

# SOLARANLAGE FÜR JEDEN

## PHOTOVOLTAIK FÜR DEN HAUSGEBRAUCH – KONSTRUKTIV BETRACHTET

### Wachstum und kleine Anlagen

Zweifellos ist Photovoltaik eine erfolgreich gewachsene Technologie. Bei einigen Herstellern ist man der Meinung, sie sei aus den Kinderschuhen herausgewachsen <sup>1)</sup>. Aber sie hat noch Zöpfe <sup>2)</sup>, ist noch nicht ganz erwachsen, um ihre ökologischen Versprechen einzuhalten. Eines der wichtigsten ist doch, dass die Sonne für uns alle scheint und dies auch alle nutzen können. Wenn etwas wächst, verdrängt es anderes; also entsteht Konkurrenz, Wettkampf, im schlimmsten Fall Krieg. Dies ist – auch auf dem Weg zu autarker Energieversorgung – ökologisch nicht verantwortbar. Wenn nun eine „Guerilla-PV“ angeboten wird, bedenke man: Guerilla bedeutet „kleiner mörderischer Krieg aus dem Hinterhalt“ – kein Name für eine gute Sache.

Für die Solartechnik wäre das Modell Volkswagen sinnvoller. Eine technische Leistung muss für alle erschwinglich sein. Das EEG lieferte vernünftige Rahmenbedingungen zur Markteinführung, ermöglichte Massenproduktion und technische Lernprozesse für die Photovoltaik. Mit ihm hat man auf Gewinnstreben und Rendite gesetzt, um das zum Wachstum nötige Kapital zu gewinnen. Aus dem verspotteten Hobby wurde ein ernst zu nehmender Wirtschaftsfaktor. Dezentrale unabhängige Energieversorgung und Klimaschutz – die ursprünglichen Antriebskräfte – wurden im Konkurrenzkampf der fossilen gegen die Erneuerbaren für die heutigen Gesetzgeber unwichtig. So rechtfertigten sich Gegner der Erneuerbaren Energien „scheinheilig“ damit, dass z.B. Arbeitslose oder Rentner die Kosten der Energiewende bezahlen müssen, aber nicht an ihren Vorteilen teilhaben können.

In diesen Diskussionen werden die Risiken dieser ersten Investitionen verschwiegen, die durch mangelnde technische Erfahrungen und falsche Politik erhebliche Verluste verursacht haben. Hinzu kommt, dass viele Anlagen an Standorten gebaut wurden und werden, die keine optimalen Umgebungsbedingungen aufweisen; „traumhafte Gewinne“ sind ab 5 % Minderertrag gar nicht möglich. Massenproduktion ermöglichte – wie bei Computern – einen Preissturz. Wo bleiben denn nun die Volksmodule, die anschlussfertig – also als Wechsel-

strom-Solarmodule – im Baumarkt oder beim Discounter gekauft werden können und Schritt für Schritt jedem, der es will, zu seiner Solaranlage verhelfen? Ist eigentlich klar, welche Bedingungen mit diesem „gekauft werden können“ erfüllt sein müssen? Und welche Optionen zur weitergehenden Nutzung beachtet werden sollten? Diese Bedingungen sollen hier diskutiert werden.

### Modulgröße und Exportchancen

Geht unsere Solarindustrie unter, weil sie diese Marktchance hier und jetzt sowie die damit verbundenen Exportchancen nicht nutzt? Bei Export in Länder, die erst gerade in die Elektrifizierung einsteigen, in denen die Dachkonstruktionen nur geringe Tragfähigkeit haben, sind die benötigten Module kleiner als unsere bisherigen Standard-Module. Kleinere Module sind auch dort leichter zu produzieren, zu vertreiben und anzubringen. Die Fertigungsanlagen dafür zu exportieren, Module und Fabriken dafür zu finanzieren, das wird einfacher.

### Transport

Für den Kauf beim Discounter muss die Ware transportabel sein, auch im öffentlichen Verkehrsmittel, bequemer natürlich im PKW. Heutige Standard-Module sind für diesen Vertriebsweg zu groß und zu schwer. Ausreichende Robustheit für Transport und Montage erfordert gerahmte Module mit unempfindlicher Rückseite, also Glas-Glas-Module. Traggriffe an den langen Rahmenleisten erleichtern Transport und Montage. Für den Transport zu Hause muss das Modul möglicherweise durch eine enge Bodenluke. Schließlich kann auch eine Leiter als Transportweg nötig sein. Viel schwerer als 10 kg sollte ein Modul nicht sein. Wegen der selbst bei schwachen Windböen zu erwartenden Kräfte ist die Modulfläche auf einen Quadratmeter, z.B. 0,7 m x 1,4 m zu begrenzen.

