad. Eine optimale Antireflexionsschicht lässt die ansonsten gräulichen Photovoltaikzellen tiefblau bis schwarz wirken.

Um andere Farben zu erhalten, gibt es die Möglichkeit die Dicke der Schicht anzupassen, sodass bestimmte Wellenlängen des Lichts kaum reflektiert werden. Die Farben, die diesen Wellenlängen gehören sind dann nicht mehr sichtbar und es kann eine gewünschte Farbe, z.B. rot erreicht werden.

Da die Schichtdicke der Reflexionsschicht dann nicht mehr optimal ist, gibt es allerdings mehr Reflexionsverluste und die Photovoltaikzellen mit dieser bestimmten Farbe haben einen geringeren Wirkungsgrad.

Für die farbliche Anpassung von Dünnschichtmodulen werden zum Beispiel eingefärbte Deckgläser verwendet oder die Dicke der transparenten Kontaktschicht angepasst. Auch diese Anpassungen sorgen für einen geringeren Wirkungsgrad (Horn, S. 49–52)

Indach- vs. Aufdachsysteme

Aufdachmontagesysteme

Bei Aufdachsystemen erfolgt die Befestigung in der Dachkonstruktion auf einem Dachhaken, Stockschraube etc. mit Klemmen. Dabei bleibt die Original-Dacheindeckung erhalten. Alternativ werden Einlegesysteme mit Schienen angeboten.

(Michel Haller, Evelyn Bamberger, Andreas Bohren, Carlo Vassella 2022, S. 7)

Indachsysteme Standard Modulgröße

Da bei Indachsystemen die PV-Module die Dacheindeckung bilden, wird die Originaleindeckung ersetzt. Falls das komplette Dach eingedeckt wird, werden Randabschlüsse in der Regel mit Dummymodulen gebildet. Alternativ sind auch Module in Sondermaßenfertigungen möglich.

Übliche Indachsysteme werden mit ähnlichen Modulformaten wie Aufdachsysteme angeboten. Meistens werden Rahmenlose oder Module mit einem Spezialrahmen eingesetzt, die entweder wie Ziegel überlappend oder nebeneinander verlegt werden. Letztere haben einen etwas höheren Aufbau und können die Originaleindeckung leicht überragen. (Michel Haller, Evelyn Bamberger, Andreas Bohren, Carlo Vassella 2022, S. 8)

Solardachziegel 1:1 Ersatz

Diese Solardachziegel ersetzen eins zu eins einen Ziegel. Sie bestehen aus kleinen Solarmodulen und funktionieren daher genau wie die gewöhnlichen Module. (Grünes Haus 2021) Die Verlegung erfolgt identisch oder ähnlich zur Originaleindeckung. Randabschlüsse können einfach in der Originaleindeckung umgesetzt werden. Sie haben durch die Kleinteiligkeit einen hohen Verkabelungsaufwand. Auch werden die Systeme bisher nur in Kleinstserien angefertigt. (Michel Haller, Evelyn Bamberger, Andreas Bohren, Carlo Vassella 2022, S. 14)

Solardachziegel mit mehrfacher Ziegelgröße

Neben Solardachziegel, die eins zu eins Ziegelgröße haben, gibt es Solardachziegel, die mehrere Ziegel zusammenfassen. Diese werden entweder auf Ziegel montiert oder ersetzen die Ziegel. Die Randabschlüsse werden mit der Originaldacheindeckung umgesetzt. Außerdem gibt es Systeme mit diagonaler Verlegung oder mit einer Wellenoptik. Sie eignen sich auch für Trapezblech- und Stehfalzdächer.

