

# Leitfaden zur Photovoltaik

Wir wollen uns hier mit dem Thema Photovoltaik auseinander setzen. Dabei wollen wir für den Laien den Inhalt so einfach wie möglich zu gestalten. Gehobene technische Ausführungen finden an anderer Stelle ihren Platz.

Bevor wir uns über einen Kauf Gedanken machen, sollten wir ein Grundverständnis über die Verschiedenen Möglichkeiten erlangen, um auch wirklich nur das zu Kaufen, was wir benötigen.

## Kurze Einführung

Unter Photovoltaik (oder Fotovoltaik) versteht man die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie mittels Solarzellen. Seit 1958 ist sie zur Energieversorgung der meisten Raumflugkörper im Einsatz.

Inzwischen wird sie auch auf der Erde zur Stromerzeugung eingesetzt und findet Anwendung auf Dachflächen, bei Parkscheinautomaten, in Taschenrechnern, an Schallschutzwänden und auf Freiflächen.

Der photoelektrische Effekt wurde bereits im Jahre 1839 von dem französischen Physiker Alexandre Edmond Becquerel entdeckt. 1876 wiesen William G. Adams und Richard E. Day diesen Effekt auch bei einem Selenkristall nach.

1905 gelang es Albert Einstein, den Photoeffekt richtig zu erklären, wofür er 1921 den Nobelpreis für Physik bekam. Nach vielen weiteren Entdeckungen und Entwicklungen gelang es dann 1954 Daryl Chapin, Calvin Fuller und Gerald Pearson, die ersten Siliziumzellen, mit Wirkungsgraden von über vier Prozent, zu produzieren, eine Zelle erreichte sogar einen Wirkungsgrad von sechs Prozent.

Die erste technische Anwendung wurde 1955 bei der Stromversorgung von Telefonverstärkern gefunden. Seit Ende der 1950er Jahre werden Photovoltaikzellen in der Satellitentechnik verwendet: Als erster Satellit mit Solarzellen startete Vanguard 1 am 17. März 1958 in die Erdumlaufbahn.

In den 1960er und 1970er Jahren führte die Nachfrage aus der Raumfahrt zu entscheidenden Fortschritten in der Entwicklung von Photovoltaikzellen.

## So funktioniert es

Die photovoltaische Energiewandlung findet mit Hilfe von Solarzellen, die zu so genannten Solarmodulen verbunden werden, in Photovoltaikanlagen statt.

Die erzeugte Elektrizität kann entweder vor Ort genutzt, in Akkumulatoren gespeichert oder in Stromnetze eingespeist werden. Bei Einspeisung der Energie in das öffentliche Stromnetz wird die von den Solarzellen erzeugte Gleichspannung von einem Wechselrichter in Wechselspannung umgewandelt.

Mitunter wird eine alleinige Energieversorgung mittels Photovoltaik in Inselsystemen realisiert. Um hier kontinuierlich Energie zur Verfügung zu stellen, muss die Energie gespeichert werden. Ein bekanntes Beispiel für akkugepufferte Inselsysteme sind z.B. Parkscheinautomaten.

## Leistung einer Photovoltaikanlage

Die Nennleistung von Photovoltaikanlagen wird häufig in Wp (Watt Peak) angegeben. „peak“ (engl. Höchstwert, Spitze) bezieht sich auf die Leistung bei Testbedingungen, nämlich 1000 Watt/m<sup>2</sup> Sonneneinstrahlung, Modul nicht heißer als 25 °C; Auf eine Modulfläche von 10 m<sup>2</sup> fällt somit

bei klarem Himmel und Sonnenhöchststand (mittags), eine maximale Strahlungsleistung von ca. 10 kW ein.

Je nach Güte eines Moduls wird aus 7 m<sup>2</sup>, teils 8 m<sup>2</sup>, bei schlechteren aus 10 m<sup>2</sup> eine elektrische Leistung von 1 kW elektrisch maximal (Peak) erzeugt, genannt 1 kWp.

Ein 1-kWp-Modul, das ca. 7 – 10 m<sup>2</sup> gross ist, kostet 2500 bis 3500 Euro und erzeugte 2008 in Südbayern 1050 kWh per annum, in München 980 kWh/a.