### Modulleistung und Preis

Bei vier Reihen von je acht quadratischen Solarzellen mit einer Kantenlänge von 156 mm bleiben für Randstreifen und Rahmen in der Breite noch zweimal 35 mm verfügbar, in Längsrichtung etwas mehr. Damit ergibt sich eine Modul-Spitzenleistung von 120 bis voraussichtlich

etwa 200 Watt. Bei einem Preis von ca. 50 Cent/W<sub>p</sub> könnte ein Modul mit 16 Volt Gleichspannungsausgang weniger als 100 Euro kosten. Mit Modulwechselrichter und allem Montagezubehör ist ein Preis von maximal 1 Euro/Watt anzustreben. Das ist nur möglich, wenn das Produkt in hoher Stückzahl gefertigt wird.

### Modulleistung und Notstromversorgung

Um bei Netzausfall die Gefriertruhe, die Öl- oder Gasheizung und wichtigste Verbraucher weiter betreiben zu können, braucht eigentlich jedes Haus eine Notstromversorgung. Es sollte auch etwas Energie für die Kommunikationsmittel erzeugt werden können. Eine solche Notlage tritt glücklicherweise nicht oft auf. Stellt man sich eine emissionsfreie solare Notstromversorgung auf, so sollte sie mit Batterie in der Lage sein, die genannten wichtigsten Geräte wenigstens zeitweise in Betrieb zu halten. Eine Leistung von 100 bis 200 Watt genügt, wenn diese Geräte so gesteuert werden, dass sie nicht gleichzeitig volle Leistung beziehen. Die Bemessungsleistung der Module sollte mindestens viermal höher sein, da dieser Notbetrieb auch bei geringer Einstrahlung eintreten kann.

Für diese Vorsorgemaßnahme können also nach und nach einige wenige Module angeschafft werden. Diese warten aber nicht nutzlos auf den Ernstfall, sondern speisen zunächst einfach ins Wohnnetz ein und verringern die Stromrechnung. Wird gelegentlich mehr erzeugt als verbraucht, geht diese Energie als Geschenk an den Netzbetreiber. Bei Netzausfall muss eine Trennung vom Netz erfolgen, damit Leistung für das Hausnetz verfügbar ist, solange die Sonne scheint; dazu muss das auch ohne Batterie möglich gemacht werden, der Wechselrichter muss auch ohne Netz arbeiten können. Es liegt also im Interesse des Nutzers, diese Trennstelle installieren zu lassen. Um alle Sicherheitsauflagen zu erfüllen, könnte es nötig werden, den Modulwechselrichtern über ein Steuersignal die Trennung vom Netz anzuzeigen, damit sie auf Inselbetrieb umschalten. Zum unterbrechungsfreien Zuschalten, zum Synchronisieren, sollte diese Trennstelle den Wechselrichtern die nötigen Signale liefern. Damit kann im häuslichen Bereich eine gewisse

Sicherheit vor katastrophalen Auswirkungen beim Ausfall von Stromnetzen erreicht werden.

Spätestens an diesem Punkt müssten auch unsere Politiker aufwachen, sonst müsste man ihnen den Roman „Black-out – morgen ist es zu spät“ von Marc Elsberg bzw. die Studie „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung“ vom Büro für Technikfolgenabschätzung beim deutschen Bundestag als Lektüre empfehlen.

Ist das Vertrauen in die Solartechnik durch die Erfahrungen, mit Ertrag und Betriebssicherheit, der zu Anfang gekauften Module gewachsen, dann wird diese Investition entweder Schritt für Schritt erweitert oder auch gleich eine größere Solarstromanlage in Auftrag gegeben, zu der die bereits vorhandenen Module passen sollten. Sie sollten für Aufdachanlagen und Aufständerung ebenso wie für wetterfeste Integration in Dächer oder Fassaden geeignet sein. Wird aus diesen Ein-Quadratmeter-Modulen eine Anlage aufgebaut, dann ist die Ausnutzung des verfügbaren Platzes meistens besser als mit größeren Modulen. Eine Batterie mit Batteriewechselrichter, einschließlich Ladesteuerung, erweitert die Möglichkeiten zur Eigenbedarfsdeckung und zur Nutzung des selbst erzeugten Sonnenstroms.