Die Systeme sind deutlich aufwändiger in der Verlegung und der Verkabelung als die größeren Module, aber weniger aufwändig als eins zu eins Ziegel. (Michel Haller, Evelyn Bamberger, Andreas Bohren, Carlo Vassella 2022, S. 10)

Vor- und Nachteile von Solardachziegeln

Solardachziegel haben nicht nur Vorteile, wenn es um denkmalgeschützte Häuser geht, oder das Aussehen aus einem anderen Grund eine wichtige Rolle spielt. Bei Neubauten wird durch Solarziegel die normale Dacheindeckung gespart und einzelne kaputte Ziegel können einfach ausgetauscht werden. (Grünes Haus 2021)

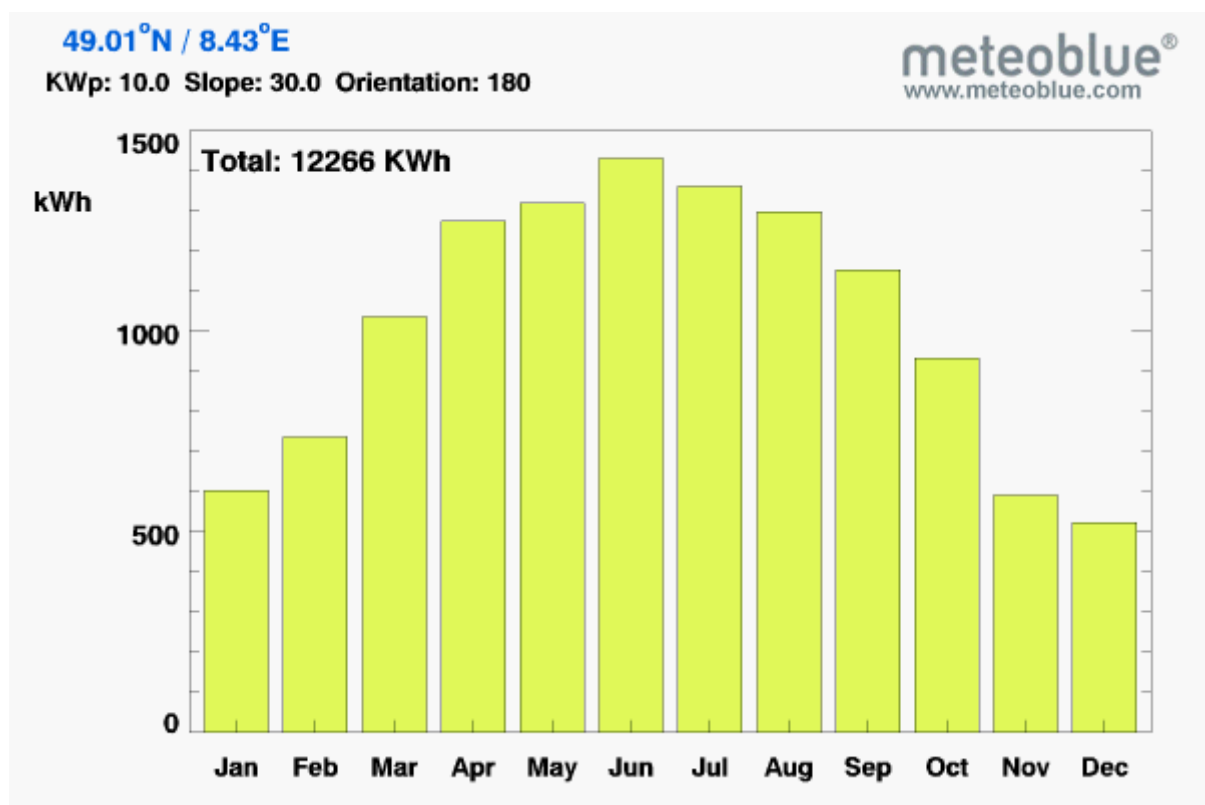
Es gibt allerdings auch einige Nachteile, zum Beispiel die Haltbarkeit: Auf Photovoltaikziegel wird meist weniger Garantie gegeben (meist 10 Jahre) als auf normale Photovoltaikanlagen (oft 12, bis zu 25 Jahre). Außerdem ist die Lebensdauer mit 30-40 Jahren nur halb so lange, wie die von Tonziegeln. (Grünes Haus 2021)

Bei Neubauten sind die Kosten für Solardachziegel zwar nur 14% höher, als die für eine normale Dacheindeckung und Photovoltaikanlage, bei schon bestehenden Gebäuden, sind Solardachziegel jedoch um 140% teurer. Desweiteren sind Solardachziegel, wegen ihren Steckverbindungen besonders anfällig für Störungen. (Grünes Haus 2021)

