



# RATGEBER PHOTOVOLTAIK



Infos und Tipps für die eigene Photovoltaikanlage.

# Inhalt

---

<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>Photovoltaik Voraussetzungen</b>	<b>5</b>
Aufstellmöglichkeiten .....	6
Standortbedingungen .....	9
Konzeption .....	13
Auslegung .....	15
Rechtsfragen „Photovoltaikanlage“ .....	17
Checkliste „Voraussetzungen“ .....	18
<b>Photovoltaik Planung</b>	<b>20</b>
Energiebedarf .....	21
Dimensionierung .....	22
Angebote einholen .....	24
Klärung Baugenehmigung .....	26
Anmeldung Netzbetreiber .....	27
Checkliste „Planung“ .....	28
<b>Photovoltaik Wirtschaftlichkeit</b>	<b>30</b>
Anschaffungskosten .....	31
Preisentwicklung Solarmodule .....	33
Betriebskosten .....	34
Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	36
Sinkende Einspeisevergütung .....	38
<b>Finanzierung und Förderung</b>	<b>41</b>
Einspeisevergütung .....	42
Solarkredite .....	44
Rechtsfragen „Förderung und Finanzierung“ ...	47
Checkliste „Förderung und Finanzierung“ .....	49

---

<b>Photovoltaik Technik</b>	<b>51</b>
Photovoltaikanlage Komponenten .....	52
Solarmodule .....	54
Wechselrichter .....	57
Stromzähler .....	59
Energiespeicher .....	61
Weitere Komponenten .....	63
Checkliste „Photovoltaik Technik“ .....	65
<b>Photovoltaik Leistung</b>	<b>68</b>
Leistungsangaben .....	69
Stromerzeugung .....	71
Einsparpotential .....	73
Leistungsbewertung .....	75
<b>Photovoltaik Installation</b>	<b>77</b>
Montage .....	78
Schneelast .....	81
Windlast .....	83
Inbetriebnahme .....	85
Brandgefahr .....	87
Checkliste „Photovoltaik Installation“ .....	89
<b>Photovoltaik Wartung</b>	<b>91</b>
Wartungsbedarf .....	92
Wartungsvertrag .....	94
Reinigung .....	95
Reperaturen .....	97
Checkliste „Photovoltaik Wartung“ .....	99
<b>Bildnachweis und Impressum</b>	<b>101</b>

# Vorwort

---

Ende 2014 sind in Deutschland insgesamt etwa 37 GWp an Solarstromleistung mit insgesamt ca. 1,5 Millionen Photovoltaik-Anlagen installiert. Dies entspricht einem Anteil von 43 % Solarstrom an insgesamt 25 % EEG-Strom. Deutschland hat sich im Rahmen der Energiewende verpflichtet, den Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch bis zum Jahr 2050 auf mindestens 80 % zu steigern. Diese Zahlen belegen, dass eine deutliche Steigerung der Installationsrate erfolgen muss, um die gesetzten Ziele auch zu erreichen.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz als Katalysator ist hauptverantwortlich für die Erfolgsgeschichte der Photovoltaik in Deutschland. Aufgrund der stark gesunkenen Einspeisevergütung besitzt es aktuell jedoch nicht mehr den hohen Stellenwert wie noch vor einigen Jahren. Während die Einspeisevergütung auf ca. 12 Cent pro Kilowattstunde gesunken ist, steigt der Strombezugspreis weiter und liegt derzeit bei ca. 28 Cent Brutto im Privathaushalt. Durch diese Situation werden heute Solarstromanlagen eigenverbrauchsorientiert, in vielen Fällen bereits mit einem Stromspeicher ausgelegt und betrieben.

Dieser Ratgeber Photovoltaik gibt einen umfassenden Überblick zu sämtlichen Aspekten der eigenen Solarstromerzeugung und ist eine hilfreiche Informationsquelle für alle, die ihre persönliche Energiewende im Strombereich angehen wollen.



Bernhard Weyres-Borchert  
DGS - Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.



# Photovoltaik Voraussetzungen

Wer eine Photovoltaikanlage plant, der benötigt zunächst einmal eine geeignete Fläche, auf der die Anlage installiert werden kann. Hier kommen verschiedene Möglichkeiten in Betracht. Ist eine mögliche Fläche gefunden, muss abgeklärt werden, ob die Standortbedingungen vor Ort einen

wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage erlauben. Danach geht es um die konkrete Planung. Wir haben im Folgenden einige beachtenswerte Punkte zu Photovoltaikanlagen zusammengestellt, so dass Sie die optimalen Möglichkeiten ausschöpfen können.

# Aufstellmöglichkeiten

Wer eine Photovoltaikanlage plant, der benötigt zunächst einmal eine geeignete Fläche, auf der die Anlage installiert werden kann. Hier kommen verschiedene Möglichkeiten in Betracht. Ein idealer Ort, um eine Photovoltaikanlage unterzubringen, sind Dächer: Die Flächen sind sowieso vorhanden, werden meist nicht oder nur teilweise für andere Zwecke genutzt und es werden durch die Photovoltaikanlage auf dem Dach keine weiteren Flächen versiegelt. Darüber hinaus „sieht“ eine Dachfläche am meisten vom Himmel und der verschattende Einfluss einer Umgebung ist aufgrund der Positionshöhe relativ gering. Welche Dächer sind nun für eine Photovoltaikanlage geeignet?



## Schrägdach

Bei den weitverbreiteten Schrägdächern finden Eigentümer ideale Bedingungen für die Installation einer Photovoltaikanlage. Mit passendem Montagezubehör können die Photovoltaikmodule auf dem Dach parallel zur Eindeckung montiert werden. Die alte Dach- eindeckung kann dabei bestehen bleiben, sie büßt auch nicht ihre Funktion als Witterungsschutz und Wärmeschutz ein. Bei großflächiger Belegung des Daches mit Modulen führt die Verschattung der darunter liegenden Dachsteine zusätzlich zu einer Verringerung der thermischen Belastung des Dachgeschosses. Bei Schrägdächern ist neben

der Aufdach-Montage aber auch die sogenannte Indach-Montage von Photovoltaikanlagen möglich. Dabei schließen die Photovoltaikmodule bündig mit der vorhandenen Dachbedeckung ab und ersetzen diese teilweise. Bei Neubauten können Photovoltaikmodule auch die Funktion des Daches übernehmen, sie bieten dann neben der Stromproduktion zusätzlich auch die Funktion des Witterungsschutzes für das Haus, man spricht hier von gebäudeintegrierter Photovoltaik. Nachteilig bei der Indachlösung sind vor allem die höheren Kosten und die um ca. 5 % geringere Ertragsausbeute im Vergleich zur Aufdachlösung.

## Flachdach

Bei einem Flachdach handelt es sich ebenfalls um eine sehr gute Aufstellmöglichkeit für Photovoltaikanlagen. Im Gegensatz zu Schrägdächern ist bei Flachdächern weder

Neigung noch Himmelsrichtung festgelegt, die optimale Orientierung der Photovoltaikmoduleanlage, kann frei gewählt werden.

### **Tipp:**

*Unabhängig ob Schrägdach oder Flachdach sollte die Dachkonstruktion von der Statik her geeignet sein, die Montage der Photovoltaikanlage zuzulassen. Die zusätzliche Last aufgrund des Gewichtes von Montagesystem und Modulen kann bis zu 20 kg/m<sup>2</sup> betragen. Hinzukommen gegebenenfalls Wind- und/oder Schnelasten, die zu berücksichtigen sind. Im Zweifelsfall sollte eine Statikprüfung erstellt werden.*

## Was tun, wenn kein eigenes Dach vorhanden ist?

Es gibt genügend Menschen, die – völlig zu Recht – von der Photovoltaik als Zukunftsenergie überzeugt sind, aber als Mieter nicht über ein

eigenes Hausdach verfügen, auf dem sie eine Photovoltaikanlage installieren könnten. Auch hier gibt es Möglichkeiten: Immer häufiger tun sich Interessenten zusammen und bilden sogenannte Betreibergesellschaften, um gemeinsam eine Photovoltaikanlage zu betreiben. Dazu werden passende Dachflächen häufig von der Kommune angemietet. Dabei sind einige Punkte rechtlicher Natur zu beachten, die zum Beispiel die Versicherung der Photovoltaikanlagen, aber auch Eintragungen in das Grundbuch betreffen. Daneben gibt es verschiedene Anbieter von sogenannten Balkon-PV-Anlagen, auch PV-Zwerge oder PV-Guerilla-Anlagen genannt. Diese bestehen aus einem oder einigen wenigen Modulen und einem Micro-Wechselrichter und ermöglichen die direkte Einspeisung von Solarstrom in das Hausnetz.

---

**Tipp:**

*Informationen zu sogenannten Bürgersolaranlagen haben viele Initiativen zusammengestellt, aus deren Erfahrungen man lernen kann.*

---



### **Freifläche**

Zur Aufstellung von größeren Photovoltaikanlagen werden auch gerne Freiflächen genutzt. Hier gibt es unter Umständen jedoch Interessenskonflikt verschiedener Gruppen. Die einen sehen Freiflächen als ideal für die Aufstellung größerer Photovoltaikanlagen an, da diese hier sehr kostengünstig realisiert werden können, sehr wartungsfreundlich sind und auch ideal ausgerichtet werden können. Andere lehnen den damit verbundenen Flächenverbrauch ab und führen

Argumente wie Landschaftsbild und Versiegelung an. Vorrangig sollten solche Freiflächen gewählt werden, die sowieso zur Verfügung stehen, da sie nicht anderweitig genutzt werden wie etwa Konversionsflächen, z.B. ehemalige Truppenübungsplätze oder belastete Flächen. Für Photovoltaikanlagen, die auf Ackerflächen aufgestellt werden, gibt es seit ein paar Jahren gar keine Einspeisevergütung mehr. Auf Konversionsflächen, wie zum Beispiel Müllhalden oder ehemals militärisch genutzte Flächen und anderen Freiflächen wie etwa Streifen neben der Autobahn erhalten ab August 2014 nur noch Anlagen mit einer Größe bis 500 kWp eine Einspeisevergütung. Diese Größe wird ab Januar 2016 weiter auf 100 kWp reduziert. Alle anderen Anlagen müssen ihren Solarstrom selbst vermarkten.

### **Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlage**

Photovoltaikanlagen können wie oben beschrieben, ins Dach integriert werden. Aber es gibt noch



mehr Möglichkeiten, Photovoltaikanlage in ein Gebäude zu integrieren. Photovoltaikmodule können auch als Fassadenbauteile oder als Vordächer und Ähnliches genutzt werden. Man spricht dann von gebäudeintegrierter Photovoltaik (BIPV = Building Integrated Pho-

toVoltaik). Photovoltaikanlagen an Fassaden oder anderen Gebäudebauteilen außer dem Dach wurden früher stärker gefördert, erhalten inzwischen aber dieselben Vergütungssätze bei der Einspeisevergütung wie Dachanlagen.

---

### **Vor- und Nachteile der Alternativen zur Aufstellung von Photovoltaikanlagen**

#### *Schrägdach*

- + keine zusätzliche Flächenversiegelung
- Abhängigkeit von Dachneigung und Ausrichtung
- eventuelle Statikprobleme

#### *Flachdach*

- + freie Wahl von Neigung und Ausrichtung
- schwierigere Montage
- eventuelle Statikprobleme

#### *Gebäudeintegrierte Photovoltaik*

- + vielfältige Designmöglichkeit
- + Doppelfunktion als Dach-oder Fassadenelement
- + zusätzlicher Schall- und Wärmeschutz
- + Kosteneinsparungen
- bei Fassadenintegration
- niedrigere Erträge (Mind. -30 %) wegen senkrechter Montage
- aufwendige Montage
- teuer

#### *Freiflächenanlagen*

- + freie Wahl bei Neigung und Ausrichtung
  - + Kostendegression durch Großanlagen
  - niedrigere oder keine (Agrarflächen) Einspeisevergütung
  - umfangreiche Genehmigungsverfahren
-

# Standortbedingungen

Ist eine mögliche Fläche gefunden, auf der die Photovoltaikanlage prinzipiell montiert beziehungsweise installiert werden könnte, muss abgeklärt werden, ob die Standortbedingungen vor Ort einen wirtschaftlichen Betrieb einer Photovoltaikanlage erlauben. Dazu müssen alle Standort-Faktoren, die den Ertrag und damit die Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlage beeinflussen, überprüft werden.

## Globalstrahlung

Als Globalstrahlung wird die solare Strahlungsmenge bezeichnet, die auf einen Quadratmeter horizontale Empfangsfläche im Laufe eines Zeitraumes – meist eines Jahres –

auftrifft. Die Globalstrahlung bildet eine wichtige Eingangsgröße für die Ertragsberechnung einer Photovoltaikanlage. Die Globalstrahlung setzt sich aus einem Anteil direkter und diffuser Sonnenstrahlung zusammen. Die direkte Sonnenstrahlung ist die solare Strahlung, die aus der Richtung der Sonne auf direktem Weg auf die Erde auftritt. Ein Teil der Sonnenstrahlung wird auf dem Weg durch die Atmosphäre gestreut (z.B. an Wolken) und erreicht nicht auf direktem Weg die Erdoberfläche. Diese diffuse Strahlung, auch Himmelsstrahlung genannt, kann bei bewölktem Himmel 100% der Globalstrahlung ausmachen. Im Jahresdurchschnitt liegt der Anteil der diffusen an der Globalstrahlung in Deutschland bei rund 50 %.

### Tipp:

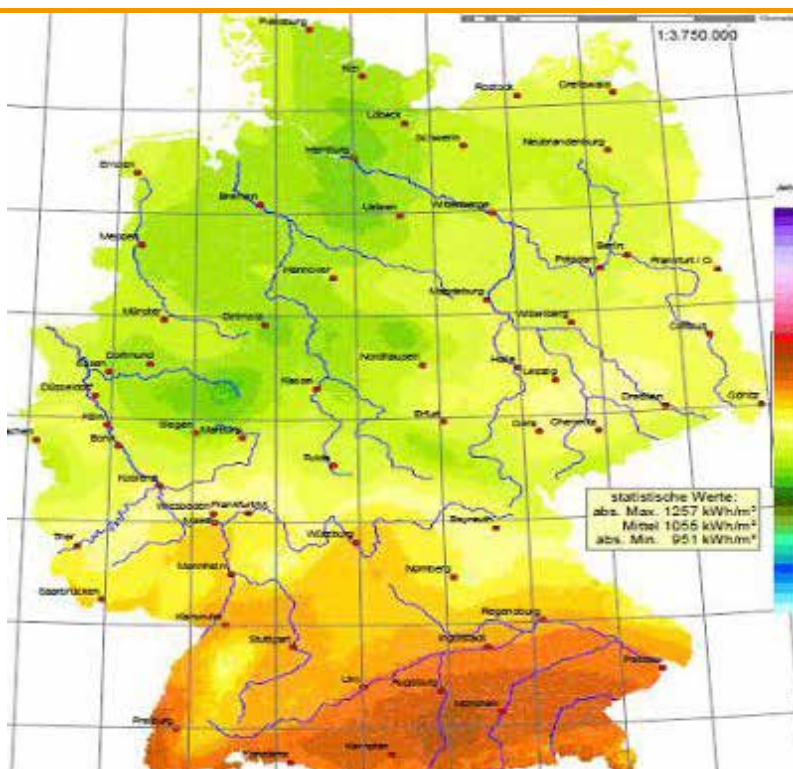
*Dünnschicht-Solarzellen besitzen zwar einen geringen Wirkungsgrad, sind jedoch besonders effizient bei der Umwandlung von diffuser Strahlung.*

## Einflussfaktoren auf die Globalstrahlung

Die Globalstrahlung ist keine Konstante, sondern abhängig von Standort, Tages- und Jahreszeit sowie vom Wetter. Sie hängt z.B. davon ab, wie hoch die Sonne steht, denn mit steigendem Sonnenstand wird der Weg durch die Atmosphäre kürzer und die Absorption und Streuung geringer. Damit ist die Globalstrahlung prinzipiell in südlicheren Breiten höher und im Sommer größer als im Winter. Auch die jeweiligen Wetterbedingungen beeinflussen die Globalstrahlung. So beträgt die Globalstrahlung bei starker Bewölkung nur einen Bruchteil der Werte bei strahlendem Sonnenschein.

## Durchschnittliche Globalstrahlung in Deutschland

Für die Planung einer Photovoltaikanlage sind die Jahressummen der Globalstrahlung eine zentrale Ausgangsgröße: Sie liegen in Deutschland durchschnittlich bei ca. 1.050 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr ( $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ ). Die Verteilung in Deutschland zeigt einen Nord-Süd-Anstieg mit regionalen Abweichungen. In Norddeutschland liegt die mittlere Globalstrahlung



lung bei etwa 900-1.000 kWh/m<sup>2</sup>\*a, in den strahlungsreichsten Regionen in Süddeutschland kann dieser Wert 1.200 kWh/m<sup>2</sup>\*a erreichen. Der Unterschied zwischen Nord- und Süddeutschland beträgt so ca. 20 %.