Die Testbedingungen dienen zur Normierung und zum Vergleich verschiedener Solarmodule. Die elektrischen Werte der Bauteile, unter diesen Bedingungen, werden in Datenblättern angegeben. Es wird bei 25 °C Modultemperatur, 1000 W/m<sup>2</sup> Bestrahlungsstärke und einer Luftmasse von 1,5 gemessen. Dies sind die Standard-Testbedingungen (meist abgekürzt STC, engl. standard test conditions), die als internationaler Standard festgelegt wurden.

Können diese Bedingungen beim Testen nicht eingehalten werden, so muss aus den gegebenen Testbedingungen die Nennleistung rechnerisch ermittelt werden. Die Bestrahlungsstärke von 1000 W/m<sup>2</sup> kommt in Mitteleuropa über ein Jahr gesehen nicht sehr häufig vor (je weiter südlich, desto häufiger). Im normalen Betrieb haben Solarzellen bei dieser Einstrahlung eine höhere Betriebstemperatur als die im Test vorgesehenen 25 °C und damit auch einen niedrigeren Wirkungsgrad.

Die zu erwartende mittlere Produktion an elektrischer Energie einer jeweils neu errichteten Anlage in Deutschland steigt seit Jahren mit Verbesserung der Technik kontinuierlich an und liegt derzeit bei sinnvoller Auslegung der Anlage bei Werten zwischen 700 und 1180 kWh pro kWp und Jahr.

Typischerweise sind die Erträge im Süden höher als im Norden, wobei selbst in Norddeutschland teilweise immer noch beachtliche Erträge generiert werden können – so hat eine Anlage in Norddeutschland 1085 kWh pro kWp im Jahr 2008 generiert.

### Was ist bei Solarmodulen zu beachten?

Wenn wir auf Qualität und Langlebigkeit Wert legen, sollten Sie beim Kauf der Solarmodule folgendes beachten:

Solarmodule werden laminiert, der Aufbau ist wie folgt:

Eine weisse Kunststoffrückseite, eine doppelseitige Klebefolie, die Wafer, wieder eine doppelseitige Klebefolie und dann das speziell gehärtete Glas.

doppelseitige Klebefolie, die Wafer, wieder eine doppelseitige Klebefolie und dann das speziell gehärtete Glas.

Diese Komponenten werden unter Druck und Temperatur miteinander gepresst. Da die Rückseite durch die Kunststoffplatte und die Front durch das Glas sehr gut geschützt ist, bilden die Kanten die Schwachstelle. Feuchtigkeit, kann in die Kapillare eintreten und bei Frost, die Platten etwas auseinander pressen. Beim nächsten Frost, wird dieser Spalt dann wieder etwas grösser, dadurch werden viele Module nach 4 bis 10 Jahren matt.

Die meisten Hersteller, kleben Ihre Solarlamine, nur in einen Rahmen von einer Seite ein. Somit sind die Kanten nicht geschützt. Hochwertige Module, haben in dem Aluminiumrahmen, eine umlaufende Sicke, bzw. ein kleines U-Profil. In dieses wird Klebemittel gespritzt und danach auf die Kante des Solarmodules gesetzt. Dies ergibt nicht nur ein wesentlich stabileres Solarmodul, sondern auch eine sehr gute Abdichtung gegen das Eindringen von Feuchtigkeit in das Laminat. Dies ist besonders bei mobilen Anwendungen wichtig, wo durch Fahrtwind der Regen, zwischen das Laminat und den Aluminiumrahmen gepresst wird.

Die Anschlussdose ist mit dem Rahmen bündig. Es sind Bypassdioden in der Anschlussdose enthalten wie auch eine PG Verschraubung, damit keine Feuchtigkeit in die Anschlussdose eindringen kann. Viele Solarmodule verfügen nicht über diese Diode und dies kann sich nachteilig auf die Ladung, bzw. dadurch entstehende Entladung auswirken. Weiterhin würde bei mehreren

Solarmodulen und einer Teilabschattung, alle Solarmodule in der Leistung reduziert.

