

Photovoltaik-Module: Deine Stromlieferanten und alles, was du über sie wissen musst

Die Photovoltaik-Module wandeln die Sonnenenergie in elektrische Energie um. Sie bestehen üblicherweise aus siliziumbasierten Solarzellen, die in einem Alurahmen montiert und mit einer Glasplatte abgedeckt sind.

Wie viel deine Photovoltaik-Anlage leisten kann, wird in W_p (Watt peak) angegeben. Das ist die Maximalleistung der Anlage, wenn wir von superoptimalen Bilderbuch-Bedingungen ausgehen.

Eine Anlage mit 3 kWp erzeugt, wenn alles perfekt läuft, also unter Standard-Testbedingungen (Standard-Test-Conditions oder „STC“), 3.000 W Leistung, sie könnte in einer Stunde 3.000 Wh ($3.000 \text{ W} \times 1 \text{ h} = 3.000 \text{ Wh} = 3 \text{ kWh}$) generieren. Da das Leben leider selten perfekt ist, auch nicht für ein Photovoltaik-Modul, kommt dieser Wert selten zustande.

STANDARD-TEST-CONDITIONS (STC)

Das sind die Bilderbuchbedingungen, unter denen die Leistung von Photovoltaik-Modulen getestet werden. Sie sind so definiert:

Einstrahlung 1.000 W/m^2 / Zelltemperatur $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Luftmasse AM 1,5

Das solltest du über Photovoltaik-Module wissen

Der Markt für Photovoltaik-Module ist mittlerweile ein sehr großer. Es gib sie in allen Formen und Varianten, du musst dich nur für eine entscheiden. Damit du dir in dieser Fülle an Angeboten einen besseren Ein- und Überblick verschaffen kannst, habe ich dir fürs Erste ein paar wichtige Informationen über die unterschiedlichen Typen zusammengefasst.

Starr oder flexibel?

Überleg dir zunächst gut, wofür du deine Photovoltaik-Anlage verwenden möchtest. Soll es ein fixes Modul sein, das immer an derselben Stelle bleibt, oder möchtest du gerne eines, das du flexibel verwenden kannst, zum Beispiel auf Reisen?

Mittlerweile gibt es so viele unterschiedliche Modelle:

Photovoltaik-Dachfolien, Photovoltaik-Solarfolien als Markise für deine Terrasse oder den Balkon, Photovoltaik-Fassaden an Hauswänden, Solarmodule in Autohüllen – in den letzten Jahren gab es eine Vielzahl an Entwicklungen, mit denen die Sonnenstrom-Erzeugung in den unterschiedlichsten Varianten möglich wird.

Sie wirken oft verlockend: Folien, die man zusammenrollen und mitnehmen kann. Für einige Anwendungen sind sie auch äußerst praktisch. Ich verwende beim Wandern immer wieder Mini-Photovoltaik-Sets, die unterwegs ganz easy den Akku des Handys laden können. Wenn man eine längere Tour geplant hat oder mehrere Tage draußen unterwegs ist, ist dieses Set sehr praktisch. Auch für Campingbusse sind flexible Module oft ein Gewinn: Sie haben wenig Gewicht und lassen sich unkompliziert installieren.

Der große Nachteil: die Leistung. In diesem Bereich bestehen aktuell leider noch große Unterschiede. Zum Vergleich: Moderne Hochleistungsmodule haben einen Wirkungsgrad um die 20 %. Ein flexibles Modul bringt nur etwa 6–10 % Wirkungsgrad und erzeugt auf derselben Fläche dadurch noch deutlich weniger Energie (wobei die verfügbaren Produkte schon immer besser werden).

Ein weiterer Unterschied ist auch der Preis pro erzeugte Kilowattstunde. Durch die mittlerweile groß skalierte Massenproduktion von klassischen Photovoltaik-Modulen sind die Preise so gering, dass die in deutlich kleineren Serien produzierten, flexiblen Module nicht mithalten können. Deshalb mein Tipp: Flexible Module machen für manche Anwendungen wie z. B. bei der Integration im Dach des Campers total Sinn; wenn du es nicht unbedingt brauchst, würde ich dir ein starres Modul empfehlen.

Parallel oder in Reihe?

Wenn du mehrere Photovoltaik-Module in deiner Anlage integrierst, kannst du dich entscheiden, ob sie parallel oder in Serie geschaltet werden sollen – eine wichtige Entscheidung für deine Anlage. Für Photovoltaik-Module gelten die Regeln der Elektrik (na, kannst du dich noch an den Physikunterricht erinnern?). Das bedeutet: Werden die einzelnen Elemente parallel geschaltet, addiert sich die Stromstärke (Ampere), dafür bleibt die Spannung (Volt) niedrig.