### Montierbarkeit

Diese Module müssen als „Einmann-Modul“ handlich für die Montage sein, siehe Einmann-Bauplatten. Nuten und Bohrungen zur Montage und Transport sind fabrikmäßig gefertigt. Montagewinkel zum Einhängen an einer Balkonbrüstung, Befestigungsmaterial für Wandmontage oder auf der Dachlattung und ein Sicherungsgurt für das Modul während der Montage werden mitgeliefert.

Gut konstruierte Module werden sowohl einzeln als auch im Verbund mög-

lichst werkzeuglos montiert, nachdem zuvor die Halterungen befestigt worden sind, in welche also einfach das Modul eingehängt wird (Bild 1). Anschließend sind die Anschlüsse anzustecken. Die Einhängung sollte es ermöglichen, jedes einzelne Modul z.B. zu Wartungszwecken herauszuschwenken und herauszunehmen, damit der Wechselrichter zugänglich wird. Dann können auch Schäden an Modulen z.B. durch Feuerwerkskörper behoben werden, ohne große Teile einer Anlage abzubauen. Bei Anlagen, die ins Dach integriert werden, ist geschindelte Dachdeckung empfehlenswert, d.h. die Module überlappen sich wie Dachziegel und können Dachbewegungen problemlos ohne Verspannungen ausgleichen. Mit diesen Modulrahmen bleiben die auftretenden Stufen gering. Die Befestigung am Fuß des Rahmenprofils ist nach dem Einbau unsichtbar. Seitlich wird mit eingeschobenen Profileisten abgedichtet.

### Modulwechselrichter und Netzanschluss

Die 230 Volt Wechselspannung unseres Stromnetzes erzeugt ein Wechselrichter an jedem Modul. Er optimiert den Ertrag für jedes Modul entsprechend den Lichtverhältnissen. Verschattungen im Bereich der Teilstränge eines Moduls gleicht ein integrierter Schaltkreis mit einer Optimierungsschaltung<sup>3)</sup> aus, der zwischen den Polen der Zellenstränge statt einer Schutzdiode einlaminiert wird. Modulhersteller werden diese Innovation in ihren neuen Modulen nutzen. Neue Modulwechselrichter sollten an diese String-Optimierer angepasst sein oder auch deren Aufgabe übernehmen. Weitere Aufgaben der Wechselrichter sind die Erfassung von Leistung und Energieertrag sowie die Übertragung dieser Daten an ein Steuergerät, welches auch Ein- und Abschaltung der Wechselrichter bewirkt und wenn gefordert, Steuerbefehle des Netzbetreibers ausführt, aber nur solange die Anlage ans Netz angeschaltet ist. Wird zunächst nur ein

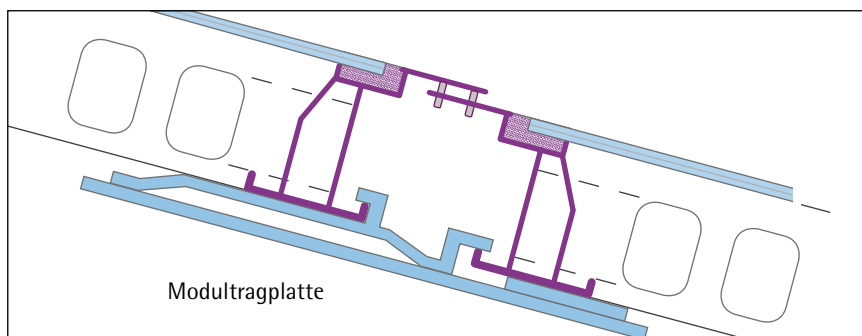


Bild 1: Die Rahmen der geschindelnd verlegten Module gewährleisten ein dichtes Dach und gute Hinterlüftung. Bündig eingeklebtes Laminat wird tauenden Schnee abrutschen lassen.

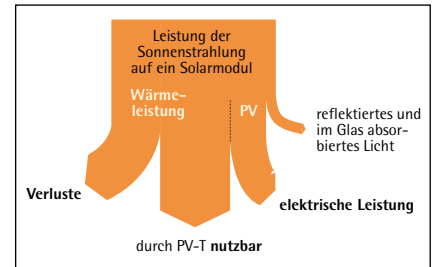


Bild 2: Die Leistungsbilanz eines Solarmoduls legt nahe, auch die Wärme zu nutzen.

einzelnes Modul beschafft, sollte es auch ohne Datenportal und Anschlussinstallation an einer Steckdose betrieben werden können. Über einen Funkbefehl – z.B. Bluetooth – von einem Rechner oder Mobiltelefon müsste es dazu freigeschaltet werden können. Die im Wechselrichter vorgesehene Sicherung gegen Diebstahl und Notabschaltung bei Wartungsarbeiten oder Feuer, die normalerweise über das Steuergerät bei Erstinbetriebnahme automatisch aktiviert wird, kann nur mit dem richtigen Passwort umgangen werden.