Beispielrechnung

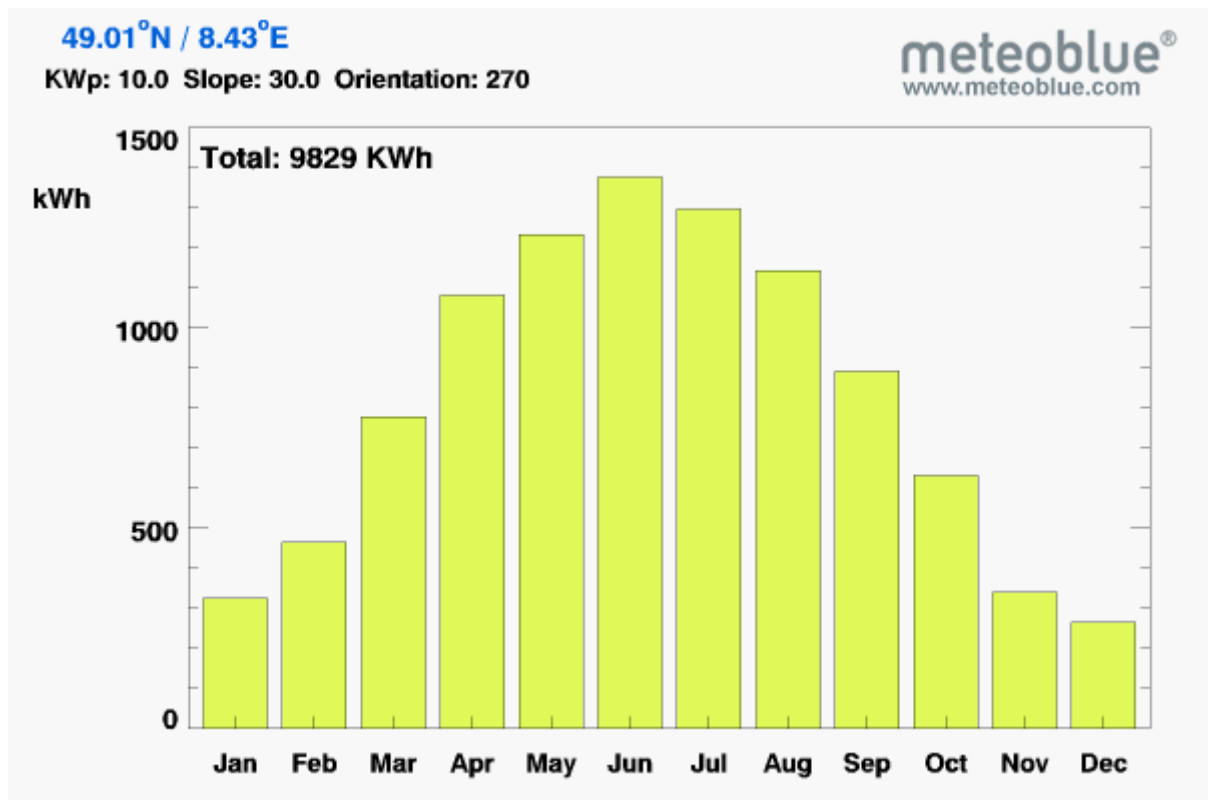
Mit einem online-Rechner von Solarserver.de (<https://www.solarserver.de/pv-anlage-online-berechnen/>) soll an einem Beispiel gezeigt werden, wie die Ausrichtung der Module Einfluss auf die Stromerzeugungsleistung hat.

Annahme: Ausrichtung der Module nach Süden, 30° Neigung, 10 kWp



(Quelle: <https://www.solarserver.de/pv-anlage-online-berechnen/>)

Annahme: Ausrichtung der Module nach Westen, 30° Neigung, 10 kWp



(Quelle: <https://www.solarserver.de/pv-anlage-online-berechnen/>)

Wie sich aus den beiden Abbildungen erkennen lässt, gibt es große Unterschiede der Stromerzeugung in Hinsicht der Ausrichtung der Module. Eine nach Süden ausgerichtete PV-Anlage kann nach diesem Beispiel über 20 % mehr Strom aus Solarenergie erzeugen. Eine Ausrichtung nach Norden und eine Änderung des Neigungswinkels wird dementsprechend ebenfalls zu einer Änderung der Leistungserzeugung führen. Dies kann über den Solarrechner individuell selbst berechnet werden.