## Grösse der Anlage

Wenn wir über eine Solaranlage für unser Eigenheim nachdenken, wollen wir uns hier in erster Linie mit dem Eigenverbrauch beschäftigen. Es gibt mittlerweile sehr viele Grossanlagen, z.B. auf Landwirtschaftlichen Betrieben, die den erzeugten Strom mittels dem Erneuerbaren Energie Gesetz (EEG) dem öffentlichen Netz zuführen. Dieser wird über einen separaten Zähler erfasst und die jeweilige Menge vergütet. Somit ist der Anlagenbetreiber als Unternehmer tätig mit all seinen Rechten und Pflichten eines Gewerbetreibenden.

Hierbei ist zu beachten, dass die Energieversorger gesetzlich verpflichtet sind, den Strom abzunehmen und zu vergüten. Uns ist allen klar, dass die Unternehmen sich das Geld wiederholen. daher haben wir auch jährlich Preisanpassungen auf unserer Stromrechnung, auch wenn wir keine eigene Grossanlage betreiben. Diese Umlage hat unter anderem dazu geführt, dass 2010 die Strompreise bis zu 8% gestiegen sind.

Um nicht weiter diese Preistreiberei zu unterstützen, können wir ein wenig entgegenwirken. Das geht zumeist nur mit Erzeugung eigener Energie oder durch massive Einsparung im Verbrauch.

Wenn wir uns eine Photovoltaikanlage zur Hausnetzeinspeisung anschaffen möchten, gibt es zunächst einige Punkte zu überdenken.

1. Welche Möglichkeit zur Südrichtung habe ich?
2. Habe ich ausreichend Aufstellfläche?
3. Soll meine Anlage frei, auf dem Dach oder auf meinem Carport montiert werden?
4. Wie gross muss die Anlage ausgelegt sein?
5. Brauche ich eine Inselanlage oder Hausnetzeinspeisung?

zu 1.

Habe ich eine optimale Ausrichtung zum Süden, oder muss mit Einbussen gerechnet werden? Bei nicht optimaler Ausrichtung können alternativ zu Monokristallinen Modulen auch Dünnschichtmodule genutzt werden. Diese bieten den Vorteil, dass sie nicht nur bei direkter Sonneneinstrahlung Leistung bringen. Oftmals sind diese Module aber etwas teurer, so dass bei kleinen Anlagen auf diesen Aufwand verzichtet werden kann.

Statt dessen werden die Module an einem andern Platz installiert, oder durch gezielte Neigung und Stellwinkelmontage optimal der Sonne ausgesetzt.

Bei kleinen Anlagen sollte der Aufstellwinkel grösser sein als die üblichen 30°. Im Sommer werden bei steilerem Winkel gute Leistungen erreicht.. Im Winter hingegen kann die tief stehende Sonne die Module besser bescheinen und auch dann noch Strom produzieren.

Ferner gibt es die Möglichkeit von Nachführsystemen und frei Aufstellbaren Montagewannen, die mit dem Sonnenstand gedreht werden können, um eine optimale Leistung zu erzielen.

zu 2.

Die zur Verfügung stehende Montagefläche ist massgeblich für die Anlagengrösse. Es müssen nicht immer ganze Dächer belegt werden, es gibt auch Hausnetz-Einspeiselösungen mit z.B. nur einem oder zwei Modulen. Bei Inselanlagen ist meist ausreichend Platz vorhanden, da die meisten Inselösungen für den Hausgebrauch recht überschaubar ausfallen.

Wenn das Dach keinen Platz bietet, oder auch vom Ansehen nicht der geeignete Ort ist, kann eine Solaranlage auch auf dem Gerätehaus, dem Carport, selbst am Balkongeländer installiert werden. Tipps dazu erhalten wir bei unserem Händler vor Ort.

zu 3.

Ob auf dem Dach, dem Carport oder als freie Aufstellung; es gibt viele Möglichkeiten und noch mehr Systeme zur Solaranlage. Die Richtige Wahl finden Sie auf unsere Webseite.

Auch hier sollte unser Grundsatz heissen: alles was ich selber montieren kann, spart bares Geld. Gerade bei Hausanlagen ist die Montage sehr einfach zu bewerkstelligen.

zu 4.

Wie gross muss meine Haussolaranlage sein?