**Tipp:**

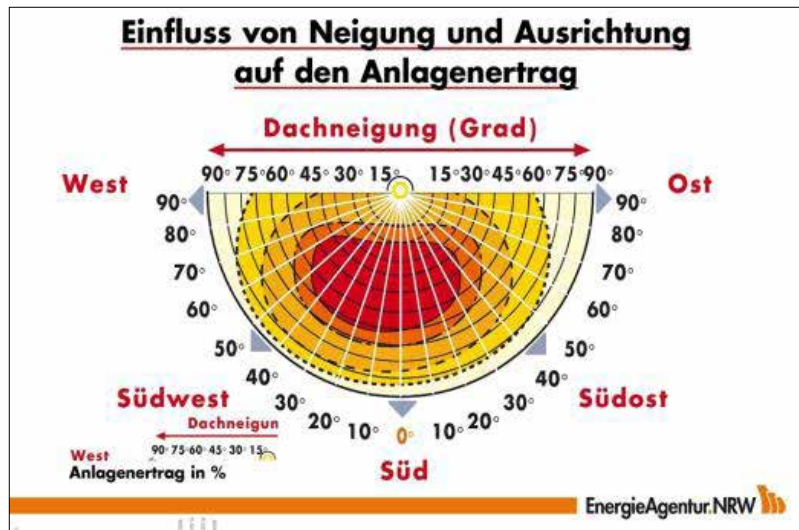
Es gibt übersichtliche Karten, die durchschnittliche Jahressummen der Globalstrahlung für Deutschland verdeutlichen, zum Beispiel auf der Website des Deutschen Wetterdienstes. Der DWD bietet mittlerweile auch kostenlose Strahlungsdaten für einen bestimmten Standort an. Ebenfalls kostenlos sind Ertragsprognosen durch das PVGIS.

**Dachneigung**

Neben dem vorhandenen Angebot an Sonnenstrahlung, durch das die mögliche Strommenge ja begrenzt wird, ist die Dachneigung ein weiterer Faktor, durch den der Ertrag der Photovoltaikanlage beeinflusst wird.

**Optimale Erträge und Neigungswinkel**

Die höchsten Erträge können in ei-



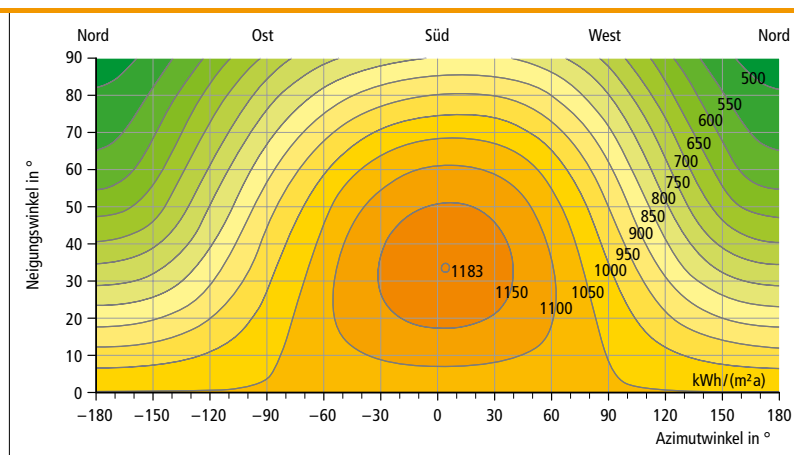
ner Solarzelle dann erzielt werden, wenn die Solarstrahlung in einem Winkel von 90 Grad, also senkrecht auf die Solarzelle trifft. Da der Sonnenstand aber im Tages- und im Jahresverlauf nie konstant bleibt, ist diese optimale Einstrahlung bei fest montierten Solarmodulen nicht permanent gegeben. Durch einachsige bzw. zweiachsige Nachführung können die Erträge verbessert werden. Aufgrund des hohen Anteils an diffuser Strahlung liegt der Ertragserhöhung bei maximal 30%.

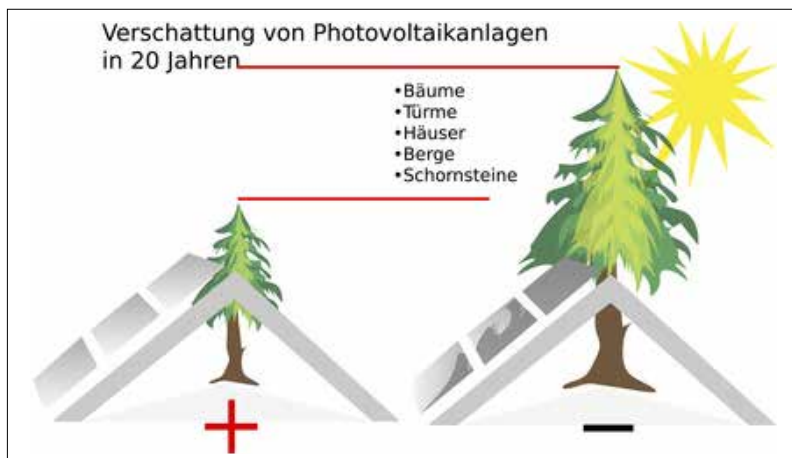
**Tipp:**

Es gibt Nachführungssysteme für Solarmodule, bei denen der Generator

ein- oder zweiachsig dem Sonnenstand nachgeführt wird. Allerdings lohnt sich die höhere Investition in unseren Breiten, insbesondere aufgrund des hohen Anteils an diffuser Strahlung, eher nicht. Der Mehrertrag, der Hierzulande erzielt werden kann, liegt bei maximal 30 %.

Es geht also darum, den optimalen Winkel zu finden, der in der Jahressumme die höchsten Erträge bringt. Für unsere Breiten liegt dieser zwischen 30 und 35 Grad. Aber auch Abweichungen von dieser optimalen Neigung um  $\pm 20^\circ$  sind als günstig anzusehen, da eine Reduzierung der Einstrahlung gegenüber dem Optimum bei maximal 5 % liegt. Die meisten Schrägdächer sind daher von ihrer Neigung her für Photovoltaikanlagen geeignet. Die Einbußen an Solarstrom, die durch flachere oder steilere Winkel entstehen, sind – bei optimaler Südausrichtung – nicht extrem groß. Je stärker allerdings von der reinen Südlage abgewichen wird, umso größer sind auch die Effekte eines suboptimalen Neigungswinkels. Die möglichen Ertragsverluste





lassen sich gut auf entsprechenden Grafiken ablesen.

### Dachausrichtung

Direkt mit der Dachneigung hängt die optimale Dachausrichtung zusammen, das heißt, in welche Himmelsrichtung das Dach zeigt. Genau wie die Dachneigung ist die Dachausrichtung ja festgelegt und kann nicht geändert werden. Lediglich bei Flachdächern können die Solarmodule im optimalen Neigungswinkel und ideal ausgerichtet aufgeständert werden.

### Optimale Dachausrichtung: Süden

Die ideale Dachausrichtung zeigt nach Süden, liegt also bei 0° Azimutwinkel (manchmal auch, z.B. in der Architektur als 180° bezeichnet). Aber die wenigsten Häuser stehen so optimal. Das macht auch nichts, denn die zu erwartenden Einbußen bei leichten Abweichungen sind gar nicht so groß. Sogar bei einer Ausrichtung nach Südwest oder Südost, also einer Abweichung von 45 Grad, liegen die Ertragseinbußen – in Abhängigkeit des Nei-

gungswinkels – bei nur 5 %. Selbst bei reiner West- oder Ostausrichtung sind noch ordentliche Erträge zu erzielen. Die Ertragsminderung gegenüber Süden liegt hier bei 20 %, was z.B. durch eine Flächenvergrößerung ausgeglichen werden kann. Hier kommt hinzu, dass beide Dachflächen (nach Osten und nach Westen) für die Photovoltaikanlage genutzt werden können.

#### Tipp:

*Der hohe Anteil an diffuser Strahlung sorgt dafür, dass auch bei suboptimaler Dachneigung und nicht idealer Südausrichtung noch ordentliche Erträge erzielt werden können.*

### Verschattung

Ein weiterer Standortfaktor, der den Ertrag der Photovoltaikanlage mit bestimmt, ist eine mögliche Verschattung. Der Faktor Verschattung wird häufig in seiner Bedeutung unterschätzt. Sind nämlich regelmäßig große Schattenwürfe zu erwarten, zum Beispiel durch Bäume oder auch durch Gebäude in der näheren Nachbarschaft, dann muss die Anlage sehr genau geplant werden. Da ein Schatten auf einem Teil der Photovoltaikanlage die gesamte Leistung des entsprechenden Strings mindert kann es durchaus sinnvoll sein, auf bestimmten Bereichen des Daches keine Module zu installieren. Aber auch kleinere Verschattungen, wie zum Beispiel durch Kamine oder durch eine Antenne, einzelne Baumäste oder eine Satellitenschüssel sollten berücksichtigt werden.

#### Tipp:

*Bei der Planung der Photovoltaikanlage muss unbedingt eine mögliche Verschattung während des gesamten Jahres geprüft werden. Im Winter*



steht die Sonne tief und es können auch niedrigere Hügel oder Gebäude in der Nachbarschaft Schatten werfen, die im Sommer gar kein Problem darstellen oder womöglich gar nicht wahrgenommen werden. Unter Um-

ständen ist eine Verschattungsanalyse sinnvoll, um eine zu erwartende Ertragsminderung zu berechnen und im Vorfeld eine Entscheidungsgrundlage zu bekommen.

---

---

**Hier noch einmal zusammenfassend alle Standortbedingungen, die bei der Planung einer Photovoltaikanlage betrachtet werden müssen:**

<i>Globalstrahlung</i>	Deutschland Durchschnitt: 1050 kWh/m <sup>2</sup> *a Norddeutschland: < 950 kWh/m <sup>2</sup> *a Süddeutschland: > 1200 kWh/m <sup>2</sup> *a
<i>Dachneigung</i>	Neigungswinkel zwischen 30° und 35° Norddeutschland: eher steiler Süddeutschland: eher flacher
<i>Dachausrichtung</i>	Optimale Ausrichtung: 0° Süden Verluste unter 5% bei Südost/Südwest Verluste ca. 20 % bei Ost/West
<i>Verschattung</i>	Verschattungen auch für verschiedene Jahreszeiten beachten; Im Zweifelsfall Verschattungsanalyse durchführen

---

Photovoltaikanlagen werden danach unterschieden, ob sie an das öffentliche Netz angeschlossen sind – und damit der produzierte Solarstrom eingespeist werden kann – oder ob die Photovoltaikanlage als sogenannte Inselanlage unabhängig vom öffentlichen Stromnetz betrieben werden.

## Inselanlage

Eine Inselanlage, auch als Off-Grid-Anlage oder Solar Home System bezeichnet, dient der autarken Stromversorgung und kann überall dort eine Stromversorgung ermöglichen, wo der Anschluss an ein öffentliches Stromnetz nicht vorhanden oder zu aufwendig bzw. zu teuer ist. Die Zielsetzung einer Inselanlage ist also, den individuellen Bedarf an Strom vor Ort selbst zu decken. Typisch sind Inselanlagen zum Beispiel in Ferienhäusern, Berghütten oder entlegenen Regionen. Häufig werden Inselanlagen auch mit anderen Stromgeneratoren, zum Beispiel Windkraft- oder Dieselsegeneratoren, ergänzt. Denn das größte Problem bei Inselanlagen ist, dass das Angebot an Sonnenenergie bzw. Solarstrom zeitlich nicht unbedingt mit der Nachfrage übereinstimmt. Gerade im Dunkeln wird ja Strom insbesondere für die Beleuchtung gebraucht, dann kann die Photovoltaikanlage aber keinen Strom liefern, hier muss auf tagsüber in Stromspeichern zwischengelager-



ten Solarstrom zugriffen werden.

## Komponenten einer Photovoltaik-Inselanlage

Aufgrund des fehlenden Netzanschlusses benötigt eine Inselanlage einen Stromspeicher. Meist werden dafür Bleiakkumulatoren eingesetzt, da diese robust sind und hinsichtlich ihrer Zyklusfestigkeit (wie oft kann geladen und entladen werden) und der Leistungsfähigkeit auf den Einsatz in der Inselanlage optimiert sind. Autobatterien sind hierfür nicht geeignet.

### Tipp:

*Auch bei Photovoltaikanlagen auf einem Wohnmobil oder auf Booten handelt es sich um eine Inselanlage.*

*Hier wird meist die sowieso bereits vorhandene Bordbatterie mit dem Solarstrom geladen.*

Zusätzlich benötigt eine Inselanlage einen sogenannten Laderegler, der die Batterien vor Tiefentladungen und Überladungen schützt. Sollen an die Inselanlage auch Geräte angeschlossen werden, die Wechselstrom benötigen, dann kommt noch ein sogenannter Insel-Wechselrichter hinzu.

## Berechnung der Anlagengröße und der benötigten Batteriegröße

Bei einer Inselanlage muss ziemlich genau abgeschätzt werden, wie viel Strom zu welchen Zeiten benötigt

wird. Schließlich kann nicht benötigter Strom nicht in das öffentliche Netz eingespeist werden. Bedarf und Leistung sollen so gut wie möglich aufeinander abgestimmt sein. Dabei geht man am besten in folgenden Schritten vor:

1. Berechnung des Strombedarfs: Alle Verbraucher (Leistungsaufnahme in Watt) und ihre mögliche Betriebszeit pro Tag abschätzen und addieren (Ergebnis in Wattstunden bzw. Kilowattstunden pro Tag). Errechneten Bedarf um 10 bis 15 % erhöhen, um Leitungsverluste oder Ladeverluste abzudecken.

**Tipp:**

*Großverbraucher wie Kühlschränke sollten eher mit Gas betrieben werden.*

2. Wattpeak: Danach Berechnung der Leistung der Photovoltaikanlage (in Watt bzw. Kilowatt) nach benötigter Arbeit (aus 1).

3. Berechnung der Batteriegröße: Tagesverbrauch (aus Schritt 1) multiplizieren mit der Anzahl der Tage, für die die Stromversorgung sichergestellt sein soll (üblicherweise 3 Tage). Zusätzlich eine Reserve einrechnen. Teilt man nun den Bedarf (in Watt- bzw. Kilowattstunden) durch die Spannung der Batterie, meist 12 V, erhält man die notwendige Kapazität (in Amperestunden). Diese muss bei Bleibatterien noch verdoppelt werden, da die Batterie dauerhaft nicht komplett entladen werden darf. Lithium-Batterien können tiefer entladen werden.

## Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen

Die meisten Photovoltaikanlagen werden als netzgekoppelte Anlagen betrieben. Sie besitzen gegenüber Inselanlagen den Vorteil, dass der Teil des erzeugten Solarstroms, der nicht direkt genutzt wird, in das öffentliche Netz eingespeist werden kann.

### Komponenten einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage:

- Solarmodule
- Montagesystem
- Gleich- und wechsellspannungsseitige Verkabelung
- Generatoranschlusskasten
- Wechselrichter
- Zwei-Richtungs-Zähler (Einspeise- und Bezugszähler)



### Berechnung der Anlagengröße für eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage

Aufgrund der stark gesunkenen Einspeisevergütung und gestiegenen Strombezugskosten werden netzgekoppelte Photovoltaikanlagen üblicherweise nicht mehr nach der zur Verfügung stehenden Dachfläche ausgelegt, sondern auf den Eigenverbrauch hin optimiert. Ein anderes Kriterium kann aber auch der gewünschte Autarkiegrad des Nutzers sein. Dieser bestimmt den Grad der Unabhängigkeit in Bezug auf zukünftige Strompreisentwicklungen.

Sind alle Punkte hinsichtlich der Möglichkeiten und Umsetzung, eine Photovoltaikanlage zu installieren, geklärt, dann geht es um die konkrete Planung. Um wiederum Angebote einholen zu können, die auch vergleichbar sind, muss die Auslegung der Photovoltaikanlage bedacht werden. Die entsprechenden Einflussfaktoren sollen hier betrachtet werden.

## Verfügbare Dachfläche

In einem ersten Schritt ist die Lage auf dem Dach und die verfügbare Montagefläche zu bestimmen. Die Größe des Daches kann aus dem Bauplan abgelesen werden, soweit dieser noch vorhanden ist. Aber erstens sind die Baupläne gerade bei älteren Häusern nicht immer vorhanden und zweitens sind auch vorhandene Baupläne bei der Angabe der Dachmaße oft genug nicht sehr genau. Sicherer ist es daher auf jeden Fall, die Dachfläche selbst auszumessen. Allerdings ist nicht jedes Dach einfach zugänglich, so kann es u.U. sinnvoll sein, mithilfe eines Lasermessgeräts die Dachfläche zu ermitteln. Die Geräte kann man ausleihen. Oder man beauftragt direkt einen Solarteur, das Dach zu vermessen. Zieht man von der vorhandenen Dachfläche nun noch verschattete Bereiche, Gauben, Fenster und Ähnliches ab, ergibt sich die maximal mögliche Montagefläche für die Photovoltaikanlage. Es ist darauf hinzuwei-

sen, dass insbesondere bei Flachdächern die sich ergebene Fläche nicht der Modulfläche entspricht. Aufgrund der Notwendigkeit einer Aufständigung kommt es zu Verschattungen der Module.

## Wirtschaftlichkeit

Ist die mögliche Anlagengröße der Photovoltaikanlage bekannt, lässt sich leicht über die Anzahl der Module ermitteln, wie viel Kilowatt peak die Photovoltaikanlage ungefähr leisten kann. Pro Kilowatt peak können bei günstiger Ausrichtung und Verschattungsfreiheit in Deutschland rund 850 bis 1.000 Kilowattstunden pro Jahr erzielt werden. Der durchschnittliche Verbrauch eines Singlehaushalts liegt bei 1.500 Kilowattstunden pro Jahr, eine vierköpfige Familie benötigt rund 4.000 kWh.

Dieser Bedarf kann also mit einer 4 bis 5 kWp-Anlage rechnerisch abgedeckt werden. Wie viele Kilowattstunden direkt genutzt werden können, hängt in erster Linie von der Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch ab. In einem berufstätigen Haushalt liegt der Eigenverbrauchsanteil erfahrungsgemäß bei ca. 30%. Der überwiegende Teil des Solarstroms wird nicht direkt genutzt und in das öffentliche Netz eingespeist und vergütet. Mit Hilfe einer Solarbatterie kann das Verhältnis von 30 % Eigenverbrauch und 70 % Netzeinspeisung umgekehrt werden.