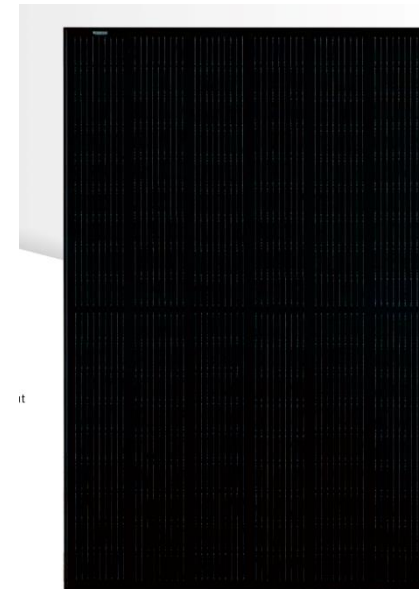
Produktkatalog

Auf den nachfolgenden Seiten sind unterschiedliche Solarmodule aufgelistet. Dabei wird zunächst zwischen Farbe der Module und der Montageart unterschieden. Außerdem sollen Maße und Leistung einen groben Überblick geben. Die Preise konnten nicht für jedes Produkt ermittelt werden und wurden im Januar 2023 erfasst. Aufgrund der aktuellen Marktsituation können diese variieren. Auch kann es sein, dass die angegebenen Verlinkungen der Module zu den Herstellern nicht mehr gültig sind. Über die Modulbezeichnung und den Hersteller können Sie die Module jedoch selbst wieder finden.

Farblich angepasste Module

Module mit schwarzer Rückseitenfolie und All Black Module

Material	Monokristallin, Frontabdeckung: Glas, Rahmen: Schwarz
Anpassung der Form an Dachstruktur	
Farbliche Anpassung	schwarz
Größe Gesamtelement	1722x1134x30mm
Leistung je Einheit	395 W
Spezifische Leistung	211 W
Wirkungsgrad	20,23 %
Preis je Einheit	167,00 €
Anbieter	Ulica Solar UL-395 https://www.actec-solar.de/solar/395w-solarmodul-monokristalin-halbzellen-solarpanel-mc4-solar-full-black-garantie-25-jahre-leistungsgarantie-schwarz-schwarz_20603_1681