Es gibt einige Bedenken, dass ein Modul, das in eine Steckdose einspeist, eine Gefahr für die Sicherheit der Hausinstallation darstellt. Die Leitung zu dieser Steckdose wird ja nun von zwei Seiten gespeist. In allen direkt angeschlossenen Leitungen könnte dadurch ein Strom fließen, der größer ist als die Sicherung am Netzanschluss zulässt. Nehmen wir volle Modulleistung an, dann wird etwa 1 Ampere zusätzlich in diese Leitung eingespeist. In Hausinstallationen wird normalerweise mit 16 Ampere abgesichert, die Dauerstrombelastbarkeit für den mindestens zu verwendenden Kupfer-Leitungsquerschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> beträgt mindestens 20 Ampere. Es entsteht selbst bei zwei Modulen pro Phase kein Risiko, selbst 6 Module von ca. 200 Watt können bei Verteilung auf drei getrennt abgesicherte Stromkreise gefahrlos betrieben werden.

### Option: Anschlussdosen

Fallen die Schutzdioden in der bisher üblichen Anschlussdose weg, so gibt es keinen Grund, noch eine Anschlussdose mit den üblicherweise viel zu langen Anschlussleitungen (Bild 3) auf den Modulrückseiten anzubringen. Es genügen einfache Anschlüsse an zwei Ecken des Moduls, an denen die positiven bzw. negativen Pole der Zellenstränge enden. Diese einpoligen Steckanschlüsse werden am Modulrahmen angebracht, der Steckkräfte aufnehmen kann. Werden die Module ohne Modulwechselrichter in Anlagen in Reihe geschaltet, so sind nur wenige Zentimeter lange Leitungen zum

Nachbarmodul erforderlich. Für längere Verbindungswege sind Kabel in passender Länge zu verwenden. Die Kabelkonfektionierung mit Clix-Steckern ohne Spezialwerkzeug ist Stand der Technik. Die Modulwechselrichter sollten an entsprechender Stelle des Rahmens mit einheitlichen Anschlussmaßen so befestigt werden, dass die Rückseite des Moduls unter dem Zellenbereich frei bleibt, wie bei Bifacialmodulen. Das ermöglicht gleichmäßige Zellenkühlung und die Verlustwärme der Module zu nutzen.

### Option: Wärmenutzung

Maximal wird ca. 20 % des Sonnenlichts, das auf ein Solarmodul trifft in elektrische Leistung umgewandelt. Der Rest von etwa 70 % wird zu Wärme, während etwa 10% als reflektiertes Licht oder absorbiert in der Modulabdeckung verloren geht (Bild 2). In solarer Kraft-Wärme-Kopplung kann noch ein Teil dieser Wärme genutzt werden, diese Option PV-T sollte ein neu zu entwerfendes Modul bestmöglich zulassen. Die Wärme kann von der Rückseite des Moduls abgenommen werden, dabei sollte das Modul besser gekühlt werden als durch einfache Hinterlüftung. Das setzt die Modultemperatur herab und den Wirkungsgrad etwas herauf.

Nach vorne ist keine Wärmeisolierung vorgesehen, damit ohne Abnahme von Nutzwärme keine Überhitzung eintritt. Die Rückseite von fabrikfertigen PV-T-Modulen bildet ein Flüssigkeits-Wärmetauscher. Für unseren Fall empfehle ich als Wärmetauscher eine einfache Kapillarrohrmatte nachzurüsten. Über eine Wärmeisolierung wird sie mit Bügeln an die Modulrückseite angepresst (Bild 3). Man erhält so Niedertemperaturwärme von 30° bis zu 60°C, je nach Pumpleistung für den Glykolkreislauf zum Wärmetauscher. Als Stagnationstemperatur wurde 80°C gemessen. Dieser Wärmetauscher zeichnet sich außer durch günstige Kosten und geringes zusätzliches Gewicht dadurch aus, dass er pro Modul nur eine kleine Menge an Wärmeträger-Flüssigkeit enthält und eine geringe Trägheit bei der Erwärmung hat. Zur Wärmenutzung gehört natürlich eine entsprechende Installation und Anschluss an die vorhandene Heizung. Deshalb ist diese Option nicht für das Schnupperstadium der Solartechnik geeignet, sondern sie bleibt dem späteren Ausbau der Anlage vorbehalten.