## Tipp:

Die Leistung ist natürlich abhängig von den gewählten Modulen, zur groben Abschätzung kann man bei kristallinen Modulen von acht bis zehn Quadratmetern Fläche pro Kilowatt peak (Maßzahl für die Spitzenleistung der Anlage) ausgehen (acht Quadratmeter bei mono-, zehn Quadratmeter bei polykristallinen Modulen).

Bei einer netzgekoppelten Anlage steht heute nicht im Vordergrund, möglichst viel Solarstrom einzuspeisen, sondern selbst als Eigenverbrauch zu nutzen. Grund hierfür ist die aktuell geringe Einspeisevergütung, die weniger als die Hälfte der Strombezugskosten beträgt. Die Auslegung der Anlage hinsichtlich Größe und Ertrag wird also nicht mehr wie früher von der zur Verfügung stehenden Dachfläche und den finanziellen Mitteln begrenzt, sondern davon bestimmt, wie hoch der Stromverbrauch ist, um möglichst viel davon direkt oder mit Hilfe einer Batterie zu nutzen.

## Aktuelle Situation des EEG 2014

In der aktuellen Fassung des EEG werden für Photovoltaikanlagen unter 10 kWp weiterhin 100 % des erzeugten Solarstroms abgenommen und dafür eine Einspeisevergütung gezahlt. Auch muss für diese Anlagen keine EEG-Umlage gezahlt werden. Für Anlagen zwischen 10 kW und 1.000 kW werden jedoch nur noch 90 % der Strom-

menge vergütet. Die restlichen 10 % Strom aus der Photovoltaikanlage muss der Anlagenbetreiber selbst verbrauchen oder er muss die 10 % anders vermarkten.

---

**Für die Wirtschaftlichkeit spielen folgende Punkte eine Rolle:**

- *Verfügbare Montagefläche auf dem Dach*
  - *Stromverbrauch*
  - *Größe und damit Investitionskosten der Photovoltaikanlage*
  - *Ggfs. Kosten der Speicherbatterie*
  - *Eigenverbrauchsanteil und Anteil Netzeinspeisung*
- 

**Software zur Auslegung der Photovoltaikanlage**

Es wird schon deutlich, dass doch viele Faktoren bei der richtigen Auslegung und Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlage eine Rolle spielen und die Planung eine durchaus



komplexe Angelegenheit ist. Will man es genauer als mit Faustformeln wissen, können Photovoltaikrechner bzw. Simulationsprogramme zu Hilfe genommen werden. Ein solches Programm berechnet aufgrund der eingegebenen Rahmenparameter, ob mit den vorhandenen Möglichkeiten eine Photovoltaikanlage wirtschaftlich betrieben werden kann. Informationen zur optimalen Auslegung

der Komponenten der Photovoltaikanlage sind unter dem Stichwort Technik zu finden.

---

**Tipp:**

*Software zur Ertragsberechnung von Photovoltaikanlagen: Eine gute Übersicht findet man auf [solarserver.de](http://solarserver.de) oder auf [fiz-karlsruhe.de](http://fiz-karlsruhe.de)*

---

# Rechtsfragen „Photovoltaikanlage“

Soll eine Photovoltaikanlage installiert werden, dann geht es auch immer um einige rechtliche Aspekte. Hier ein kurzer Blick auf die aktuelle rechtliche Situation.

## Baugenehmigung

Es handelt sich bei Photovoltaikanlagen grundsätzlich um Anlagen, die dem Baurecht entsprechen müssen. Da Baurecht Ländersache ist, müssen sich Interessenten in ihrem Bundesland erkundigen, wie die Vorschriften geregelt sind. In den meisten Bundesländern ist für Photovoltaikanlagen, die auf Gebäudedächern installiert werden, keine Baugenehmigung erforderlich. Der Bauherr ist dafür verantwortlich, dass die Solaranlage dem Baurecht entspricht, es wird nicht durch die Behörden überprüft. Anders sieht es jedoch für größere Photovoltaikanlagen aus, die auf Freiflächen aufgestellt werden. Für die ist in fast allen Bundesländern eine Baugenehmigung für Anlagen gefragt, die eine festgelegte Größe überschreiten (meistens neun Meter Länge und drei Meter Höhe). Auch Photovoltaikanlagen, die auf Gebäuden mit Denkmalschutz er-

richtet werden sollen, benötigen fast immer eine Baugenehmigung.

### **Tipp:**

*Um jeden Zweifel auszuräumen, sollte man sich vor Beginn bei der Kommune oder dem Land über die jeweils geltenden Vorschriften erkundigen.*

## Weitere Rechtsfragen

Darüber hinaus sind einige andere rechtliche Aspekte zu beachten. Neben dem Erneuerbare Energien Gesetz als Grundlage für die Förderung der Photovoltaik geht es auch um weitere Fragen, die sich ergeben hinsichtlich:

1. der Finanzierung der eigenen Photovoltaikanlage,
  2. der steuerlichen Einordnung der Einnahmen durch die Photovoltaikanlage oder
  3. der Gewährleistung bzw. der Produkt-/Leistungs-Garantien, die Hersteller von Modulen oder Wechselrichter geben oder
  4. der Rechtssicherheit der zwanzigjährigen Bindung der Einspeisevergütung.
- Diese Punkte werden unter den jeweiligen Themengebieten direkt erörtert.



# Checkliste „Voraussetzungen“

---

Alle Punkte, die hinsichtlich der Errichtung einer Photovoltaikanlage zu berücksichtigen sind, sind hier noch einmal in der Checkliste zum Abhaken zusammengefasst.



---

## Aufstellmöglichkeiten für eine Photovoltaikanlage

- *Ist das Dach Eigentum?* – Die einfachste Möglichkeit, wenn eine Photovoltaikanlage geplant wird. Auch bei der Finanzierung interessant, da dann leichter ein Kredit bewilligt wird.
- *Wenn nicht: Gibt es ein Dach, das gemietet/gepachtet werden kann?* – Vielleicht bieten ja die Eltern die Möglichkeit, auf ihrem Dach eine Anlage zu installieren.  
*Tip: Es gibt auch Dachbörsen, die passende Dächer vermitteln. Achtung: Verträge am besten von spezialisiertem Rechtsanwalt überprüfen lassen!*
- *Gibt es andere Interessierte oder eine Initiative, mit denen man eine Bürgergesellschaft gründen kann?* – Informationen bieten neben dem Internet zum Beispiel die Gemeinde, Schwarze Bretter oder Inserate.
- *Ist das Dach von der Statik her geeignet?* – Die Installation von Modulen stellt für Schrägdächer in der Regel keine hohe zusätzliche Belastung dar, die eine Verstärkung der Dachkonstruktion notwendig macht, da die Module dachparallel montiert werden und kaum Windkräfte angreifen. Bei z.B. auf Flachdächern aufgeständerten Modulen müssen die aufgrund der Windlasten notwendigen Zusatzgewichte berücksichtigt werden und können im Einzelfall zu einer derart hohen zusätzlichen Belastung führen, welche eine Verstärkung notwendig macht.
- *Ist sowieso neue Dacheindeckung notwendig?* – Das ist ein günstiger Zeitpunkt, über eine Photovoltaikanlage nachzudenken. Eventuell bietet sich dann auch die Möglichkeit, die Photovoltaikanlage ins Dach zu integrieren. Damit wird die Solaranlage optisch ansprechender, da sie nicht so stark „aufträgt“. Hierbei ist allerdings trotz Kostenersparnis der konventionellen Dachdeckung mit insgesamt höheren Kosten zu rechnen.

---

## Standortbedingungen für eine Photovoltaikanlage

- *Wie hoch ist die Globalstrahlung vor Ort?* – Da eine Solarstromanlage die Sonnenenergie zu etwa 10 % in Strom umwandelt, spielt die Höhe der Globalstrahlung am Standort für eine Ertragsabschätzung die zentrale Rolle.
- *Welche Dachneigung?* – Der optimale Neigungswinkel liegt zwischen 30 und 50 Grad und hängt von der Ausrichtung des Daches ab. Je stärker die

Dachausrichtung von Süden abweicht, um so vorteilhafter ist auch eine geringere Neigung.

- *Welche Ausrichtung?* – Optimale Himmelsrichtung ist Süden, aber auch Dächer, die nach Ost oder West abweichen, können ausreichend gute Erträge bringen. Gegenüber einem Süddach ist der Ertrag ca. 20 % geringer.
- *Müssen Verschattungen beachtet werden?* – Verschattungen sind oft Ursache für den Minderertrag der Anlage und sollten unbedingt vermieden werden. Manche Verschattungen treten nur im Winter auf, bei der Planung also auch den niedrigsten Sonnenstand im Auge behalten. Bäume wachsen zwar nicht in den Himmel, aber ein gesundes Wachstum ist auch hier zu berücksichtigen.

---

---

### **Konzeption einer Photovoltaikanlage**

- *Photovoltaikanlage soll als Inselanlage Ferienhaus/-hütte versorgen?* – Wenn ja, dann bei Auslegung entsprechenden Bedarf berücksichtigen und Speicher groß genug für drei Tage auslegen!
- *Photovoltaikanlage zur Einspeisung ins öffentliche Netz?* – Netzgekoppelte Anlagen können zusätzlich auch mit einem Stromspeicher ausgestattet werden. Das kann dabei helfen, den Anteil an Eigenverbrauch zu erhöhen.

---

---

### **Auslegung der Photovoltaikanlage**

- *Wie groß ist die zur Verfügung stehende Dachfläche?* – Ungefähre Breite mal Höhe abschätzen, abzgl. Dauchauf- und einbauten. Kann auch anhand der Anzahl der Dachziegel geschätzt werden.
- *Wie hoch ist der Stromverbrauch?* – Nicht nur den jetzigen Zustand bedenken. Auch zukünftige Entwicklungen sollten bedacht werden, etwa ob es Familienzuwachs gibt.
- *Ist die Wirtschaftlichkeit gesichert?* – Entweder über den Solarteur oder über Wirtschaftlichkeitsrechner abschätzen, wie viel die Photovoltaikanlage jährlich an Ertrag bringt. Dann kann abgeschätzt werden, wie viel sie kosten darf. Liegen bereits Preise vor, wird so leicht gesehen, ob sie okay sind.

---

---

### **Rechtliches**

- *Muss eine Baugenehmigung beantragt werden?* – Meist zwar nicht, aber Punkte wie Denkmalschutz, Milieuschutz, Bebauungspläne, reine Wohngebiete und gewerbliche Nutzung müssen geklärt werden. Das ist nicht in allen Bundesländern gleich geregelt. Auskunft bei der Kommune.



# Photovoltaik Planung

Der erste Schritt der Planung einer Photovoltaikanlage besteht darin, den Energiebedarf zu ermitteln. Ein ganz wesentlicher Punkt bei der Planung der

Photovoltaikanlage betrifft deren sinnvolle Größe. Aber auch viele andere Punkte sollten bei der Planung einer Photovoltaikanlage berücksichtigt werden.

# Energiebedarf

Der erste Schritt der Planung einer Photovoltaikanlage geht darum, den eigentlichen Energiebedarf abzuschätzen.

## Einspeisung netzgekoppelte Anlagen

Bislang war der Energiebedarf im Haus für netzgekoppelte Photovoltaikanlagen jedoch zweitrangig. Schließlich konnte der gesamte von der Anlage erzeugte Solarstrom ins öffentliche Netz eingespeist und die Einspeisevergütung kassiert werden. Mit weiterem Absenken der Vergütungssätze und gleichzeitigem Anstieg der Strompreise wird der Eigenverbrauch solar erzeugten Stroms zunehmend interessanter.

## EEG-Umlage und Eigenverbrauch

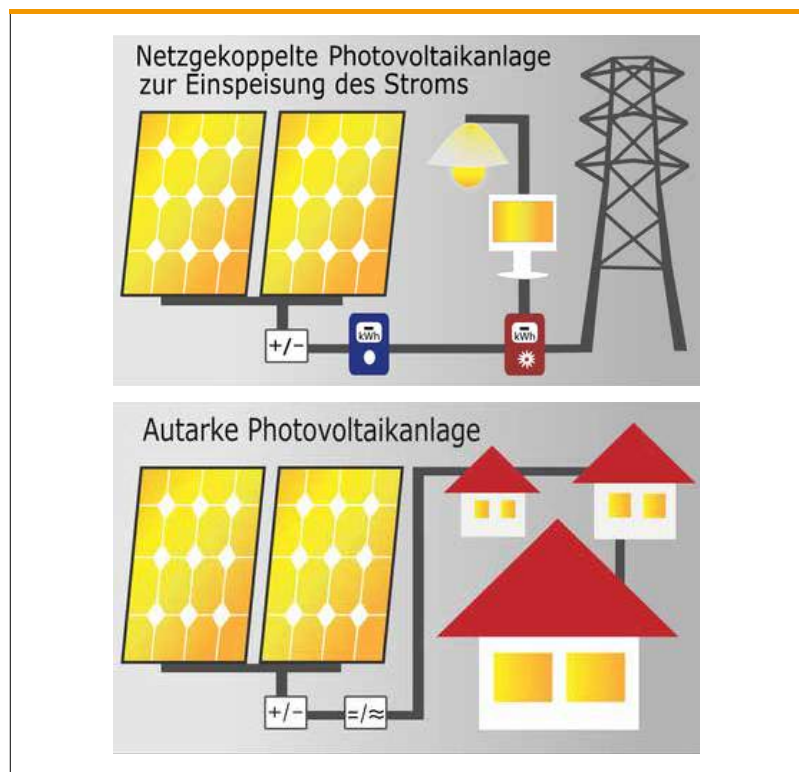
Mit der Novelle des EEG 2014 wurde beschlossen, dass für den selbst verbrauchten Strom eine anteilige EEG-Umlage fällig wird, die von zuerst 30 % der dann gültigen EEG-Umlage auf 40 % im Jahr 2017 steigt. Allerdings sind Anlagen bis 10 kWp hiervon ausgenommen. Die Planung einer Solarstromanlage wird heute im Wesentlichen vom

Eigenverbrauch beeinflusst und dazu sollte bekannt sein, wie hoch der jährliche Durchschnittsverbrauch an Strom ist. Das ist leicht an bisherigen Jahresabrechnungen des Energieversorgers abzulesen.

## Inselanlagen

Bei der Planung einer Inselanlage ist dagegen die Ermittlung der einzelnen Energieverbraucher und die Dauer des einzelnen Verbrauchs wichtig. Hier nutzt eine im Vergleich

zur Leistungsaufnahme der Geräte zu große Photovoltaikanlage wenig, wenn nicht ein entsprechender Stromspeicher zum Einsatz kommt. Daher sollten die Verbrauchswerte der durchschnittlich angeschlossenen Verbraucher (von Radio über Glühlampen bis zum Kühlschrank oder Ladegeräte für das Handy) und die Dauer ziemlich genau abgeschätzt werden. Danach richtet sich nicht nur die Größe der Photovoltaikanlage, sondern auch die des Energiespeichers, der Solarbatterie.



# Dimensionierung

Ein ganz wesentlicher Punkt bei der Planung der Photovoltaikanlage betrifft natürlich deren Größe bzw. Leistung. Dabei geht es letztlich um die Eigenverbrauchsoptimierung: In den meisten Fällen soll entsprechend dem jährlichen Verbrauch so viel Solarstrom produziert werden, so dass ggf. mit einer Batterieerweiterung ein möglichst hoher Autarkiegrad erreicht werden kann.



## Dachfläche

Aber unabhängig von der genannten Fragestellung geht es zunächst um die Dachfläche, die für die Photovoltaikanlage zur Verfügung steht. Denn die mögliche Dachfläche bestimmt, wie viel Solarmodule und damit welche Leistung maximal installiert werden können. Der erste Schritt ist also eine Betrachtung und Ausmessung der Dachfläche und die Analyse, ob das Dach für die Solaranlage geeignet ist. Hierbei geht es bekanntermaßen um Ausrichtung, Dachneigung und vor allem auch mögliche Verschattungen. Aber auch die Größe und Form des Daches mit Gauben oder Einschnitten, die Lage des Schornsteins oder von Antennen und Satellitenschüsseln müssen berücksichtigt werden, da sie die zur Verfügung stehende Montagefläche bestimmen.

## Berechnung der Größe des Daches

Wenn man Glück hat, gibt es Bau-

pläne, aus denen die genauen Maße für das Dach hervorgehen.

### Tipp:

*Baupläne sind nicht immer exakt. Gerade bei älteren Gebäuden kann sich einiges verändert haben durch Dachsanierungen, neue Fenster etc.*

Wenn es keine Baupläne mehr gibt oder diese nicht mehr stimmen, kann man gut über Auszählen der Dachziegel die Größe bestimmen. Einfach einen Ziegel ausmessen, zum Beispiel aus dem Dachfenster heraus (oder aus den Produktunterlagen herauslesen), und dann von einem geeigneten Standpunkt aus die Anzahl der Reihen und Zeilen an Ziegeln zählen, mit der jeweiligen Einzelgröße multiplizieren und so die Dachgröße insgesamt ermitteln.

### Tipp:

*Darauf achten, auch hier Verschattungen durch Gauben oder Ähnliches von der Fläche wieder abzuziehen!*

Eine weitere Möglichkeit besteht bei Flachdächern über Google Earth, hier kann man mit Hilfe eines Lineals die Flächen berechnen.