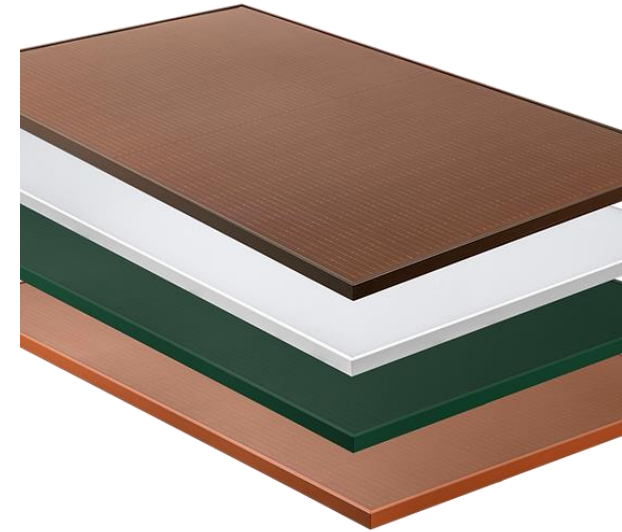


Farblich angepasste Aufdachmontagesysteme

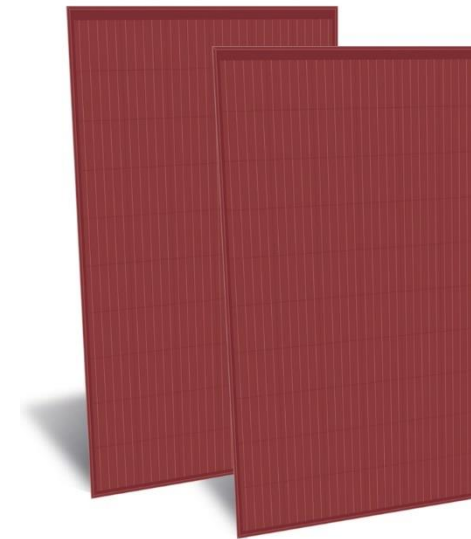
Material	Monokristallin, Glas auf Glas
Anpassung der Form an Dachstruktur	Rechteck, variabel
Farbliche Anpassung	Rot, weitere Farben möglich
Größe Gesamtelement	500 bzw. 600 x 1630 mm
Leistung je Einheit	
Spezifische Leistung	120 W/m ²
Wirkungsgrad	-
Preis je Einheit	Auf Anfrage, 0,8 - 1,5 €/W
Anbieter	ISSOL Solar-Terra http://issol.eu/de/solarterra-de/ , https://www.axsun.de/solarmodule/premium-ensemble-denkmalschutz



Material	Monokristallin, Glas auf Glas
Anpassung der Form an Dachstruktur	Rechteck, variable
Farbliche Anpassung	Rot
Größe Gesamtelement	1722x1134x30 mm
Leistung je Einheit	350 W
Spezifische Leistung	179,2 W/m ²
Wirkungsgrad	-
Preis je Einheit	445€
Anbieter	Bisol Spectrum 350 https://www.bisol.com/premium?lang=de



Material	Monokristallin, Glas auf Glas
Anpassung der Form an Dachstruktur	Rechteck, variable
Farbliche Anpassung	Rot/kupfer
Größe Gesamtelement	1752 x 1160 x 18 mm
Leistung je Einheit	335 Wp
Spezifische Leistung	164,8 Wp/m ²
Wirkungsgrad	-
Preis je Einheit	-
Anbieter	AxSun (Ax M-108 premium sol ensemble) https://www.axsun.de/solarmodule/premium-ensemble-denkmalschutz



Indachsysteme mit Standard Modulgröße

Indachsysteme mit überlappender Montage

Material	
Anpassung der Form an Dachstruktur	
Farbliche Anpassung	schwarz
Größe Gesamtelement	1698 x 1020 x 40mm
Leistung je Einheit/Nennleistung	265-275 Wp
Spezifische Leistung	Ca. 155 Wp/m ²
Wirkungsgrad	16,1-16,7%
Preis je Einheit	-
Anbieter	www.res-energie.eu



Solardachziegel mit mehrfacher Ziegelgröße

Solardachziegel als halbintegriertes Aufdachsystem

Material	Spezialziegel mit monokristallinem Modul
Anpassung der Form an Dachstruktur	Rechteck mit einer Überdeckung von 6 Ziegeln
Farbliche Anpassung	Schwarz, grau, rot mit schwarzem Modul
Größe Gesamtelement	1965 x 399 x 25 mm
Leistung je Einheit	120 Wp
Spezifische Leistung	153 Wp/m ²
Wirkungsgrad	18,3 %
Preis je Einheit	-
Anbieter	Nelskamp (MS 5 PV) https://www.nelskamp.de/de/energiedaecher/aesthetische-photovoltaik-anlage-ms-5-pv.html ,



Material	Spezialziegel mit monokristallinem Modul
Anpassung der Form an Dachstruktur	Rechteck mit einer Überdeckung von 6 Ziegeln
Farbliche Anpassung	Schwarz
Größe Gesamtelement	158.75 × 158.75 mm
Leistung je Einheit	54 Wp
Spezifische Leistung	162 Wp/m ²
Wirkungsgrad	22,2 %
Preis	671 €/m ² inkl. Material, Transport und Montage
Anbieter	Gasser Cermaic (Panotron Solarmodul FIT 54) https://gasserceramic.ch/sortiment_photovoltaik/fit-54/