Wenn wir uns entschliessen, eigenen Strom zu produzieren, ist jedes Watt wichtig. Es kommt nicht darauf an, dass wir eine grosse und teure Anlage montieren, die sich nur durch aufwendige Montagearbeiten und teure Finanzierungen realisieren lassen.

Selbst mit ein oder zwei Modulen können wir schon eine Menge bewirken. Wenn wir z.B. zwei Module á 220 Wp an einen Netzwechselrichter anschliessen, der direkt in unsere Hausversorgung einspeist, können so am Tage schon gut 1,8 kw/h produziert werden. Somit haben wir die Grundlast selbst erzeugt und müssen weniger vom Versorger zukaufen. Über das Jahr gesehen können da schon mal 500 Kilowattstunden weniger auf dem Zähler stehen. Abgesehen von der CO<sup>2</sup> Einsparung von über 300 kg!

Haussolaranlagen finden wir schon als komplette Bausätze zur Selbstmontage mit 5 oder 7 Modulen. Wollen wir eine Inselanlage installieren, müssen wir zunächst das Pferd anders herum aufzäumen: Wir müssen ermitteln, welcher Energiebedarf zu decken ist.

### So berechnen wir unsere Inselanlage

Die Sonne ist ein riesiges Kraftwerk mit einem gewaltigen Energiepotenzial. Sonnenenergie ist vielfältig, kostenlos und überall. Sie müssen sie nur nutzen. Ob im Freizeitbereich wie Wochenendhäuser, Jagdhütten, daheim im Gartenhaus oder als Notversorgung bei Stromausfall. Ideal auch für professionelle Anwendungen, wie z.B. Strassenbeleuchtung an Bushaltestellen oder Parkplatzausleuchtung.

Speziell für diese „Inselösungen“ halten wir eine breite Palette an interessanten Solar-Produkten. Die Entscheidung für die richtigen Produkte hängt von Ihrem Energiebedarf ab und lässt sich leicht errechnen.

Zunächst müssen Sie Ihren eigenen Energieverbrauch ermitteln. Zum Beispiel benötigt ein Fernseher ca. 45 Watt in der Stunde, das heisst, bei einem täglichen Betrieb von zwei Stunden benötigen Sie 90 Wh pro Tag. Drei LED-Lampen, 3 W, verbrauchen bei jeweils drei Stunden Lichtbetrieb 27 Wh pro Tag. Damit ergibt sich für Fernsehen und Licht ein Tagesverbrauch von 117 Wh. Zum berechneten täglichen Leistungsbedarf addieren Sie zusätzlich 30 % als Leistungsreserve.

Für die Energieernte gilt folgende Regel:

10 Stunden Tageslicht entspricht überschlagsmässig in den Sommermonaten (Mai bis September) ca. vier Stunden Maximalleistung des Solarmoduls. Das bedeutet bei einem 50 Watt Solarmodul:  
 $50 \text{ Watt} \times 4 \text{ Stunden} = 200 \text{ Wattstunden/Tag}$ .

In den Wintermonaten dürfen Sie ca. mit zwei Stunden Maximalleistung rechnen.

So bestimmen Sie Ihren individuellen Bedarf an Batteriekapazität:

Multiplizieren Sie den täglichen Gesamtbedarf Ihrer Verbraucher (Wh) mit der Anzahl an Tagen, in denen das System auch ohne Sonneneinstrahlung den Gesamtleistungsbedarf sicherstellen soll (z.B. 3 Tage Systemautonomie). Wenn Sie zu diesem errechneten Gesamtbedarf 30% Kapazitätsreserve addieren, erhalten Sie die benötigte Batteriekapazität in Wattstunden.

Teilen Sie nun diesen Wert durch die Batteriespannung (z.B. 12V) und Sie erhalten die benötigte Batteriekapazität in Amperestunden (Ah). Da die Batterie dauerhaft nur um ca. 50% entladen werden darf, multiplizieren Sie den berechneten Ah-Wert mit dem Faktor 2 und wählen Sie die passende Solarbatterie gemäss der ermittelten Kapazität aus.