## Erzielbare Leistung

Steht die Fläche des Daches fest, kann bei Schrägdächern relativ einfach berechnet werden, wie viele Module einer bestimmten Größe/Leistung auf dem Dach Platz finden. Dazu fertigt man am besten eine Zeichnung des Daches an und rechnet dann aus, wie viele Module, die es ja in verschiedenen Abmessungen gibt, auf die Fläche passen. Module können in Quer- oder Längsrichtung montiert werden, die Anzahl der Module, die installiert werden kann, kann sich dadurch erheblich ändern.

### Tipp:

*Größere Module benötigen später weniger Installationspunkte und sind preiswerter bei der Montage, die Va-*



*riationsmöglichkeiten bei der Anordnung sind aber geringer.*

Bei der Planung muss aber auch beachtet werden, dass bestimmte Abstände zwischen den Modulen und zum Rand des Daches hin eingehalten werden müssen. Überschlagsmäßig kann man davon ausgehen, dass je nach Modulart für ein Kilowatt peak zwischen acht (monokristalline Module) bis zu 16 Quadratmeter (Dünnschichtmodule) Dachfläche (Schrägdach) benötigt werden. Auf einem Flachdach muss aufgrund der verschattungsbedingten Reihenabstände mit einem deutlich höheren Flächenbedarf

(mindestens doppelt) gerechnet werden. So kann man die auf einem Schrägdach maximal installierbare Leistung also mit folgenden Informationen berechnen:

1. Größe der zur Verfügung stehenden Montagefläche
2. Anzahl der Module
3. Leistung der Module

Für ein Flachdach muss aufgrund gegenseitiger Verschattung der einzelnen Modulreihen mit einem Abschlag von mindestens 50 % gerechnet werden.

## Auswahl der passenden Module

Die Auswahl der passenden Module hängt mit der Frage zusammen wie viel Leistung auf der zur Verfügung stehenden Dachfläche untergebracht werden soll. Hier lässt sich die Dachfläche unter Umständen optimal mit kleineren Modulen ausnutzen. Mono- und Polykristalline Module bringen den höchsten Ertrag. Ist die zur Verfügung stehende Dachfläche vergleichsweise klein, dann bietet sich diese Zelltechnik an. Der Flächenbedarf bei monokristallinen Modulen beträgt ca. 8 m<sup>2</sup> pro kWp, bei polykristallinen Modulen ca. 10 m<sup>2</sup>/kWp. In der Regel erhält man von einem Fachbetrieb im Rahmen des Angebots einen Vorschlag für die Dachbelegung mit den offerierten Modulen und der sich aus deren Anzahl ergebenden Generatorleistung. Wer besonderen Wert auf „Made in Germany“ legt, sollte bei der Auswahl der Module einen deutschen Hersteller wählen. Die Auswahl ist aufgrund zahlreicher Insolvenzen zwar kleiner geworden, aber einige Firmen sind noch am Markt.

# Angebote einholen

Ist die Entscheidung für eine Photovoltaikanlage gefallen, geht es darum, einen Betrieb zu finden, der die Photovoltaikanlage plant, liefert, montiert und in Betrieb nimmt. Die ersten Schritte sind ja schon damit getan, dass der zukünftige Betreiber sich gut informiert hat. Womöglich ist auch schon eine Entscheidung gefallen, ob die Anlage mit oder ohne einem Stromspeicher installiert werden soll.

## Suche nach dem richtigen Solarfachbetrieb

Dann geht es um den nächsten Schritt, den Solarfachbetrieb zu finden, der letztlich den Auftrag erhalten soll. Und da gibt es einiges zu beachten, denn in der Photovoltaik finden sich genauso gute oder mittelmäßige (und leider auch schlechte) Installateure, wie in jedem anderen Bereich.

## Empfehlungen/ Messen/Anzeigen

Am einfachsten ist es natürlich, wenn in der Wohngegend lebende Freunde oder Nachbarn schon eine Photovoltaikanlage haben, zufrieden sind und ihren Handwerker weiterempfehlen – oder auch nicht. Grundsätzlich wichtig ist, dass ein regionaler Handwerksbetrieb ausgewählt wird. Weitere Informationsquellen können regionale Bau-, Solar- oder Energiemessen sein. Häufig hat auch die Regionalzei-

tung mal ein Schwerpunkt-Thema (Sonnen-)Energie, einfach hier auf Anzeigen von Solarfirmen achten. Schließlich gibt es auch in den entsprechenden Fachzeitschriften Werbeanzeigen oder Adressen von Solarfachbetrieben, oft nach Postleitzahl geordnet.

## Suche im Internet

Den richtigen Solarfachbetrieb kann man auch online suchen, es gibt die Möglichkeit, auf unserer Webseite anhand der Postleitzahl eine Umkreissuche zu starten. Da werden dann die Daten der geplanten Anlage angegeben, die an die angeschlossenen Betriebe weitergeleitet werden. Diese können dann ein Angebot abgeben (und in der Regel tun sie das auch). Wichtig ist auf jeden Fall, dass der Zuschlag für einen Handwerker nicht allein aufgrund eines „Blindangebotes“ erfolgt, d.h. ein Vor-Ort Termin (der natürlich nur für ein

Bestandsgebäude Sinn macht) ist für eine seriöse Kalkulation der Kosten notwendig. Außerdem gibt es Firmenverzeichnisse im Internet, hier kann man die Solarfachbetriebe aus der Region aussuchen und Kontakt aufnehmen. Sinnvoll kann es auf jeden Fall immer sein, sich Referenzobjekte nennen zu lassen. Ist der Betrieb dazu nicht bereit, dann ist das nicht unbedingt ein gutes Zeichen.

### Tipp:

*Ein erfahrener Solarfachbetrieb aus der Region sollte es schon sein. Er ist leichter ansprechbar, vor Ort und auch später für Fragen noch verfügbar. Mit unserem Solar-Fachbetriebsfinder ist die Suche kinderleicht.*

## Woran erkennt man einen guten Solarfachbetrieb?

Für Laien, und das sind die meisten Anlagenbetreiber nun einmal, ist



das gar nicht so einfach. Aber es gibt ein paar Verhaltensweisen oder Fakten, die darauf schließen lassen, dass der jeweilige Installateur weiß, was er tut.

1. Der Solarfachbetrieb nimmt das Dach und den Hausanschluss persönlich in Augenschein und erstellt erst dann ein Angebot.

2. Er geht auch flexibel auf Wünsche hinsichtlich bestimmter Module ein und besteht nicht auf einem bestimmten Produkt.

3. Er setzt einen nicht unter Zeitdruck, weder mit Hinweis auf Lieferfristen noch auf die sinkende Einspeisevergütung.

4. Er offeriert ein Angebot, in dem die einzelnen Positionen aufgeführt sind und nicht pauschal von einem Stück PV-Anlage gesprochen wird.

5. Und er erstellt aufgrund realistischer Annahmen eine Ertragsprognose, die ungefähr mit dem übereinstimmt, was man selbst schon über Solarrechner oder Ähnliches abgeschätzt hat.

6. Genaue Angaben zur Anmeldung der Anlage, Inbetriebnahme, Genehmigungen etc. teilt der Solarfachbetrieb mit, Verschaltungspläne usw. werden offengelegt.

---

**Tipp:**

*Mit weniger als zwei Angeboten sollte man sich auf keinen Fall zufriedengeben. Eher drei oder vier Angebote von Solarteuren sind sinnvoll!*

---

### Vergleich von Angeboten

Nun liegen nach einer gewissen Zeit Angebote der Solarfachbetriebe des Vertrauens vor. Aber nach welchen Kriterien genau soll man Angebote vergleichen? Und sind die Angebote überhaupt vergleichbar? Keine gute Idee ist es, lediglich auf den Preis zu schauen, das billigste Angebot zu wählen und Ende. Hat man dem Solarfachbetrieb klar erläutert, was man erwartet, dann besteht durchaus die Hoffnung, dass die Angebote recht gut verglichen werden können, auch wenn verschiedene Hersteller bei Modulen, Wechselrichtern, Montage, Verkabelung, Blitzschutz etc. auftauchen. Genau vergleichen kann man (wenn die Datenblätter dem Angebot beiliegen):

1. Module: Welcher Wirkungsgrad, welche Nennleistung, welche Performance Ratio, wie groß ist die Leistungstoleranz, wie sieht es mit Garantie und Gewährleistung aus?

2. Wechselrichter: Welcher Wirkungsgrad, welche Nennleistung,

welche Extras (Datenlogger, Anlagenüberwachung), Garantiezeiten?

3. Leitungen: Querschnitt, Verluste, Länge (gilt für DC- und AC-Leitung).

4. Wie optimal ist die Dachbelegung? Vielleicht könnte über eine andere Belegung eine höhere Anlagenleistung erzielt werden?

5. Preis: Ja, natürlich ist der auch ein Auswahlkriterium. Klar, dass No-Name Produkte meist billiger sind, aber jeder möge bedenken: Die Photovoltaikanlage soll mindestens 25 Jahre auf dem Dach bleiben und ordentlich Solarstrom produzieren. Da ist der Anschaffungspreis dann eben nur ein Merkmal unter anderen. Sinnvoll ist es, sich den Preis pro Kilowatt peak (netto) der verschiedenen Angebote nennen zu lassen (oder selbst zu berechnen), denn der kann sinnvoll für einen Vergleich herangezogen werden.

---

**Tipp:**

*Die DGS bietet einen Angebotsvergleich im Ein- und Zweifamilienhausbereich an ([www.dgs.de](http://www.dgs.de) -> Service -> Angebotscheck).*

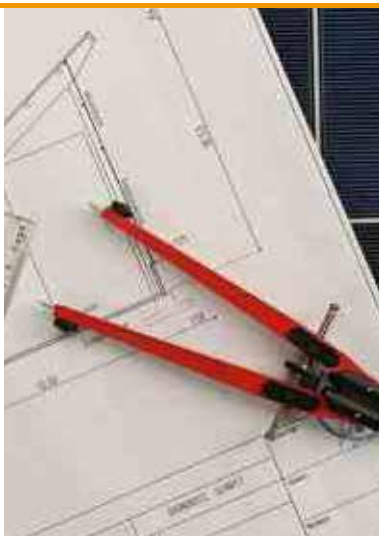
---

# Klärung Baugenehmigung

Der Entschluss für eine Photovoltaikanlage steht, Erträge und Preise wurden abgeschätzt, die Wirtschaftlichkeit ist attraktiv genug. Dann gibt es noch einen Punkt, den manche beinahe vergessen: Wie sieht es mit der Baugenehmigung für die Photovoltaikanlage aus?

## Baugenehmigung im Allgemeinen nicht nötig

Eigentlich heißt es immer, dass Baugenehmigungen für Photovoltaikanlagen auf Dächern oder an den Fassaden privater Häuser nicht notwendig sind. Berichte in den Medien haben aber so manchen Bauherrn aufgeschreckt. Deshalb ganz



einfach der Ratschlag: Es ist am leichtesten, sich vor Auftragsvergabe bei der Gemeinde zu erkundigen, wie es mit einer Genehmigung aussieht. Normalerweise sind die Solarfachbetriebe auch über die Gepflogenheit vor Ort informiert.

## Baurecht ist in Deutschland Ländersache

Vereinfacht wird die ganze Angelegenheit dadurch nicht gerade, aber in Deutschland regeln die Landesbauordnungen die entsprechenden Vorschriften. 16 Bundesländer – 16 Landesbauordnungen.

Für sogenannte „gebäudeunabhängige“ Photovoltaikanlagen müssen die Betreiber aber ab einer bestimmten Größe eine Baugenehmigung einhalten. In fast allen Bundesländern gilt dabei eine Höhe von 3 Metern und eine Länge von 9 Metern als genehmigungspflichtig.

### **Tipp:**

*Vorsicht bei Denkmälern – egal ob Kultur- oder Naturdenkmäler – hier sollte auf jeden Fall eine Genehmigung eingeholt werden.*

Auch für Häuser in der Nähe von denkmalgeschützten Objekten kann es notwendig sein, sich um

eine Baugenehmigung zu kümmern. Ähnliches gilt für den sogenannten Ensembleschutz, eine abgeschwächte „Variante“ des Denkmalschutzes, der für Häusergruppen oder ganze Viertel gelten kann. In Brandenburg werden zum Beispiel auch für auf Flachdächern aufgeständerte Photovoltaikanlagen, die eine Größe von zehn Quadratmeter überschreiten, eine Baugenehmigung erforderlich. Und außerdem gilt in einigen Bundesländern, dass die Bebauungspläne der jeweiligen Kommunen unter Umständen eine Genehmigungspflicht für eine Photovoltaikanlage verlangen können.

Fälle in Bremen und in Nordrhein-Westfalen sind durch die Medien publik geworden. Besonders einfach ist es übrigens in Baden-Württemberg: Hier sind Photovoltaikanlagen auf dem eigenen Dach grundsätzlich genehmigungsfrei. Aber Vorsicht: Auch hier gilt, wie in anderen Bundesländern, dass auf fremden Dächern installierte Photovoltaikanlagen als gewerbliche Nutzung gelten und dann wiederum muss eine Baugenehmigung eingeholt werden.

# Anmeldung Netzbetreiber

Wenn eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage installiert wird, dann muss die Anlage angemeldet werden. Und zwar sowohl bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) als auch beim jeweiligen Netzbetreiber.

## Anmeldung der Anlage bei der Bundesnetzagentur

Nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) müssen die Betreiber von Photovoltaikanlagen diese anmelden. In § 17 Abs. 2 EEG ist dies klar geregelt. Es müssen alle Anlagen bei der Bundesnetzagentur angemeldet werden, für die eine Einspeisevergütung beansprucht wird. Laut § 33b EEG gilt die Anmeldepflicht auch für solche Photovoltaikanlagen, deren Strom direkt vermarktet wird (wenn der Strom zum Beispiel an Mieter im eigenen Haus verkauft wird). Auch bei Erweiterungen bestehender Anlagen müssen diese Erweiterungen gemeldet werden. Die Anmeldung der Photovoltaikanlage kann über das Portal der Bundesnetzagentur im Internet erfolgen. Seit 2011 ist das der einzige Weg, seine PV-Anlage bei der Bundesnetzagentur anzumelden.

## Wer, Was und Wann

Einzig der Anlagenbetreiber selbst kann die Photovoltaikanlage an-

melden. Installateure oder andere Dritte sind dazu nicht berechtigt.

Tipp: Die Photovoltaikanlage kann grundsätzlich nicht durch Dritte bei der BNetzA angemeldet werden.

### Folgende Daten müssen der BNetzA übermittelt werden:

- Name und Anschrift des Anlagenbetreibers
- E-Mail-Adresse
- Standort der Anlage
- Nennleistung in kWp
- Tag der Inbetriebnahme

Die Anmeldung sollte auf jeden Fall vor oder spätestens am Tag der Inbetriebnahme erfolgen. Gleichzeitig sollte aber die Anlage nicht länger als zwei Wochen vor Inbetriebnahme gemeldet werden.

### Tipp:

*Diese Anmeldung bei der Bundesnetzagentur ist absolut notwendig. Wer sie versäumt, hat keinen Anspruch auf die Einspeisevergütung!*

## Anmeldung beim Netzbetreiber

Die Netzbetreiber sind in Deutschland verpflichtet, Strom aus Photovoltaikanlagen in das Netz einzuspeisen. Von ihnen wird übrigens

auch die Einspeisevergütung ausgezahlt. Dazu muss die Photovoltaikanlage beim Netzbetreiber angemeldet beziehungsweise ein entsprechender Antrag auf Netzanschluss gestellt werden.

## Fristen

Der Netzbetreiber hat das Recht, eine Netzverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Bei Anlagen bis 10 kWp Leistung sind keine Probleme zu erwarten. Dennoch hat der Netzbetreiber laut Gesetz bis zu acht Wochen Zeit für die Netzverträglichkeitsprüfung. Diesen Antrag stellt man grundsätzlich vor der Montage der Photovoltaikanlage! Ist die PV-Anlage dann fertig installiert, steht die Inbetriebnahme an. Dabei wird ein sogenanntes Inbetriebnahmeprotokoll erstellt. Dieses Inbetriebnahmeprotokoll wird dann zusammen mit der Bescheinigung der Bundesnetzagentur (dass die PV-Anlage dort auch ordnungsgemäß angemeldet wurde) an den Netzbetreiber übermittelt. Je nach Unternehmen werden noch einige zusätzliche Unterlagen erforderlich. Erst wenn auch dies erledigt ist, wird die Einspeisevergütung für die Photovoltaikanlage ausgezahlt.

# Checkliste „Planung“

---

Die Planung einer Photovoltaikanlage ist eine komplexe Angelegenheit. In dieser Checkliste sind die wichtigsten Punkte noch einmal zusammengefasst.