Umgekehrt ist es bei einer Schaltung in Serie: Hier werden die Module in Reihe geschaltet, es addiert sich die Spannung von jedem Modul, die Stromstärke bleibt gleich. Prinzipiell muss die Spannung der Module immer höher sein als die Batteriespannung. Die Elektronen wandern immer nur von der höheren zur niedrigeren Spannung, sonst bewegt sich nichts, es fließt kein Strom. Das wirkt sich auch auf die Entscheidungen bei der Konfiguration deines Systems aus. Bei unserer Wohnwagen-Batterie mit 48 V beträgt beispielsweise die maximale Ladespannung 61,5 V. Ein Photovoltaik-Modul liefert 33 V Spannung, wir müssen also im Wohnwagen zumindest 2 Module in Reihe zusammenschalten, damit die Spannung für die Beladung ausreicht und der Strom in die richtige Richtung fließt!

Auch jeder Laderegler hat eine Begrenzung der maximalen Spannung, unter der er arbeiten kann. Die Antwort liegt also oft in der Mitte: Bei unserem Laderegler im Wohnwagen haben wir gesamt 10 Module. Wir schalten 5 Module in Reihe in einem sogenannten String. Diese Strings werden dann am Wechselrichter parallel geschaltet. Schauen wir uns das Rechenbeispiel dazu an.

Wie gehst du vor?

Schau ins Datenblatt deines Moduls: Wie viel Spannung hat das Modul? Unseres hat zum Beispiel 33 V und 10 A. Wir berechnen zuerst die Spannung (U) und Stromstärke (I) für einen String, also für alle Module, die in Reihe geschaltet sind:

$$U = 33 \text{ V} + 33 \text{ V} + 33 \text{ V} + 33 \text{ V} + 33 \text{ V} = 165 \text{ V}$$

In Reihe geschaltet haben diese Module also eine Spannung von 165 V.

$$I = 10 \text{ A}$$

Nun schalten wir die zwei Strings am Dach parallel. Was passiert jetzt?

$$U = \text{String 1} = \text{String 2} = 165 \text{ V (bleibt also gleich)}$$

$$I = 10 \text{ A (von String 1)} + 10 \text{ A (von String 2)} = 20 \text{ A}$$

Für die Auswahl der Komponenten unserer Anlage können wir nun passend zu diesen Rahmenbedingungen auswählen. Das ist ganz schön weitreichend und betrifft die anderen Komponenten wie Laderegler und Wechselrichter, aber auch die Leitungsschutzschalter („Sicherungen“), die passenden Kabelquerschnitte u. v. m. Das Thema Spannung und Stromstärke wird uns also immer wieder begegnen. Auf dieser Basis können wir aufbauen.

So berechnest du die Spannung (U) und Stromstärke (I)
in den beiden Varianten:

<p>SERIENSCHALTUNG (auch Reihenschaltung)</p> <p>$U_{\text{gesamt}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$</p> <p>$I_{\text{gesamt}} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$</p>	<p>PARALLELSCHALTUNG</p> <p>$U_{\text{gesamt}} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$</p> <p>$I_{\text{gesamt}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$</p>
--	---

Maximum-Power-Point-Tracker

Maximum-Power-Point-Tracking bezeichnet das Verfahren, bei dem die elektrische Belastung der Photovoltaik-Module so angepasst wird, dass die größtmögliche Leistung entnommen werden kann. Durch die unterschiedlichen Bedingungen (Sonneneinstrahlung, Verschattung) wechselt auch die Stromstärke, also es fließt eine unterschiedliche Menge an Elektronen durch die Leitung. Um hier immer die optimale Ausbeute und den geringsten Leistungsverlust sicherzustellen, passt der MPP-Tracker (Maximum-Power-Point-Tracker) seine Eingangsspannung der Solaranlage an.

Poly- oder monokristalline Solar-Module?

Bei der Auswahl deines Solarmoduls stellt sich auch immer die Frage: Sollen es poly- oder monokristalline Module werden? Für Autarkie-Fans haben sich monokristalline Module eindeutig durchgesetzt. Aufgrund des höheren Wirkungsgrades und des gefälligeren Aussehens (einfarbige Oberfläche) sind sie, vor allem bei kleineren Dachflächen, meist das Mittel der Wahl. Polykristalline Module sind etwas preiswerter, daher kommen sie vor allem bei großen Anwendungen zum Einsatz. Aber was steckt dahinter?

Beide Module werden aus Silizium hergestellt. Bei monokristallinen Modulen werden ganze Einkristalle aus der Siliziumschmelze gezogen. Wohingegen bei polykristallinen Modulen große Siliziumblöcke mit vielen kleinen Kristallen die Basis bilden. Diese vielen kleineren Kristalle sieht man dann auf den Modulen, die Oberfläche wirkt unruhiger. Vielleicht hast du dazu ein Bild im Kopf? Das sind polykristalline Module! Bei monokristallinen Modulen ist die Oberfläche einfach einfarbig und glatt.

Wirkungsgrad von Photovoltaik-Modulen

Von der Sonnenenergie, die auf eine Solarzelle trifft, kann nicht alles verwertet werden. Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel von der verfügbaren Energie in Strom umgewandelt wird. Aktuell bewegen wir uns bei Photovoltaik-Modulen um die 20 % Wirkungsgrad. Ich bin gespannt, wo die Reise hier noch hingeht.