**Beispielrechnung:**  
**Fernseher:**  
 $45\text{W} \times 2 \text{ Stunden/Tag} = 90 \text{ Wh/Tag}$   
**Lampen:**  
 $3 \times 3\text{W} \times 3 \text{ Stunden/Tag} = 27 \text{ Wh/Tag}$   
**Energieverbrauch pro Tag = 117 Wh/Tag**  
**Beispielrechnung Energieernte:**  
**Energieernte pro Tag (Überschlagsrechnung)**  
**z.B Solarmodul 90 Wp:**  
 $90 \text{ Watt} \times 4 \text{ Std/Tag} = 360 \text{ Wh/Tag}$   
**Beispielrechnung Energiekapazität Energieverbrauch für 3 Tage:**  
 $3 \times 117 \text{ Wh} = 351 \text{ Wh}$   
**zuzüglich 30% Kapazitätsreserve:**  
 $1,3 \times 351 \text{ Wh} = 456,3 \text{ Wh}$   
**Berechnen der Amperestunden:**  
 $456,3 \text{ Wh} : 12\text{V} = 38 \text{ Ah}$   
**Entladungsreserve**  
**38 Ah x Faktor 2 = 76 Ah ( gerundet 80Ah Batterie)**

Auch hier kann eine Anlage jederzeit erweitert werden, wenn sich der Bedarf verändert.

zu 5.

Soll es eine Hausnetzanlage oder Inselanlage sein?

#### **Inselanlage:**

Wenn wir weit ab vom Festanschluss etwas Strom benötigen, ist eine Inselanlage oft die einzige Lösung. Hierbei werden mittels Photovoltaikmodule über einen Laderegler spezielle Solarakkus geladen, die dann bei Bedarf unsere Verbraucher bedienen. Der Laderegler hat eine Schutzfunktion und Überwachungsfunktion der Akkus.

Das System kann entweder auf Niederspannung (z.B.12 oder 24V) oder Hochspannung (230V) unsere Versorger betreiben. Zu beachten ist hierbei, wie bei allen Batterielösungen, dass uns die Energie nicht unbegrenzt zur Verfügung steht und nachproduziert werden muss.

Auch Verluste sind bei dieser Art der Stromgewinnung zu verzeichnen. Einen Akku, den wir mit 100% laden, können wir dann mit ca. 65% wieder entladen. D.h. von 100 Watt erzeugtem Strom können wir dann 65 Watt verbrauchen. Der Rest geht durch hohe Innenwiderstände und Transformation, sowie Leitungsverluste verloren. Daher werden wir immer eine Reserve bei der Berechnung der Größe mit einbeziehen, die ca. 30% über der geforderten Leistung liegt.

#### **Hausnetzeinspeisung:**

Bei der Hausnetzeinspeisung haben wir einen ganz normalen Hausanschluss und beziehen unseren Strom vom Versorgungsunternehmen.

Die montierten Solarmodule (ganz gleich welche Größe) leiten den erzeugten Strom in einen Netzeinspeisewechselrichter. Diese "Kleininverter" können bis zu einer Leistung von 3600W direkt in die nächste Steckdose eingesteckt werden. Dadurch sparen wir uns zusätzliche Installationskosten durch den Elektrobetrieb.

Da der Strom immer den Weg des geringsten Widerstandes geht, wird hier zunächst der erzeugte Strom, der über die Steckdose eingespeist wird, dem nächsten Verbraucher zugeführt.

Mehrbedarf kommt hier wie bisher durch den Zähler von aussen. Somit dreht sich unser Zähler nun erheblich langsamer. Dies macht sich besonders bemerkbar, wenn wir in der Mittagszeit, wo die Sonne am intensivsten scheint, Verbraucher wie E-Herd, Geschirrspülmaschine oder Abzugshaube, aber auch Kühlschränke laufen haben.

## Beratung vor dem Kauf

Jetzt wo Sie wissen, welche Anlage Sie benötigen und vorab einige Informationen gesammelt haben, sollten Sie uns kontaktieren.

**Krieger Therm** 

Daniel Krieger  
Brunnenhöfli 4  
8855 Wangen  
Tel. +41 79 692 29 29

[www.alternativ-strom.ch](http://www.alternativ-strom.ch)

Krieger Therm GmbH