---



---

## Vorabplanung

- *Größe der Dachfläche* – zur Dimensionierung der Anlage unbedingt abschätzen, ausmessen oder ausmessen lassen. Möglich über Baupläne, Abzählen der Ziegel, Lasermessgeräte und Ähnliches.
  - *Abschätzung mögliche Leistung* – erfolgt am einfachsten über Solarrechner. Dazu muss aber klar sein, welche und wie viele Module gewählt werden.
  - *Dachbelegung* – optimale Belegung des Daches unter Berücksichtigung von Gauben, Verschattungen, Statik.
  - *Entscheidung für Modulart* – hängt von den genannten Faktoren ab, aber auch von Ausrichtung und Neigung des Daches, Gewicht, Modulgrößen.
- 
- 

## Angebote einholen

- *Solarfachbetrieb in der Region suchen* – über Empfehlungen, Messen, Anzeigen in Tageszeitungen.
  - *Vor-Ort-Termin* – nur über einen Vor-Ort-Termin kann ein Solarfachbetrieb ein ernsthaftes Angebot mit Beratung erstellen – von Blindangeboten ist abzuraten.
  - *Referenzobjekte anschauen* – gute Erfahrungen teilen Kunden gerne mit.
  - *Eventuell Anpassung an eigene Vorstellungen nach Beratung* – einerseits sollte der Solarfachbetrieb flexibel auf die Wünsche des Kunden eingehen. Rät er aber dringend von xyz ab, dann sollte man das auch ernst nehmen.
  - *Baugenehmigung klären* – der Solarfachbetrieb wird sich mit den Vorschriften auskennen, dennoch lohnt es sich, kurz bei der Kommune nachzufragen.
- 
- 

## Angebote bewerten und vergleichen

*Seriöse Angebote enthalten alle Angaben hinsichtlich:*

- Module
- Wechselrichter
- Auslegung/
- Leistung

- Montage- und Befestigungssystem
- Kabel
- Kosten
- Zahlungsbedingungen
- Service
- Termine

*Wenn, wie empfohlen, mindestens drei, vier Angebote eingeholt wurden, müssen diese verglichen werden anhand:*

- *Preise* – sinnvoll ist es, nicht nur anhand der Gesamtkosten pro Kilowatt peak zu vergleichen.
- *Ertragsprognose* – jeder Solarfachbetrieb erstellt auf Wunsch eine jährliche Ertragsprognose, die interessant ist, weil hiervon die Höhe der Einsparung und der Einspeisevergütung abhängt und damit die Wirtschaftlichkeit.
- *Anlagenqualität* – hier sollte nicht auf die langen Leistungsgarantien geschaut werden – wo ist deren Nutzen, wenn die Herstellerfirma am Ende nicht mehr existiert? Aber alle Komponenten sollten über die entsprechenden Zertifikate verfügen und den gültigen Normen entsprechen.

---

### **Anfrage beim Netzbetreiber**

- *Netzverträglichkeitsprüfung* – vor Baubeginn beim Netzbetreiber wegen der Netzverträglichkeit entsprechenden Antrag stellen (übernimmt im Normalfall der Solarfachbetrieb oder mit ihm gemeinsam). Fristen beachten!
  - *Anmeldung Bundesnetzagentur* – ab zwei Wochen vor Inbetriebnahme kann die Anlage bei der Bundesnetzagentur angemeldet werden. Das muss zwingend vom Anlagenbetreiber selbst erfolgen. Ohne Anmeldung keine Einspeisevergütung!
-



# Photovoltaik Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen wird – wie bei jeder Investition – auf der einen Seite durch die Kosten, auf der anderen Seite durch die Einnahmen/Einsparungen bestimmt. Dabei wird zwischen Anschaffungs- und Betriebskosten unterschieden. Die

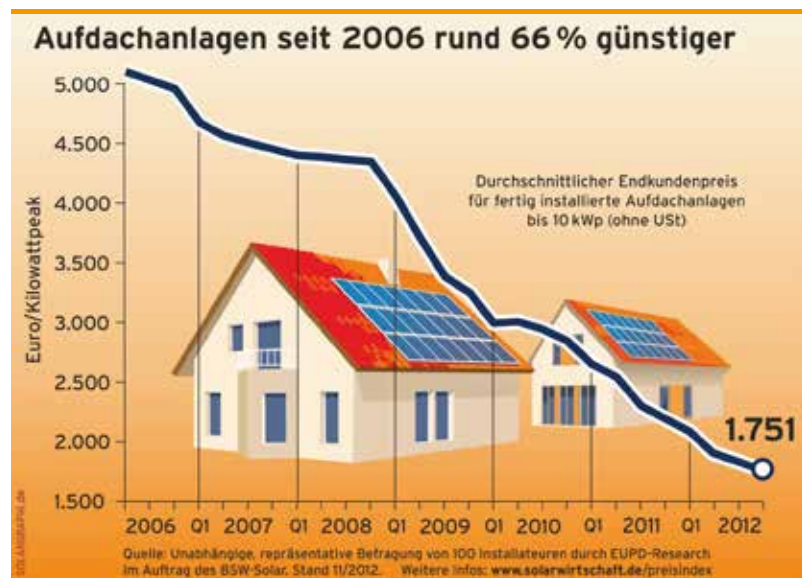
Preise von Solarstromanlagen sind in den letzten Jahren ganz erheblich gesunken, ebenso allerdings auch die garantierte Einspeisungsvergütung. Wir haben Informationen zur Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen zusammengestellt.

# Anschaffungskosten

Die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen wird auf der einen Seite durch die Investitionskosten, auf der anderen Seite durch die Einsparungen durch vermiedenen Netzbezug bzw. Einnahmen durch die Einspeisevergütung bestimmt.

## Anschaffungskosten von Photovoltaikanlagen

Die gesamten Anschaffungskosten einer Photovoltaikanlage umfassen die Kosten für Solarmodule, Wechselrichter, die Verkabelung, das Montagesystem, aber auch die Montagekosten selbst, eventuell hinzukommende Planungskosten, die Kosten für die Inbetriebnahme und die Kosten für den Zweirichtungszähler. Da bei Anlagen bis 30 kW zwischen dem Einbau eines Rundsteuerempfängers und der Drosselung der Einspeiseleistung auf 70 % gewählt werden kann, kommen eventuell noch die Kos-



ten für den Rundsteuerempfänger hinzu. Hinzu kommt schließlich die Mehrwertsteuer, die man sich jedoch vom Finanzamt wiederholen kann. Hier ein Überblick über die Anschaffungskosten im Einzelnen.

## Solarmodule

Solarmodule sind in den letzten Jahren immer preiswerter gewor-

den. Ursache für die stark fallenden Preise ist einerseits der hohe Wettbewerb, also die Marktsituation mit starkem Konkurrenzdruck durch asiatische Billiganbieter. Andererseits führen aber auch die sogenannten positiven Skaleneffekte zu sinkenden Preisen. Mit anderen Worten: Je mehr Photovoltaikmodule produziert werden, umso preiswerter wird die Produktion für jedes einzelne Solarmodul. Die Preise für Solarmodule lassen sich am leichtesten anhand der Kosten in Euro pro Watt peak vergleichen. Anfang 2013 liegen die durchschnittlichen Preise hierfür je nach Qualität des gewählten Moduls zwischen 45 Cent und 90 Cent, je nachdem, ob es sich um Dünnschichtmodule oder monokristalline Siliziummodule handelt.

### Tipp:

Preisvergleich für Solarmodule immer anhand der maximalen Leistung, die ausgedrückt wird in Watt peak (Wp)





einem entsprechend großen Querschnitt gewählt werden. Je größer der Querschnitt, umso teurer ist die Verkabelung, sowohl auf der DC- wie der AC-Seite. Je nach Abnahmemenge, Querschnitt und Leitungsmaterial liegt der Preis für ein Meter Solarkabel zwischen 1 und 5 Euro. Preise für die Anschlusskabel für Wechselrichter oder Laderegler kommen ebenso noch hinzu (20 bis 50 Euro) wie die Stecker.



oder Kilowatt peak (kWp). Preisvergleiche nach Größe in Quadratmeter haben keinerlei Aussagekraft.

### Wechselrichter

Die Wechselrichter machen ca. 10 % der Investitionskosten für die Solarstromanlage aus. Je nach Größe, Ausrichtung und Verschattungssituation wird unter Umständen mehr als ein Wechselrichter fällig, was die Kosten erhöht. Die Preise für einen Wechselrichter hängen im Wesentlichen von der Leistungsgröße ab. Pro kW Wechselrichterleistung kann man mit ca. 200 € rechnen. Damit kostet ein 5 kW-Wechselrichter ca. 1.000 €.

### Verkabelung

Die Verkabelung der Photovoltaikanlage kann ziemlich hohe Verluste erzeugen. Um dies zu verhindern, müssen Solarkabel mit

### Montagesystem

Wie wird die Photovoltaikanlage auf dem Dach montiert? Je nach Material und Beständigkeit des Montagesystems kommt auch hier noch einmal ein ganz schöner Posten zu den Anschaffungskosten hinzu. Die Kosten hängen neben der Anlagengröße von mehreren Faktoren ab, ob man sich für ein normales oder ein Kreuzschienensystem ent-

scheidet, wie hoch die Schnee- und Windlast ist etc. Durchschnittlich betragen die Kosten für das Montagesystem zwischen 100 und 150 Euro pro kWp. Hinzukommen jedoch auch hier die Montagekosten für die Unterkonstruktion, das macht pro kWp weitere rund 100 Euro aus.

### Hier noch einmal die Anschaffungskosten im Überblick

<i>Solarmodule</i>	<i>0,45 Euro bis 0,90 Euro pro kWp</i>
<i>Wechselrichter</i>	<i>ca. 200 Euro/kW</i>
<i>Kabel 100 Meter</i>	<i>100 bis 500 Euro</i>
<i>Montagesystem</i>	<i>100 bis 150 Euro pro kWp</i>
<i>Montage</i>	<i>200 Euro pro kWp</i>
<i>Einspeisemanagement</i>	<i>mindestens 150 Euro</i>

*Aufgrund einer bundesweiten Umfrage werden derzeit die Kosten für eine installierte Photovoltaikanlage bis 10 kWp mit netto ca. 1.650 Euro pro Kilowatt peak angegeben*

# Preisentwicklung Solarmodule

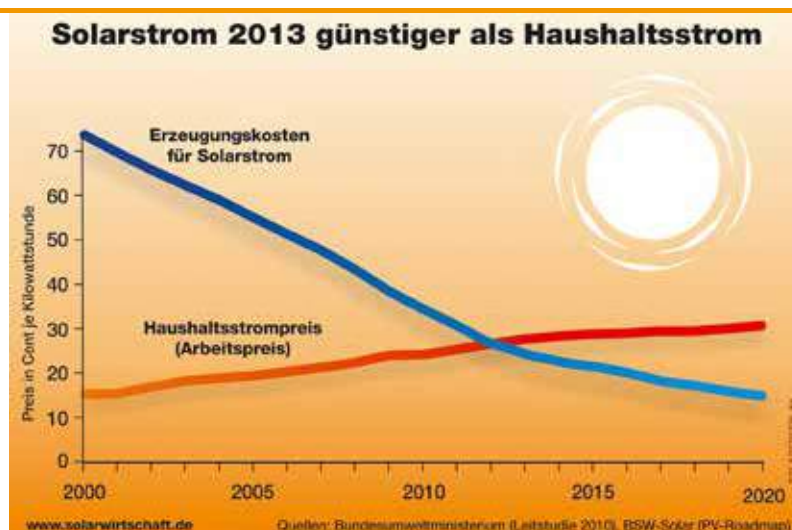
Die Preise von Solarmodulen sind in den letzten Jahren erheblich gesunken. Am leichtesten lässt sich dies an der Preisentwicklung für ein Kilowatt peak verdeutlichen. Lag der Preis für 1 kWp Anfang 2006 noch bei rund 5.000 Euro, so müssen Verbraucher heute nur rund 1.650 Euro pro Kilowatt peak für eine komplette Anlage (inkl. Montage) ausgeben.

## Faktoren, die für eine Preisminderung gesorgt haben

Dieser Preisverfall lässt sich auf verschiedene Ursachen zurückführen. Die Hauptursache für diese erfreuliche Entwicklung ist in dem Konzept des Erneuerbaren Energien Gesetzes selbst zu finden: die Einspeisevergütung war von Anfang an degressiv (aber planbar) angelegt,

so dass sich der Druck auf die Hersteller von Jahr zu Jahr erhöht hat, die Solarstromanlagen günstiger zu produzieren. Gleichzeitig hat sich der europäische und Weltmarkt, insbesondere in China stark entwickelt und Fertigungskapazitäten in erheblichem Umfang aufgebaut. Das hat dafür gesorgt, dass auch die Hersteller in Deutschland, Japan oder Kanada und den USA ihre Verkaufspreise anpassen mussten. Ein weiterer Grund ist aber auch der sogenannte Skaleneffekt (economy of scale). Dieser besagt, dass Produkte, die in großer Menge hergestellt werden, immer preiswerter werden. Es können bei der Fertigung erhebliche Kosten eingespart werden, weil einerseits die Produktion immer ausgefeilter wird, aber auch durch Automatisierung die Stückkosten pro individuellem Solarmodul

immer geringer werden. Auch die technische Entwicklung sorgt zunehmend für Preisminderungen. Der Einsatz an Rohstoffen wird immer geringer. Damit fällt automatisch der Preis. Außerdem führt ein steigender Wirkungsgrad dazu, dass pro Kilowatt peak immer weniger Solarzellen benötigt werden – mit der Folge, dass der Preis pro kWp sinkt. Schließlich hat sicher auch die sinkende Einspeisevergütung dazu geführt, dass die Preise sich nach unten entwickelt haben. Nur so konnte die Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlagen erhalten bleiben – deshalb mussten die Hersteller hierauf mit Preisminderungen reagieren. Gründe für die Preissenkungen der letzten Jahre sind also: starker Wettbewerb, Massenproduktion, technische Entwicklung und sinkende Einspeisevergütung.



## Preisentwicklung in der Zukunft

Experten gehen davon aus, dass die Preise für Photovoltaikanlagen aufgrund der weltweit deutlichen Zunahme der Produktionszahlen (insbesondere in Japan, China und den USA) weiter fallen werden. Die Einspeisevergütung wird sich jedoch nicht mehr als Grund für eine Kostensenkung nennen lassen, da sie sich bereits auf einem wirtschaftlich recht unattraktiven Niveau befindet.

# Betriebskosten

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage geht es nicht nur um die reinen Anschaffungskosten. Photovoltaikanlagen verursachen auch während des Betrachtungszeitraums (meist 20 Jahre) laufende Kosten. Diese müssen in die Analyse der Wirtschaftlichkeit einbezogen werden. Für eine grobe Schätzung kann man von Betriebskosten in Höhe von rund 1 bis 1,5 Prozent der Anschaffungskosten pro Jahr ausgehen. Das wären dann also bei derzeitigen Preisen zwischen 170 und 250 € pro Kilowatt peak und Jahr.



## Wechselrichter

Wechselrichter sind nicht so langlebig wie die Solarmodule. Mit anderen Worten: Sie müssen von Zeit zu Zeit ausgetauscht beziehungsweise erneuert werden. Es müssen hierfür Rücklagen gebildet werden. Bei einer Lebenserwartung von rund zehn Jahren und Kosten von rund 10% bis 20 % der Gesamtkosten kommt man hierauf jährlich rund 1,5 % der Gesamtkosten, die für einen Austausch des Wechselrichters beiseite gelegt werden sollten. Gleichzeitig verbraucht der Wechselrichter für die Steuerung, Datenlogger, Anlagenüberwachung und Ähnliches Strom aus dem öffentlichen Netz. Zwar ist das eine beinahe vernachlässigbare Menge, allerdings verlangen manche Netzbetreiber hier Pauschalen oder Mindestbeiträge von bis zu 10 Euro pro Monat.

## Instandhaltung

Die Kosten für die Instandhaltung der Photovoltaikanlage sind in den oben genannten 1 bis 1,5 Prozent enthalten. Viele Unternehmen bieten Wartungsverträge für Photovoltaikanlagen an. Die Kosten hierfür betragen meist um die 200 Euro pro Jahr. Häufig ist das preiswerter als die Arbeiten, die im Wartungsvertrag vereinbart sind, einzeln abzurechnen. Bei Wartungsverträgen handelt es sich sicher um sinnvoll angelegtes Geld, schließlich werden damit Ausfälle der Anlage vermieden. Wenn die Photovoltaikanlage ausfällt, wird kein Solarstrom produziert und es kann weder eine Einsparung erzielt werden noch eine Einspeisung erfolgen und es wird keine Einspeisevergütung gezahlt.

## Reinigung

Laub, Staub, Blütenpollen o.ä. können Verschmutzungen von Pho-

tovoltaikmodulen verursachen. In der Regel genügt ein kräftiger Regenschauer, um die Moduloberfläche soweit zu reinigen, dass keine Ertragseinbußen zu erwarten sind. In Sonderfällen oder insbesondere unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten kann eine Reinigung sinnvoll sein. Wird diese von einem professionellen Betrieb durchgeführt, dann verursacht das Kosten von bis zu 2,50 Euro pro Quadratmeter. Allerdings fallen diese Kosten nicht pro Jahr an – es sei denn, die Anlage liegt in einer Region, in der durch starken Verkehr oder starke landwirtschaftliche Belastung mit sehr hoher Verschmutzung gerechnet werden muss. Ansonsten reicht eine professionelle Reinigung der Photovoltaikanlage alle paar Jahre.

## Versicherung

Ein unter Umständen regelmäßig jährlich anfallender Posten sind die Versicherungskosten für die Anlage.

Je nach Anlagengröße macht eine spezielle Anlagenversicherung Sinn. Denn sowohl die Haftpflichtversicherung wie die Allgefahrenversicherung für Photovoltaikanlagen sichern nicht nur gegen Ausfälle der Einspeisevergütung ab, sondern auch gegen hohe Reparaturkosten oder unbezahlbare Haftpflichtfälle. Dabei sind die Kosten für diese Versicherungen vergleichsweise moderat. Während die Haftpflichtversicherung häufig sogar ohne weitere Kosten in den eigenen Vertrag integriert werden kann, kommen ansonsten rund 50 Euro pro Jahr auf den Betreiber zu. Die Photovoltaikversicherung wiederum kostet rund



150 Euro pro Jahr, je nach Versicherungsunternehmen, Größe der Anlage und Umfang der Versicherung.

Inwieweit Wartung, Reinigung und zusätzliche Versicherungen sinnvoll sind, ist im Einzelfall zu prüfen.