Material	Monokristallin, Glas auf Glas
Anpassung der Form an Dachstruktur	Bildet mit dem Dach eine Einheit
Farbliche Anpassung	Schwarz, rot
Größe Gesamtelement	z.B. 380 x 1115 mm
Leistung je Einheit	54-104 Wp
Spezifische Leistung	162 Wp/m ²
Wirkungsgrad	15,36-22,1 %
Preis je Einheit	MATCH tile M65-HC24 terracotta E4 N 212,30 €
Anbieter	Megasol (rot und schwarz) https://megasol.ch/match/tile/ Nelskamp (schwarz) https://www.nelskamp.de/de/energiedaecher/solarziegel-g10-s-pv.html



(Quelle: Nelskamp)

Material	Monokristallin, Glas auf Glas
Anpassung der Form an Dachstruktur	Bildet mit dem Dach eine Einheit
Farbliche Anpassung	Terracotta
Größe Gesamtelement	465x1110x8 mm
Leistung je Einheit	65Wp
Spezifische Leistung	125,9 Wp/m ²
Wirkungsgrad	24%
Preis je Einheit	-
Anbieter	Megasol (MATCH tile M65-HC24 terracotta A5 N) https://store.megasol.ch/de_CH/product/match-tile-m65-hc24-terracotta-a5-n-3337-0957



Material	Monokristallin, Glas auf Glas
Anpassung der Form an Dachstruktur	Bildet mit dem Dach eine Einheit
Farbliche Anpassung	Schwarz
Größe Gesamtelement	465x441x8 mm
Leistung je Einheit	25 Wp
Spezifische Leistung	121,9 Wp/m ²
Wirkungsgrad	15,12%
Preis je Einheit	-
Anbieter	Megasol (MATCH tile M25-HC8 totallyblack A2 N) https://store.megasol.ch/de_CH/product/match-tile-m25-hc8-totallyblack-a2-n-3337-0961



Material	Monokristallin, Glas auf Glas
Anpassung der Form an Dachstruktur	Bildet mit dem Dach eine Einheit
Farbliche Anpassung	Schwarz
Größe Gesamtelement	ca. 1500 mm, Decklänge 384 mm - 404 mm
Leistung je Einheit	104 Wp
Spezifische Leistung	-
Wirkungsgrad	22,1 %
Preis je Einheit	-
Anbieter	Nelskamp https://www.nelskamp.de/de/energiedaecher/solarziegel-g10-s-pv.html



Solardachziegel als Indachsystem mit diagonal überlappender Montage

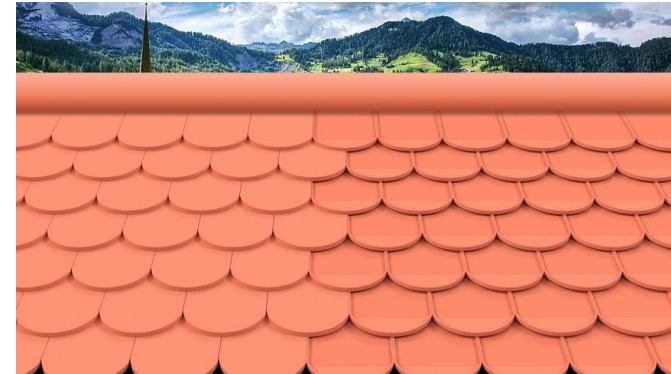
Material	Monokristallin Glas auf Glas
Anpassung der Form an Dachstruktur	
Farbliche Anpassung	Schwarz
Größe Gesamtelement	870 x 870 mm
Leistung je Einheit	48-115 Wp
Spezifische Leistung	Bis zu 173 Wp/m ²
Wirkungsgrad	-
Preis je Einheit	-
Anbieter	Sunstyle Solarziegel https://www.sunstyle.com/de/solarziegel-wohnhaus/