### Option: Winterbetrieb und Rahmenprofil

Liegt Schnee auf einem Modulfeld, gibt es keinen oder fast keinen Ertrag, gerade, wenn mehr Energie benötigt wird. Zwei schonende Verfahren können



Bild 3: Wärme-isolierte Kapillarrohrmatte an der Rückseite eines Moduls. Hier schränkt die Anschlussdose mit den „Kabelzöpfen“ die für den Wärmeübergang nutzbare Fläche ein.

die Module etwas über den Gefrierpunkt erwärmen, um Schnee anzutauen, bis er abrutscht.

1. Mit PV-T-Wärmetauscher kann Wärme ins Modul eingebracht werden.
2. Speist der Wechselrichter bzw. eine Zusatzeinrichtung Strom in die Solarzellen ein, die dadurch zu Verbrauchern werden, oder in eine Heizleitung direkt am Glas über den Zwischenräumen um die Solarzellen, so kann ebenfalls abgetaut werden.

In beiden Fällen sollte der Abtauvorgang einsetzen, wenn die Sonne ihn unterstützen kann. Erfolgreiches Abrutschen des Schnees ist aber mit vernünftigem Energieaufwand – oft sogar ohne zusätzliche Energiezufuhr – nur zu erreichen, wenn der Modulrahmen (Bild 1) diesen Vorgang nicht behindert. Dazu muss das Laminat in den Rahmen bündig eingeklebt sein. Diese Forderung erfüllen bisher nur wenige Modulhersteller, obwohl es schon lange Stand der Technik ist, Fensterscheiben von Autos, Schnellbahnen und Flugzeugen bündig mit der Außenhaut dieser Verkehrsmittel zu verkleben. Die Belastungen auf den Scheiben sind dort erheblich höher als bei Solarmodulen. Bei Modulen werden bei bündig verklebten Scheiben außerdem Schmutzränder vermieden. Besseres Aussehen der Module gibt es gratis dazu. Die Funktion des Rahmens als Schutz der Glasscheiben bei Transport und Montage muss bedacht werden, deshalb sollte er seitlich bis zur Oberkante der Glasscheibe hochgezogen werden. Nur so ist die empfindliche Glaskante bei auf der Kante aufgesetztem Modul geschützt.

### Ausblick

Eine Reihe von Ansätzen, Module zu produzieren, welche einige der hier vorgestellten Gedanken verwirklichen, gibt es. Doch es fällt schwer, von den großen und schweren Modulentwürfen zurück zu handlicheren Formaten zu kommen. Viele sollten von diesem Angebot Gebrauch machen. Die gewählte Baugröße sollte genormt werden. Sie passt hoffentlich kostenmäßig, um einen persönlichen Einstieg in die Energiewende zu wagen. Handwerker, die diesen Einstieg unterstützen, dürfen hoffen, dass dem ersten Modul weitere folgen werden – wie bei den Computern, aber mit längerer Lebensdauer und hoffentlich aus unserer heimischen Produktion – verbunden mit einem Auftrag zur Installation einer größeren Anlage.

### Fußnoten

- 1) J. M. Fath im Energiedach-Magazin von Fath Solar, POWER\_3\_2013\_DE.pdf, <http://www.fath-solar.com/de/fachpartner/fachpartner-werden/downloads.html>
- 2) Siehe Bild 3: An PV-Modulen sind die langen Kabel an den Anschlussdosen überflüssig, die bisherigen Anschlussdosen ebenfalls. – Das spart, bezogen auf 5 GW<sub>p</sub> eine Windung Kabel rund um den Äquator und den Ertrag einer 12,5 MW<sub>p</sub> Solarstromanlage, außerdem die Arbeit, diese Kabellängen sicher unterzubringen.
- 3) Solar Cell Optimizer von Volterra/Maxim Integrated Inc., Photon 11,2013,S. 26

### ZUM AUTOR:

► Dr.-Ing. Wolfgang Moré  
Vorsitzender der DGS-Sektion Hamburg  
[w.more@o2mail.de](mailto:w.more@o2mail.de)

Quelle: GeoClimaDesign