#### **Mit folgenden Betriebskosten ist bei der Photovoltaikanlage zu rechnen**

<i>Wechselrichter</i>	Häufigkeit: im Schnitt alle 10 Jahre Durchschnitt pro Jahr: 1,5 % der Investitionskosten
<i>Wechselrichterstrom</i>	Häufigkeit: jährlich/monatlich Durchschnitt pro Jahr: 5 bis 120 Euro
<i>Wartung</i>	Häufigkeit: jährlich Durchschnitt pro Jahr: 200 Euro
<i>Reinigung</i>	Häufigkeit: alle 1 – 3 Jahre Durchschnitt pro Jahr: 100 Euro (bei 50 qm = kWp)
<i>Haftpflichtversicherung</i>	Häufigkeit: jährlich Durchschnitt pro Jahr: 50 Euro
<i>Photovoltaikversicherung</i>	Häufigkeit: jährlich Durchschnitt pro Jahr: 200 Euro
<i>Gesamte Betriebskosten</i>	pro Jahr bei 4 bis 5 kWp 700 bis 800 Euro

# Wirtschaftlichkeitsberechnung

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung der geplanten Photovoltaikanlage ist aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren keine einfache Aufgabe. In den meisten Fällen interessiert der Zeitpunkt bzw. das Jahr, ab dem der Anlagenbetrieb schwarze Zahlen schreibt.

## Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit

Will man wenigstens grob die Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage abschätzen, muss man sich mit einer Reihe von Faktoren auseinandersetzen, welche die Wirtschaftlichkeit nachhaltig bestimmen:

1. Investitionskosten
2. Betriebs- und Wartungskosten
3. ggfs. Finanzierungskosten
4. Zinssatz und Inflation
5. Eigenverbrauchs- und Einspeisemenge
6. Energiepreissteigerungsrate

Insbesondere die Festlegung der letzten beiden Punkte für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung sind mit Unsicherheiten behaftet und können das Ergebnis stark beeinflussen. Um welchen Prozentsatz beispielsweise die Stromkosten mit den Jahren steigen werden, ist im Prinzip Glaubenssache und es sollte dem

Kunden selbst überlassen werden, hierfür eine Prognose abzugeben.

## Kosten der Photovoltaikanlage

Die Kosten der Photovoltaikanlage richten sich nach der Größe der Anlage, den gewählten Modulen, den ausgewählten Wechselrichtern und den anderen technischen Komponenten. Für Anlagen bis 10 kWp liegt der Bundesdurchschnitt bei derzeit ca. 1.650 € inkl. Montage ohne Mehrwertsteuer (1. Quartal 2015). Wird die Anlage nicht aus Eigenmitteln sondern fremdfinanziert, dürfen die Finanzierungskosten nicht vernachlässigt werden. Im Laufe einer langfristigen Finanzierung von bis zu 20 Jahren können auch bei niedrigen Zinssätzen doch einige Zinszahlungen zusammenkommen. Wird die Anlage ganz oder teilweise über Eigenkapital finanziert, dann werden nicht die gezahlten Sollzinsen, sondern die

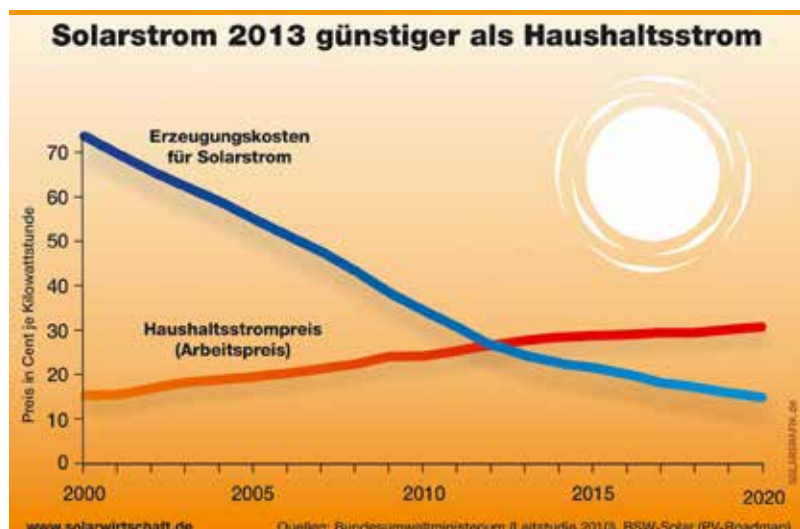
entgangenen Zinseinkünfte für das Kapital berechnet (das ja sonst als Kapitalanlage Zinserträge gebracht hätte). Hinzu kommen die Betriebskosten, die zwar bei Photovoltaikanlagen vergleichsweise gering ausfallen, aber dennoch vorhanden sind. Überschlagsmäßig können sie mit 1 % bis 1,5 % der Anschaffungskosten veranschlagt werden.

### Tipp:

Die Menge an eigenverbrauchtem Solarstrom muss versteuert werden. Einkommensteuer wird auch fällig, wenn mit der Anlage Gewinne erzielt werden. In den ersten Jahren ist dies eher unwahrscheinlich. Ist die Anlage abgeschrieben, könnte durch die Steuer der Ertrag vermindert werden.

## Ertrag der Photovoltaikanlage

Auf der einen Seite stehen also die Kosten, die die Photovoltaikanlage



verursacht. Auf der anderen Seite werden mit der Solaranlage ja Ausgaben reduziert bzw. Einnahmen erzielt. Hier ist in erster Linie die Einsparung durch vermiedenen Netzbezug bei Eigenverbrauch und in zweiter Linie die Einspeisevergütung zu nennen. Allerdings hängt der Ertrag bekanntermaßen wiederum von einer Vielzahl von Faktoren ab: vom Standort bzw. der Höhe der Globalstrahlung, von der Dachausrichtung und -neigung und von den verwendeten Modulen.

---

**Tipp:**

*Amortisationszeit ist der Zeitraum, der notwendig ist, bis die Photovoltaikanlage die Kosten, die sie verursacht hat, wieder eingebracht hat.*

---



### **Wann lohnt sich eine Photovoltaikanlage?**

Nun sind die Faktoren, die die Wirtschaftlichkeit bestimmen, klar. Aber es steht die Frage aus, ob die Photovoltaikanlage „sich rechnet“, also wirtschaftlich ist. Eine Investition wird üblicherweise dann als wirtschaftlich bezeichnet, wenn in diesem Fall mit der Photovoltaikanlage über 20 Jahre mehr Einnahmen erzielt werden können, als sie Kosten verursacht. Die Abschätzung ist insofern nicht einfach, da ein so weiter Blick in die Zukunft naturgemäß nur eine grobe Vorhersage ist. Sicher sind viele Punkte festgeschrieben, aber wer weiß zum Beispiel, wie sich der Strompreis der Energieversorger entwickeln wird? Dieser beeinflusst aber entscheidend die Höhe der eingesparten Kosten.

### **Rendite einer Photovoltaikanlage**

Die Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage ist die eine Seite – für die meisten Kleinanleger reicht es, sich für eine nachhaltige Stromerzeugung für eine Photovoltaikanlage zu entscheiden und dabei kein Minus zu machen. Für Großanleger dagegen muss auch die Rendite

stimmen. Die Rendite wird in Prozent ausgedrückt und bezeichnet letztlich die „theoretische“ Verzinsung des für die Investition eingesetzten Kapitals.

### **Solarrechner**

Berechnung von Wirtschaftlichkeit und Rendite – klingt kompliziert und ist kompliziert! Will man sich die ganze Arbeit sparen, dann lohnt es sich auf jeden Fall, einen Solarrechner zu Hilfe zu nehmen. Solarrechner berücksichtigen die meisten Faktoren und errechnen nicht nur den möglichen Ertrag, sondern auch die Einnahmen aus der Einspeisevergütung, die damit erzielt werden können. Liegen die Angebote vor, sind die Ausgaben ungefähr klar und können den erzielbaren Einnahmen gegenübergestellt werden. Ein kostenloses Programm auf Excel-Basis wird vom Umweltinstitut München angeboten:

<http://www.umweltinstitut.org/themen/energie-und-klima/wirtschaftlichkeitsberechnungen.html>

# Sinkende Einspeisevergütung

Die Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage wird entscheidend beeinflusst von den Kosten auf der einen, den Einsparungen und Einnahmen auf der anderen Seite. Während die Anschaffungspreise ja gut abgeschätzt werden können – schließlich liegen schnell entsprechende Angebote vor – gibt es auf der Einsparungs- bzw. Einnahmenseite einige Unsicherheiten, die unter dem Punkt Wirtschaftlichkeitsberechnung und Rendite ja bereits erläutert wurden.



## Einspeisevergütung für Photovoltaikanlagen

Abgesehen von der Unsicherheit hinsichtlich des tatsächlich erzielbaren Ertrages stellt inzwischen auch die Einspeisevergütung einen nicht mehr ganz so sicheren Faktor dar wie früher. Laut EEG erhält jeder, der Solarstrom aus einer Photovoltaikanlage in das öffentliche Netz einspeist, hierfür die sogenannte Einspeisevergütung. Diese Einspeisevergütung wird pro Kilowattstunde eingespeistem Solarstrom vom Netzbetreiber an den Anlagenbetreiber gezahlt.

### Tipp:

Das Inbetriebnahmedatum ist zwar entscheidend für die Höhe der Einspeisevergütung der nächsten 20 Jahre und bestimmt damit auch die Wirtschaftlichkeit der gesamten Anlage. Aufgrund der geringen Vergütungssätze rückt der Einspeiseerlös immer

stärker in den Hintergrund und mögliche Verzögerungen über den Monatswechsel hinaus sind heute kein Grund mehr, Druck zu machen und unruhig zu werden.

Es ist also leicht einzusehen, dass mit sinkender Einspeisevergütung weniger Einnahmen erzielt werden. Damit sinkt gleichzeitig die Rendite. Das gilt natürlich nur unter der Bedingung, dass die Anschaffungskosten gleich bleiben. Viel

entscheidender für die Rendite ist jedoch der Anteil des durch Direktverbrauchs genutzten Solarstroms, da dieser finanziell deutlicher zu Buche schlägt.

## Wirtschaftlichkeit bei sinkender Einspeisevergütung

Da in den letzten Jahren die Preise für Photovoltaikanlagen stark gefallen sind – und Experten von





weiter sinkenden Preisen ausgehen – steigt mit zunehmenden Strombezugskosten die Wirtschaftlichkeit. Nicht die sinkende Einspeisevergütung bestimmt heutzutage die Rendite sondern der Anteil an Eigenverbrauch bzw. die vermiedenen Stromkosten.

### Maximale Kosten für wirtschaftliche Anlagen bis 10 Kilowatt peak

Das Institut für Agrarökonomie der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft hat untersucht, wie viel eine Photovoltaikanlage höchstens kosten darf, um wirtschaftlich zu sein (Quelle: <http://www.lfl.bayern.de/iba/energie/094781/index.php>).

1. Fall: 100% Netzeinspeisung  
 Beispielhaft für eine Inbetriebnahme mit Datum ab Januar 2015: Gültige Einspeisevergütung pro kWh für kleinere Anlagen bis 10 Kilowatt peak. Zudem werden die Einsparungen durch Eigenverbrauch

nicht berücksichtigt. Kleinanlagen dürften an schlechteren Standorten (Stromertrag 900 kWh/kWp) ca. 1.005 €/kWp ohne Umsatzsteuer kosten. An sehr guten Standorten (Stromertrag 1.100 kWh/kWp) könnten unter sonst gleichen Annahmen ca. 1.250 €/kWp investiert werden. Eine Anlage mit hochwertigen Komponenten unter ca. 1.300 €/kWp zu realisieren, wird nicht ganz einfach sein. Da die Vergü-

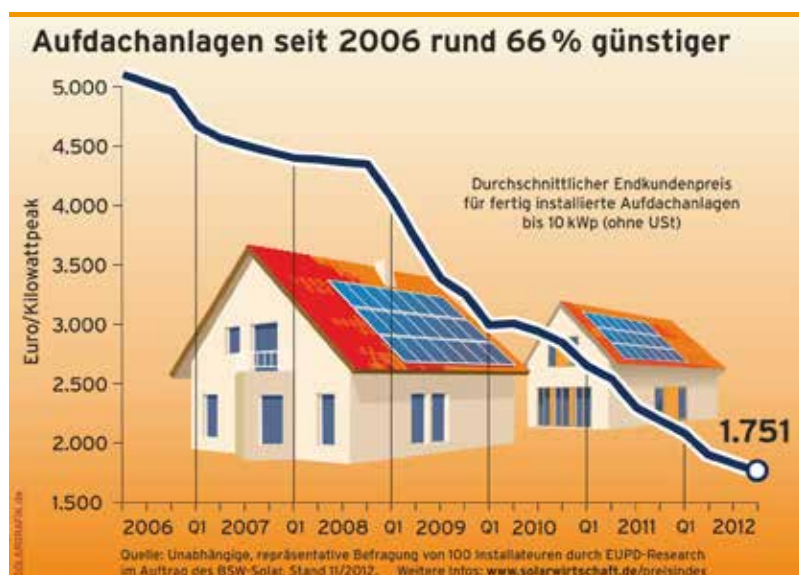
tung bei größeren Anlagen erheblich geringer ist, müssen die Preise entsprechend niedriger angesetzt werden. Nach der Studie müssten größere Dachanlagen demnach noch einmal um durchschnittlich 152 Euro pro kW peak billiger sein.

2. Fall: 70% Netzeinspeisung, 30% Eigenverbrauch

Unter der Annahme, dass 30 Prozent des erzeugten Stroms selbst verbraucht wird, bei Kleinanlagen bis 10 kWp zu einem Substitutionswert von 20,0 Cent/kWh, da diese von der EEG-Umlage ausgenommen sind bzw. 17,50 Cent/kWh bei PV-Anlagen über 10 kWp wegen der anteiligen EEG-Umlage, können an schwachen Standorten ca. 1.201 €/kWp (6 Prozent Rendite, Inbetriebnahme Januar 2015) bzw. 1.490 €/kWp (6 Prozent Rendite, Inbetriebnahme Januar 2015) an sehr guten Standorten investiert werden.

### Tipp:

Neben einer finanziellen Rendite hat für viele Anlagenbetreiber auch der



ökologische Aspekt eine hohe Bedeutung. Zudem sind bei der derzeitigen wirtschaftlichen Lage sechs Prozent Rendite ziemlich beachtlich.

---

### **Wirtschaftlichkeit und Eigenverbrauch**

Die Vergütung für Eigenverbrauch ist seit 01.01.2014 gestrichen. Sie war an die Einspeisevergütung gekoppelt. Zudem müssen bei Anlagen mit einer Leistung von über 10 kWp für den Eigenverbrauch zunächst 30 % der EEG-Umlage entrichtet werden. Derzeit liegt

die EEG-Umlage bei 6,17 Cent/kWh. Damit sind dies bis Ende 2015 1,85 Cent/kWh pro Kilowattstunde. Der Anteil steigt 2016 auf 35 % der Umlage und im Jahr 2017 auf 40 % der dann geltenden EEG-Umlage. Diese Regelung beeinträchtigt die Wirtschaftlichkeit erheblich. Nun ist mit dem EEG 2014 das Marktintegrationsmodell gestrichen worden. Betreiber von Anlagen bis 500 kWp erhalten für den gesamten eingespeisten Strom die Einspeisevergütung, allerdings nicht für den selbst verbrauchten. Die Pflicht, 10 % des Stroms zu vermarkten, besteht für sie nicht mehr.

### **Marktprämienmodell**

Das Marktprämienmodell wird für Betreiber von Anlagen mit einer Leistung von über 500 kWp wichtiger, zumal sie keine Einspeisevergütung mehr erhalten. Die Einnahmen setzen sich dann aus dem an der Strombörse erzielten Preis, der Marktprämie und einem Aufschlag von 0,4 Cent pro kWh auf die Marktprämie. Ab 01. Januar 2016 gilt dies dann auch für Anlagen mit einer Leistung von über 100 kWp.



# Finanzierung und Förderung

Die Finanzierung von Photovoltaikanlagen sollte gut überlegt sein. Zwar wurde dem Erneuerbare Energien Gesetz im Jahr 2000 festgelegt, dass die Netzbetreiber allen Eigentümern einer Photovoltaikanlage für den Strom, der in das öffentliche Netz eingespeist

wird, einen festgelegten Betrag zu zahlen hatten. Jedoch steht am Anfang eine vergleichsweise hohe Investition. Zur Finanzierung von Photovoltaikanlagen stehen dem zukünftigen Betreiber verschiedene Möglichkeiten offen.

# Einspeisevergütung

Mit dem Erneuerbare Energien Gesetz wurde im Jahr 2000 festgelegt, dass die Netzbetreiber allen Eigentümern einer Photovoltaikanlage für den Strom, der in das öffentliche Netz eingespeist wird, einen festgelegten Betrag zu zahlen hatten. Die Höhe der Einspeisevergütung wurde vom Gesetzgeber festgelegt.

## Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)

Das EEG trat zum 01. April 2000 in Kraft und war Ersatz für das vorher geltende Stromeinspeisungsgesetz. Das Stromeinspeisungsgesetz hatte seit den 1990er Jahren die Netzbetreiber dazu verpflichtet, Strom, den etwa Betreiber kleiner Wind- oder Wasserkraftwerke produzierten, diesen auch abzunehmen. Zu dieser Zeit wurde der regenerativ erzeugte

Strom nur mit niedrigen Mindestsätzen vergütet, die allerdings nicht vom Gesetzgeber festgesetzt waren. Mit Inkrafttreten des EEG änderte sich dieser unbefriedigende Zustand. Mit dem Erneuerbare Energien Gesetz wurden die Tarife für den aus verschiedenen Quellen stammenden Strom festgesetzt. In der ersten Fassung des EEG wurden schon höhere Tarife für Strom aus kleinen Anlagen festgelegt.