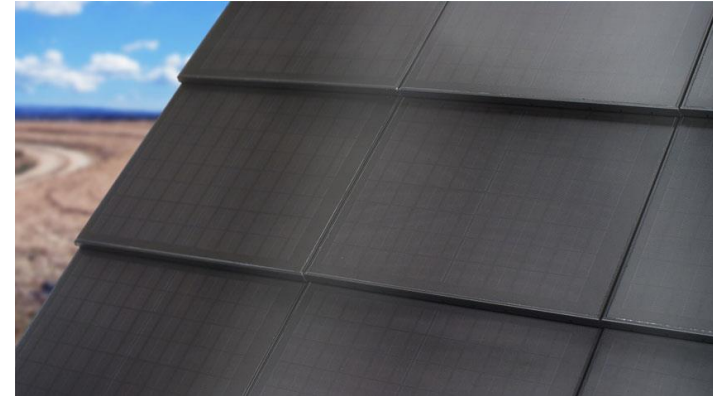
Solardachziegel (1:1 Ersatz)

Solardachziegel Falzziegel/Dachstein

Material	Monokristallin auf Ton, Beton, Kunststoff
Anpassung der Form an Dachstruktur	1:1 Ziegel
Farbliche Anpassung	rot
Größe Gesamtelement	400 x 200 x 14 mm
Leistung je Einheit	2,5-5 Wp
Spezifische Leistung	72-100 Wp/m ²
Wirkungsgrad	-
Preis je Einheit	-
Anbieter	Paxos (Solarbiberschwanz Light-Hybrid) https://www.paxos.solar/de/produkte/gebäude/#Navigation



Material	Monokristallin auf Ton, Beton, Kunststoff
Anpassung der Form an Dachstruktur	1:1 Ziegel
Farbliche Anpassung	Schwarz
Größe Gesamtelement	330 x 362,5 x 12 mm
Leistung je Einheit	14,5 Wp
Spezifische Leistung	145 Wp/m ²
Wirkungsgrad	-
Preis je Einheit	-
Anbieter	Paxos (Solarflachziegel Light-Hybrid) https://www.paxos.solar/de/produkte/gebäude/#Navigation



Material	Monokristallin auf Ton, Beton, Kunststoff
Anpassung der Form an Dachstruktur	1:1 Ziegel
Farbliche Anpassung	grau
Größe Gesamtelement	468 x 331,5 x 30,8 mm
Leistung je Einheit	14,5 Wp
Spezifische Leistung	145 Wp/m ²
Wirkungsgrad	-
Preis je Einheit	-
Anbieter	Paxos (Solardachpfanne Mild-Hybrid) https://www.paxos.solar/de/produkte/gebaeude/#Navigation



Solardachziegel Schiefer

Material

Anpassung der Form an Dachstruktur

Farbliche Anpassung

Größe Gesamtelement

Monokristallin, Glas-Folie

Schiefer, diverse Formen

Schwarz, rot, grau

z.B. 20x20 cm, 36x36 cm, 54x54 cm

Leistung je Einheit

Spezifische Leistung

Preis

122-212 Wp/m²

SOLARIS™ PREMIUM BLACK 449€, SOLARIS™ CLASSIC 349€, HERITAGE 499€ (pro m² in Schweizer Franken)

Wirkungsgrad

Anbieter

20,2 %

Freesuns

<https://freesuns.com/de/solar-ziegel-produkte>,



Material	Kristalline Siliziumzellen auf Ziegel, Kunststoff oder Glas
Anpassung der Form an Dachstruktur	Mönchziegel mit PV
Farbliche Anpassung	rot
Größe Gesamtelement	45 x 17 x 13 x 7h cm
Leistung je Einheit	7,5 Wp
Spezifische Leistung	-
Preis je Einheit	Ca. 60 €
Wirkungsgrad	-
Anbieter	Dyaqua (Invisible Solar Rooftile) https://www.dyaqua.it/invisiblesolar/_en/rooftile-invisible-solar-integrated-for-heritage.php



Weitere Anbieter

- Megasol: <https://megasol.ch/solarcolor/>
- Cottopossagno: <https://www.cottopossagno.com/fotovoltaico/?lang=en>
- 3S: <https://www.3s-solar.swiss/3s-solardach>