## Ziel des Erneuerbare Energien Gesetz

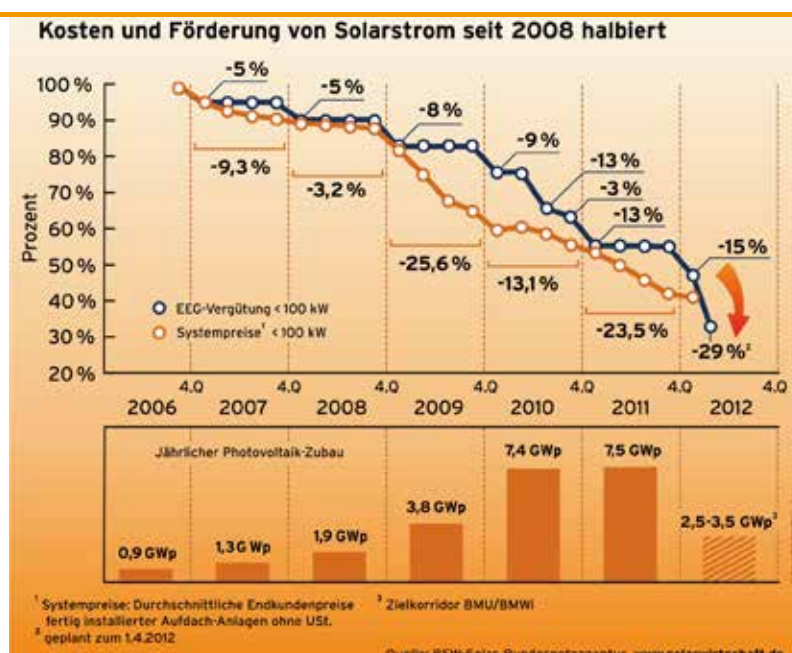
Erklärtes Ziel des Erneuerbare Energien Gesetzes war und ist die Förderung der regenerativen Energien, also Strom aus Wasserkraft, Windkraft, Biomasse, Deponie-, Klär- und Grubengas, Geothermie und Photovoltaik. Dadurch soll die Abhängigkeit von fossilen Energie-

trägern vermindert werden und die Technologieentwicklung gefördert werden. Der Erfolg des Erneuerbare Energien Gesetzes zeigt sich unter anderem daran, dass viele Staaten das EEG kopiert haben.

## Atmender Deckel und Degression

Im Erneuerbare Energien Gesetz sind die Einspeisevergütungen festgesetzt, die die Netzbetreiber den Anlagenbetreibern für den regenerativen Strom zahlen müssen. Die Höhe der Einspeisevergütung wird für zwanzig Jahre garantiert. Das gibt dem Anlagenbetreiber die Sicherheit, die regenerative Anlage wirtschaftlich betreiben zu können und vorab auf einer belastbaren Basis zu kalkulieren.

Gleichzeitig wurde in der Novelle des EEG 2009 aber auch für die Photovoltaik eine gleitende Degression, der sogenannte atmende Deckel, eingeführt. Damit werden Anlagenbetreiber dazu angehalten, keine überbewerteten Anlagen zu kaufen und wirtschaftlich zu investieren. Gleichzeitig wird mit der sinkenden Einspeisevergütung auf die deutlich sinkenden Anlagenpreise reagiert. Die Degression ist abhängig von der Menge neu gebauter Photovoltaikanlagen in einem vorher festgelegten Zeitraum. Gleitend nennt sich die Degression, weil sie sich je nach der Menge der neuen Solaranlagen mehr oder weniger vermindert.



**Gleichzeitig sind noch einige weitere Änderungen beschlossen worden. Hier eine Übersicht in Kürze.**

- Einführung des Marktintegrationsmodells (Selbstvermarktung oder Selbstverbrauch bei kleinen und mittleren Anlagen)
- Förderung von kleinen Anlagen bis 10 kW über Einspeisevergütung weiterhin für 100 % des Solarstroms.
- Förderung von mittleren Anlagen zwischen 10 kW und 1000 kW über Einspeisevergütung ab 01. Januar 2014 nur noch für 90 % des Solarstroms
- Förderung von Großanlagen und Freiflächenanlagen zu 100 %.
- Wegfall des Eigenverbrauchsbonus.

**Änderungen mit dem EEG 2014 ab August 2014**

Mit dem EEG 2014 haben sich eine Reihe von Veränderungen bei der Einspeisevergütung ergeben. Auch für diese gilt, dass sie nur für neu installierte Anlagen gelten. Eine Änderung betrifft die Betreiber von Großanlagen: Bei einer Anlagengröße von mehr als 500 kW wird gar keine Einspeisevergütung mehr gezahlt. Ab 2016 wird diese Grenze noch weiter gesenkt. Dann erhalten Anlagen mit einer Größe ab 100 kW keine Einspeisevergü-

tung mehr. Die Betreiber dieser Anlagen müssen zwingend ab dem jeweiligen Stichtag (01.08.2014 beziehungsweise 01.01.2016) ihren Photovoltaik-Strom selbst vermarkten. Am Prinzip der Degression hat

sich nichts geändert, allerdings liegt die Basisdegression vermutlich bei nur 0,5 %, kann aber wie bisher auch bei höherem Zubau entsprechend höher ausfallen. Die genaue Degressionshöhe wird in jedem Quartal neu festgelegt. Mit dem EEG 2014 wird das oben erwähnte Marktintegrationsmodell wieder abgeschafft. Außerdem wird die Eigenverbrauchsvergütung für alle Anlagen abgeschafft. Darüber hinaus müssen Betreiber von Anlagen mit einer Leistung von über 10 kWp für den selbst verbrauchten Solarstrom einen Teil der EEG-Umlage entrichten. Hiervon sind Betreiber von kleinen Anlagen (mit der Einschränkung, dass nicht mehr als 10000 kWh verbraucht werden), Inselanlagen und bestehende Anlagen ausgenommen.

**Einspeisevergütung ab August 2015**

Inbetriebnahme	Wohngebäude			Nichtwohngebäude und Freifläche
	bis 10 kW	bis 40 kW	40-500 kW	
ab 08/2015	12,34 ct	12,00 ct	10,73 ct	8,55 ct
ab 09/2015	12,31 ct	11,97 ct	10,71 ct	8,53 ct

# Solarkredite

Zwar können durch die Einspeisevergütungen Photovoltaikanlagen eine ordentliche Rendite erwirtschaften, doch am Anfang steht eine vergleichsweise hohe Investition. Zur Finanzierung von Photovoltaikanlagen stehen dem zukünftigen Betreiber verschiedene Möglichkeiten offen.

## Kreditanstalt für Wiederaufbau

Die KfW untersteht der Aufsicht durch den Finanzminister und hat als Anstalt öffentlichen Rechts vielfältige Aufgaben. Dazu gehört auch die Förderung und Finanzierung von Maßnahmen im Umweltschutz, insbesondere auch der erneuerbaren Energien. Photovoltaikanlagen werden durch besondere Programme gefördert.

## Bedingungen der KfW Programme 270 und 274

Die KfW gewährt für Photovoltaikanlagen Kredite mit unterschiedlich langer Laufzeit, wobei meist zwischen 5, 10 und 20 Jahren gewählt werden kann. Die Zinssätze für diese Kredite richten sich nach der individuellen Bonität des Antragstellers, die von der Hausbank ermittelt wird. Außerdem hängen sie natürlich von der Marktentwicklung ab. Sie werden daher auch stets angepasst, sodass hier keine genauen Konditionen genannt werden können. Die großen Vorteile der Kredi-

te der KfW sind die tilgungsfreien Anfangsjahre, die je nach Laufzeit zwischen ein und drei Jahren betragen können. Zudem finanziert die KfW mit ihren Programmen die gesamte Investition, es muss also kein Eigenkapital aufgebracht werden. Allerdings wird die Mehrwertsteuer nicht finanziert, weil sie vom Finanzamt zurückerstattet wird. Der Antrag für einen KfW Kredit wird über die Hausbank gestellt. Wichtig: Der Antrag muss gestellt werden, bevor mit der Maßnahme begonnen wird. Antragsberechtigt sind im Übrigen Privatpersonen, Freiberufler, aber auch gemeinnützige Organisationen oder Unternehmen.

## Das KfW Programm 275 zur Förderung von Solarstromspeichern

Im Mai 2013 wurde das neue Marktanreizprogramm für Solarstromspeicher aufgelegt. Förderberechtigt sind kombinierte Anlagen aus Solarstrom und -speicher. *Photovoltaik-Anlagen*, die ab dem 01.01.2013 in Betrieb genommen wurden, können auch noch einen Solarstromspeicher nachrüsten und werden dann auch im Programm aufgenommen. Insgesamt wurden von der Bundesregierung 25 Millionen Euro für dieses Programm zur Verfügung gestellt. Die Förderung stellt zweigeteilt Gelder zur Verfügung: Einerseits wird ein Kredit für die kombinierte Anlage, die aus Photovoltaikanlage und Speicher besteht, gewährt. Für den Solar-



stromspeicher werden andererseits zusätzlich Tilgungszuschüsse vom Bundesumweltministerium fällig.

Es gelten folgende Bedingungen: Nur ein Speichersystem wird pro Anlage gefördert, die Leistung der kombinierten Anlage darf höchstens 30 kWp betragen, die Anlage muss in Deutschland stehen und die Förderung erfolgt für 5 Jahre. Außerdem darf die Photovoltaikanlage maximal 60 % ihrer installierten Leistung abgeben. Diese Leistungsbegrenzung gilt für mindestens 20 Jahre bzw. die gesamte Lebensdauer der Anlage, auch wenn das Speichersystem zwischenzeitlich außer Betrieb genommen wird. Zudem müssen beim Wechselrichter und dem Batteriemanagementsystem Vorschriften berücksichtigt werden.

## Folgende Konditionen gelten für das Programm:

- Zinshöhe in Abhängigkeit von der Solvenz des Antragstellers:

zwischen 1,20 und 9,05 %

- Laufzeit: zwischen 5 und 20 Jahre
- Auszahlung: 100 %
- Bereitstellungszinsen: 0,25 %
- Tilgungsfreie Zeit:  
zwischen 1 und 3 Jahre

### Kredite anderer Banken

Inzwischen bieten auch viele andere Kreditinstitute spezielle Kredite für Photovoltaikanlagen. Hier ein kurzer Überblick – ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

### UmweltBank

Die UmweltBank bietet verschiedene Programme für die Finanzierung von Photovoltaikanlagen. Sowohl die Höhe der maximalen Kreditsumme wie die effektiven Zinssätze werden stets den Marktbedingungen angepasst. Es können Sondertilgungen vereinbart werden. Außerdem kann ab einer Höhe von 10.000 Euro auch die Mehrwertsteuer zwischenfinanziert werden.

Die Laufzeit kann bis zu 18 Jahre betragen, wobei die Zinsbindung bei den üblichen 10 Jahren liegt. Auch bei diesen Krediten kann ein tilgungsfreies Anfangsjahr vereinbart werden. Der große Vorteil des Kredits der Umweltbank: Es muss keine Grundschuld ins Grundbuch eingetragen werden und außerdem kann die Mehrwertsteuer vorfinanziert werden. Darüberhinaus bietet die Umweltbank die Möglichkeit der jährlichen Sondertilgung in Höhe von bis zu fünf Prozent der Kreditsumme. Zudem kann der Tilgungssatz während der Laufzeit des Kredits zweimal geändert werden, das bietet besonders hohe Flexibilität und ist bei anderen Banken häufig nicht kostenlos.

### GLS Bank

Die GLS Bank ist nach eigenen Angaben sozial-ökologisch ausgerichtet und bietet ebenso für Photovoltaikanlagen Kredite, wobei die Laufzeit auf 20 Jahre begrenzt ist. Je länger die Zinsbindung, umso höher fällt der Effektivzinssatz aus.

Im Gegensatz zu den anderen Kreditangeboten finanziert die GLS Bank jedoch die Investition nicht zu 100 %, sondern verlangt Eigenkapital. Vorteile der Kredite: Eine Zwischenfinanzierung der Mehrwertsteuer ist möglich, es wird kein Grundbucheintrag verlangt. Es werden auch Photovoltaikanlagen auf fremden Immobilien finanziert.

### Bausparkassen

Auch viele Bausparkassen haben mittlerweile spezielle Photovoltaik-Kredite entwickelt. Diese Photovoltaik-Angebote der Bausparkassen sind grundsätzlich Kombinationen aus einem sogenannten Zinszahlungsdarlehen und einem Bausparkredit. Die Bausparkasse gewährt dann ein Darlehen über die Investitionssumme für die Photovoltaikanlage, wobei im Normalfall die Mehrwertsteuer nicht finanziert wird. Für dieses Darlehen werden nur die Zinsen gezahlt. Gleichzeitig wird dann ein Bausparvertrag über die Darlehenshöhe abgeschlossen und dieser wird angespart. Am Ende der Ansparzeit (meist um die 8 bis 9 Jahre) wird mit dem Bausparvertrag das ursprüngliche Darlehen getilgt. Da meist nur die Hälfte angespart wird, muss dann noch für weitere 8 Jahre der Bausparvertrag getilgt werden. So kommt man auf jeden Fall auf Laufzeiten von rund 18 Jahren, hat aber für die gesamte Zeit sichere Zinskonditionen.

### Zinsen und Konditionen

Die entsprechenden Zinsen und Konditionen der einzelnen Pro-



gramme und Banken sind den jeweiligen Webseiten zu entnehmen:

KfW Programm 270:

[www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Standard-%28270-274-275%29/](http://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Standard-%28270-274-275%29/)

Umweltbank:

[www.umweltbank.de/kredit/index\\_solarkredit.html](http://www.umweltbank.de/kredit/index_solarkredit.html)

GLS-Bank:

[www.gls.de/privatkunden/angebote/baufinanzierung-bausparen/photo-voltaik/uebersicht/](http://www.gls.de/privatkunden/angebote/baufinanzierung-bausparen/photo-voltaik/uebersicht/)

### **Contracting oder Leasing**

Eine weitere Möglichkeit, Photovoltaikanlagen zu realisieren, bieten Contracting oder Leasing-Modelle. Dabei errichtet ein Dritter (zum Beispiel der Energieversorger oder eine private Gesellschaft) auf dem Dach

eine Photovoltaikanlage. Der Eigentümer zahlt dann für die Energie die normalen Preise und erhält eine Pachtgebühr für das Dach. Nach einer festgesetzten Laufzeit von rund 25 Jahren geht die Photovoltaikanlage in das Eigentum des Hausbesitzers über. Leasingmodelle sind nur für Großanlagen lohnend, sie funktionieren wie von anderen Wirtschaftsgütern bekannt und sind für Unternehmen wegen der Absetzbarkeit der Leasingraten attraktiv.

# Rechtsfragen „Förderung und Finanzierung“

Auch bei der Finanzierung und Förderung von Photovoltaikanlagen sind einige juristische Aspekte zu beachten. Dabei geht es einerseits um die Absicherung der Darlehen, wenn die Photovoltaikanlage über einen Kredit finanziert wird und andererseits um einige steuerliche Aspekte rund um die Solaranlage.

## Grundbucheintrag

Bei einem Immobilienkredit ist es normal, dass in das Grundbuch eine entsprechend hohe Grundschuld eingetragen wird. Damit sichert sich die Bank ab, falls der Kreditnehmer irgendwann den Kredit nicht mehr bedienen kann. Einen solchen Eintrag ins Grundbuch verlangen manche Kreditinstitute auch für die Finanzierung der Photovoltaikanlage. Ein Grundbucheintrag verursacht einige Kosten, die unter anderem von der Art des Geschäfts und dem Geschäftswert abhängen.

## Grundbucheintrag bei Dachverpachtung

Wird das eigene Dach verpachtet, weil ein Investor darauf eine Photovoltaikanlage installiert, wird die rechtliche Situation verzwickter. Schließlich will der Investor sicher gestellt wissen, dass er über die gesamte Vertragslaufzeit auf die erzielte Einspeisevergütung zugreifen kann und jederzeit für Wartung oder Reparaturen an die Photovoltaikanlage herankommt. Dazu wird er im Normalfall eine Eintragung ins Grundbuch verlangen. Das kann problematisch werden, wenn dort wegen eines Immobiliendarlehens bereits ein Eintrag steht, da die Pächter normalerweise erstrangig eingetragen werden wollen.

## Finanzierung ohne Grundbucheintrag

Die meisten Banken bieten inzwischen eine Finanzierung von

Photovoltaikanlagen ohne Grundbucheintrag an. Anstatt dessen wird vertraglich die Abtretung der Einspeisevergütung als Sicherheit für das Kreditinstitut vereinbart beziehungsweise die Solaranlage selbst wird als Sicherheit von der Bank akzeptiert. Das ist auf jeden Fall eine weniger komplizierte und kostengünstigere Lösung.

## Steuerliche Fragen

Für den Fiskus führt jeder, der eine Photovoltaikanlage installiert, um damit Einnahmen (über die Einspeisevergütung) zu erzielen, eine unternehmerische Tätigkeit aus. Das hat vor allem Folgen für die Umsatz- beziehungsweise Mehrwertsteuer. Bei den meisten privaten Photovoltaikanlagen wird dagegen keine Gewerbesteuer fällig, da nur ein geringer Gewinn erwirtschaftet wird. Bei Unsicherheiten ist es sicher sinnvoll, einen Steuerberater zu befragen.