Vergleichsansicht aller Module

Modulname	Modulart/ Verwendung	Farbe	Preis	Nennleistung (je Einheit)	spezifische Nennleistung
Ulica Solar UL-395	Aufdach	schwarz (All Black)	167,00 €	395 Wp	211 W/m ²
ISSOL Solar-Terra	Aufdach	rot	0,8-1,5 €/W	-----	120 W/m ²
Bissol Spectrum 350	Aufdach	rot	445 €	350 Wp	179,2 W/m ²
AX M-108 premium sol ensemble	Aufdach	rot	-----	335 Wp	164 W/m ²
res-PV++	Indach	schwarz	-----	265-275 Wp	155 Wp/m ²
Nelskamp MS 5PV	Aufdach- Solarziegel mit mehrfacher Ziegelgröße	schwarz	-----	120 Wp	153 W/m ²
Gasser Ceramic Panotron Solarmodul FIT 54	Aufdach- Solarziegel mit mehrfacher Ziegelgröße	schwarz	671 €/m ² inkl. Montage	54 Wp	162 W/m ²
Megasol MATCH M65-HC24 terracotta A5 N	Aufdach- Solarziegel mit mehrfacher Ziegelgröße	rot	-----	65 Wp	125,9 Wp/m ²
Megasol MATCH tile M25-HC8 totallyblack A2 N	Aufdach- Solarziegel mit mehrfacher Ziegelgröße	schwarz	-----	25 Wp	121,9 W/m ²
Nelskamp Solarziegel G10 S PV	Aufdach- Solarziegel mit mehrfacher Ziegelgröße	schwarz	-----	104 W/p	-----
Sunstyle Solarziegel	Indach-Solarziegel mit diagonal überlappender Montage	schwarz	-----	48-115 Wp	bis zu 173 W/m ²
Paxos Solarbiberschwanz Light-Hybrid	Solardachziegel Biberschwanz	rot	-----	2,5-5 Wp	72-100 Wp/m ²
Paxos Solarflachziegel Light-Hybrid	1:1-Solar-Ziegel	schwarz	-----	14,5 Wp	145 Wp/m ²
Paxos Solardachpfanne Mild-Hybrid	1:1- Solardachziegel	grau	-----	14,5 Wp	145 W/m ²
verschiedene Freesuns- Ziegel	1:1-Solarziegel in verschiedenen Formen	Schiefer- Optik	249-499 €	-----	122-212 Wp/m ²
Dyaqua Invisible Solar Rooftile	1:1- Solardachziegel (mönchziegel)	rot	7,5 Wp	-----	-----

Literaturverzeichnis

Grünes Haus (2021): Solardachziegel: Kosten, Hersteller, Vor- & Nachteile [2023]. Online verfügbar unter <https://gruenes.haus/solarziegel/>, zuletzt aktualisiert am 03.01.2023, zuletzt geprüft am 12.01.2023.

Horn, Sebastian: Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) - Entwicklung und Bewertung von Fassadensystemen. Online verfügbar unter <https://core.ac.uk/download/pdf/236376037.pdf>, zuletzt geprüft am 05.01.2023.

Mertens, Konrad (2022): Photovoltaik. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.

Michel Haller, Evelyn Bamberger, Andreas Bohren, Carlo Vassella (2022): Ästhetische Integration von Solarenergie an sensiblen Gebäuden. Hg. v. SPF Institut für Solartechnik. Ostschwiezer Fachhochschule, zuletzt geprüft am 14.12.2022.

Redaktion Solarenergie.de: Solarzellen: Aufbau und Funktion. Online verfügbar unter <https://solarenergie.de/hintergrundwissen/solarenergie-nutzen/solarzellen>, zuletzt geprüft am 14.12.2022.

Horn, Sebastian: Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) - Entwicklung und Bewertung von Fassadensystemen. Online verfügbar unter <https://core.ac.uk/download/pdf/236376037.pdf>, zuletzt geprüft am 05.01.2023.

Grünes Haus (2021): Solardachziegel: Kosten, Hersteller, Vor- & Nachteile [2023]. Online verfügbar unter <https://gruenes.haus/solarziegel/>, zuletzt aktualisiert am 03.01.2023, zuletzt geprüft am 12.01.2023.