## Mehrwertsteuer

Es hat seine Gründe, warum die meisten Kreditinstitute die Mehrwertsteuer, die auf die Photovoltaikanlage entfällt, nicht mitfinanzieren oder allenfalls zwischenfinanzieren. Wer seine Photovoltaikanlage beim Finanzamt anmeldet, der kann die bezahlte Mehrwertsteuer vom Finanzamt zurückverlangen (Verzicht auf die Kleinunternehmerregelung). Allerdings muss diese mit der Umsatzsteuer verrechnet werden, die



der Betreiber der Photovoltaikanlage vom Netzbetreiber zusätzlich zur Einspeisevergütung erhält. Auch die Mehrwertsteuer auf alle anderen Ausgaben im Zusammenhang mit der Photovoltaikanlage kann mit den Umsatzsteuer-Einnahmen verrechnet werden. Das könnte etwa die Mehrwertsteuer auf Wartungsrechnungen, Reparaturrechnungen oder Ähnliches sein. Finanziell kann sich der Mehraufwand, der sich durch die Umsatzsteuererklärung ergibt, durchaus lohnen. Der Aufwand hierfür ist jedoch nicht zu unterschätzen.

### **Einkommenssteuer**

Aber auch einkommensteuerlich ist der Betrieb einer Photovoltaikanlage relevant. Werden mit der Photovoltaikanlage Verluste erzielt – was in den ersten Jahren meistens der Fall ist – dann können diese Verluste das zu versteuernde Einkommen mindern und damit auch die Einkommensteuer. Verluste ergeben sich durch die Photovoltaikanlage, weil die erzielten Gewinne vor allem durch die Abschreibung der Anschaffungskosten geschmälert werden. Für Photovoltaikanlagen

gibt es entweder die Möglichkeit, diese Kosten linear abzuschreiben, das sind bei einer angenommenen Nutzungsdauer von zwanzig Jahren jedes Jahr 5 % der Anschaffungskosten. Als Alternative bleibt nach Abschaffung der degressiven AfA im Jahr 2010 nunmehr nur die Sonderabschreibung. Mit ihr können in den ersten fünf Jahren 20 % der Anschaffungskosten abgeschrieben werden. Dabei gibt es jedoch Einschränkungen hinsichtlich des Eigenverbrauchs.

# Checkliste

## „Förderung und Finanzierung“

Bei der Finanzierung der Photovoltaikanlage ergeben sich vielfältige Möglichkeiten. Hier werden noch einmal in einer Checkliste alle wesentlichen Punkte für die Finanzierung und die Förderung über Einspeisevergütung übersichtlich zusammengefasst.



### Angebote bewerten und vergleichen

Zunächst geht es ja um die Frage, kann die Photovoltaikanlage aus Eigenmitteln finanziert werden oder ist ein Kredit nötig? Bei der Entscheidung für den passenden Solarkredit sollten folgende Punkte beachtet werden:

- *Wer kann über den Kredit eine Photovoltaikanlage finanzieren?* – Einige Angebote sind für bestimmte Personengruppen und/oder Unternehmen vorgesehen. Bei anderen werden bestimmte Berufsgruppen wie Freiberufler ausgenommen.
- *Welche Anlagen können über den Kredit finanziert werden?* – Sehr oft ist eine Finanzierung von Inselanlagen nicht möglich. Auch die Frage, ob nur die Solarmodule oder auch andere Komponenten finanziert werden, also die betriebsfertige Anlage, sollte beachtet werden. Dazu gehören beispielsweise auch Stromspeicher.
- *Ist eine hundertprozentige Finanzierung mit dem Kredit möglich?* – Die meisten Anbieter von Solarkrediten sehen zwar eine 100-%-Finanzierung vor, aber einige verlangen auch einen bestimmten Anteil an Eigenkapital. Sie kommen also nur infrage, wenn dieses auch vorhanden ist.
- *Wird die Mehrwertsteuer vorfinanziert?* – Zwar erhält man als Betreiber die Mehrwertsteuer nach der Vorsteuererklärung vom Finanzamt zurück. Das kann aber eine Weile dauern. Daher ist es durchaus interessant, ob diese 19 % von der Bank zwischenfinanziert werden.
- *Welche Konditionen umfasst das Kreditangebot?* – Hierbei geht es nicht nur um die Zinsen, sondern noch eine Reihe weiterer Punkte: Effektivzins, Laufzeit, tilgungsfreie Anfangsjahre, Tilgungszuschuss, Sondertilgung, Abschlusskosten und Bearbeitungsgebühr
- *Welche Sicherheiten verlangt das Kreditinstitut?* – Ein Grundbucheintrag ist teuer und kann bei einem späteren Verkauf des Hauses durchaus Nachteile mit sich bringen. Außerdem ist ein erstrangiger Grundbucheintrag häufig bei Häusern, für die noch ein Hypothekendarlehen läuft, schlecht möglich. Viele Kreditinstitute geben sich mit einer Abtretung der Forderung an der Einspeisevergütung zufrieden.

Schließlich geht es nach der Finanzierung auch um die Erträge, die über die Einspeisevergütung oder die Direktvermarktung erzielt werden. Auch hier gibt es einige beachtenswerte Punkte:

- *Wird für die Anlage eine Einspeisevergütung gezahlt?* – Inselanlagen erhalten naturgemäß keine Vergütung. Bei netzgekoppelten Anlagen muss auf Anlagengröße und vor allem den Standort geachtet werden. Die durchschnittliche kleine Anlage auf Dach oder Lärmschutzwand erhält zwar die Vergütung, größere Anlagen sind seit August 2014 grundsätzlich ausgenommen und zur Direktvermarktung verpflichtet.
  - *Wie hoch ist die Einspeisevergütung zum geplanten Installationstermin?* – Trotz der umgesetzten kontinuierlichen Degression lohnt es sich aufgrund der niedrigen Vergütungssätze kaum, beim Termin Druck zu machen.
-



# Photovoltaik Technik

Die komplette Photovoltaikanlage besteht ja nicht nur aus den Solarmodulen, die in ihrer Gesamtheit den Solargenerator bilden. Vielmehr sind sämtliche Komponenten zu beachten, die auch alle aufeinander abgestimmt werden müssen, damit ein optimales Ergeb-

nis erzielt werden kann, also möglichst hohe Erträge. Allerdings müssen hinsichtlich ihrer Komponenten Inselanlage und netzgekoppelte Anlagen unterschieden werden. Wir haben zur Technik einer Photovoltaikanlage einige Inhalte zusammengefasst.

# Photovoltaikanlage Komponenten

Die komplette Photovoltaikanlage besteht ja nicht nur aus den Solarmodulen, die in ihrer Gesamtheit den Solargenerator bilden. Vielmehr sind sämtliche Komponenten zu beachten, die auch alle aufeinander abgestimmt werden müssen, damit ein optimales Ergebnis erzielt werden kann, also möglichst hohe Erträge. Allerdings müssen hinsichtlich ihrer Komponenten Inselanlage und netzgekoppelte Anlagen unterschieden werden.

## Inselanlage

Eine Inselanlage ist nicht an das öffentliche Stromnetz angeschlossen. Deshalb unterscheidet sie sich von der netzgekoppelten Anlage in wesentlichen Komponenten. Eine Inselanlage besteht aus:

1. Solarmodule – diese werden in Strings zusammengeschaltet, die Strings wiederum zum sogenann-



ten Solargenerator gekoppelt.

2. Generatoranschlusskasten – hier werden die Solarmodule zum Generator zusammengeschaltet.

3. Verkabelung – hierbei ist auf den Leitungsdurchschnitt zu achten, der unter anderem von der Größe des Solargenerators, aber auch von der Leitungslänge abhängt. Zudem muss das Kabel zwischen Wechselrichter und Batterie so gewählt werden, dass es für die hohen Ströme geeignet ist.

4. Energiespeicher – der Energiespeicher oder Akkumulator spielt bei der Inselanlage eine wesentliche Rolle, denn durch ihn sollen Zeiten, in denen kein Solarstrom

produziert werden kann, aber Energie benötigt wird, zuverlässig überbrückt werden. Die Auslegung richtet sich nach der Größe des Solargenerators und dem jeweiligen Energiebedarf.

5. Laderegler – sind wichtig, um die Lebensdauer der Akkumulatoren zu verlängern. Laderegler haben in der Inselanlage die Aufgabe, Tiefentladungen oder Überladungen der Batterie zu verhindern. Laderegler müssen zur gewählten Batterieart passen. Außerdem werden sie so ausgelegt, dass sie zum Maximalstrom der Module und der Verbraucher passen. Es gibt sogenannte Serienregler, Shuntregler und teurere MPP-Regler. Laderegler können nicht nachträglich an eine

veränderte Solaranlage (Zubau von Modulen) angepasst werden.

6. Insel-Wechselrichter – auch bei Inselanlagen besteht häufig der Wunsch, dass auch Verbraucher angeschlossen werden sollen, die nicht mit Gleichstrom betrieben werden können. Deshalb sind auch hier Wechselrichter notwendig. Näheres dazu unter dem Stichpunkt Wechselrichter.

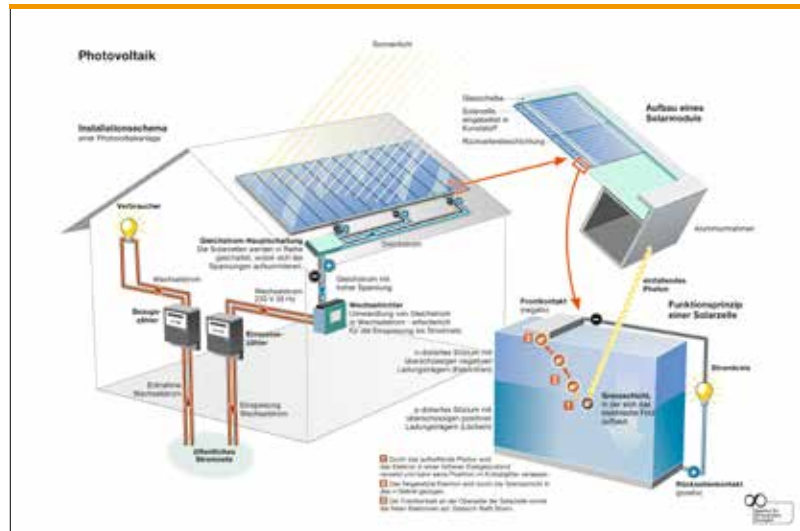
**Tipp:**

Für Wohnmobile oder Boote, aber auch für Garten- und Wochenendhäuser gibt es Komplett-Sets, die alle notwendigen und optimal aufeinander abgestimmten Komponenten enthalten.

**Netzgekoppelte Photovoltaikanlage**

Bei einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage sind manche Komponenten ähnlich wie bei der Inselanlage, einige fallen weg, andere Komponenten kommen hinzu:

- 1. Solarmodule – werden ebenso zu Strings beziehungsweise dem Solargenerator zusammengeschaltet.
- 2. Generatoranschlusskasten – dieser ist natürlich auch bei netzge-



koppelten Photovoltaikanlagen notwendig. Hier finden sich auch Sicherungen für die Strings.

3. Verkabelung – zu unterscheiden ist die Verkabelung für den Gleichstrom von den Modulen bis zum Wechselrichter und die Wechselstromverkabelung vom Wechselrichter bis hin zum Einspeisepunkt. Auch bei der netzgekoppelten Anlage hängen die Querschnitte von der Leistung der Solarmodule und des Wechselrichters sowie der Länge der Kabel ab.

4. Wechselrichter – sie sind ganz entscheidende Komponenten, die den Wirkungsgrad der gesamten Anlage mit bestimmen. Näheres zu Arten, Anzahl und Auslegung unter dem Punkt Wechselrichter.

5. Zähler – Bei der netzgekoppelten Photovoltaikanlage muss gemessen werden, wie viel Strom ins Netz eingespeist wird. Das übernimmt der Einspeisezähler. Näheres dazu unter dem Punkt Einspeisezähler.

6. Einspeisemanagement – bietet eine Fernüberwachungsmöglichkeit durch die Netzbetreiber. Näheres hierzu unter dem Punkt Einspeisemanagement.

7. Stromspeicher – Auch bei netzgekoppelten Anlagen kann optional ein Stromspeicher genutzt werden, um Überschuss an Solarstrom tagsüber zu speichern um ihn dann abends/nachts zu nutzen. Hier ist ebenso zur Kontrolle der Lade- und Entladevorgänge entsprechende Elektronik notwendig.

# Solarmodule

Die Solarmodule sind die entscheidende Komponente einer Photovoltaikanlage. In ihnen wird je nach Größe eine unterschiedliche Anzahl an Solarzellen zusammengeschaltet. Für eine Photovoltaikanlage werden dann mehrere Solarmodule zu sogenannten Strings verschaltet. Mehrere Strings ergeben dann den gesamten Solargenerator.

## Funktion einer Solarzelle

Eine Solarzelle ist letztlich eine Halbleiterdiode. Hier wird die Strahlungsenergie in Gleichstrom verwandelt. Physikalisch erklärt werden kann dies durch den sogenannten Photoeffekt. In einer Solarzelle werden unterschiedlich dotierte Halbleiterschichten zusammengesetzt. An dem Übergang zwischen diesen beiden Schichten (die eine positiv, die andere negativ), dem p-n-Übergang, entsteht ein elektrisches Feld,

das die beiden Schichten voneinander trennt und verhindert, dass die Ladungen sich ausgleichen. Gleichzeitig erlaubt die Grenzschicht, dass der Strom nur in eine Richtung fließt, wenn der Stromkreis geschlossen wird. Je nach Halbleitermaterial werden verschiedene Solarzellen unterschieden.

## Polykristalline Solarzellen

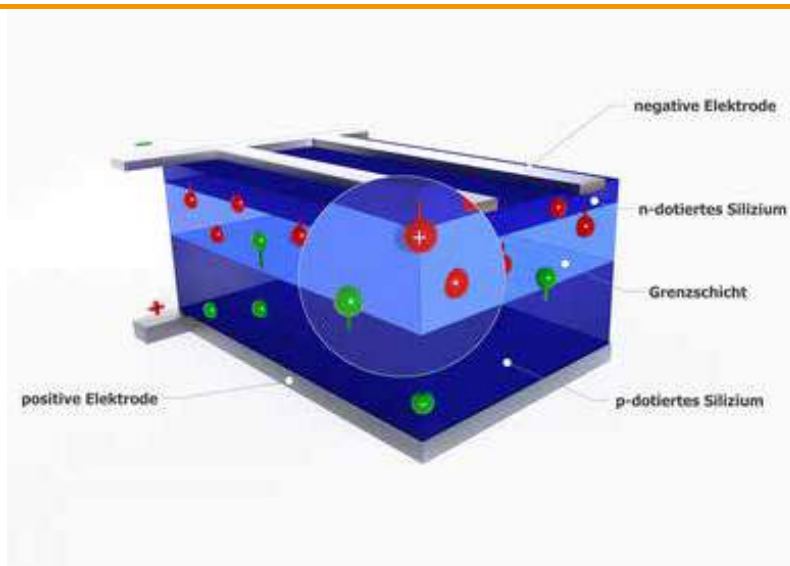
Das Halbleitermaterial bei polykristallinen Solarzellen ist Silicium. Silicium wird zur Herstellung der Solarzellen geschmolzen, mit Boratomen „verschmutzt“ (dotiert) und dann in große Blöcke gegossen, wobei verschiedene Gießverfahren angewendet werden. Das Silicium erstarrt dann zu den sogenannten Ingots. Diesen Ingots werden anschließend in Scheiben gesägt, den sogenannten Wafern, und abschließend mit einer Antireflexionsschicht versehen. Dieses Herstellungsver-



fahren bedingt, dass die Kristalle sich unterschiedlich ausrichten. An den Grenzen der einzelnen Kristalle, den sogenannten Korngrenzen, entstehen Verluste. Daher ist der Wirkungsgrad polykristalliner geringer als der monokristalliner Solarzellen. Die Herstellung ist preiswert.

## Monokristalline Solarzellen

Auch monokristalline Solarzellen werden aus dem Halbleiter Silicium hergestellt. Allerdings sorgt ein anderes Herstellungsverfahren dafür, dass sich die Ingots aus einem sogenannten Einkristall bilden. Anschließend werden auch hier die Wafer gesägt. Da es keine unterschiedliche Kristallorientierung gibt, entfallen die Korngrenzen im Wafer und es entstehen weniger Verluste. Damit ist der Wirkungsgrad der monokristallinen Solarzellen höher. Die Fertigung ist vergleichsweise teuer, der Energieaufwand hoch.





### Dünnschichtzellen

Dünnschichtzellen werden ganz anders hergestellt als monokristalline oder polykristalline Solarzellen. Hier wird ein Trägermaterial mit dem Halbleiter beschichtet. Dünnschichtzellen kommen daher mit sehr wenig Rohstoff aus und sie lassen sich vergleichsweise einfach herstellen. Die Auswahl an Halbleitermaterial ist groß: Neben Silicium (amorphe Siliciumzellen) kommen auch Galliumarsenid (GaAs), Cadmiumtellurid (CdTe), Kupferindiumselenid (sogenannte CIS-Zellen) oder auch Farbstoffe (Grätzelzelle oder Farbstoffzelle) infrage. Der Wirkungsgrad von Dünnschichtmodulen ist geringer als der von kristallinen Zellen. Sie haben aber andere Vorteile wie die preiswerte Fertigung, das geringe Gewicht, den geringen Rohstoffbedarf und die verglichen mit kristallinen Zellen höheren Erträge auch bei diffuser Strahlung.

**Tipp:**

Bei der Auswahl der passenden Solar-

*module die verschiedenen Vor- und Nachteile gut gegeneinander abwägen. Ist relativ viel Platz vorhanden (Scheunendach), bei ungünstiger Ausrichtung viel diffuser Strahlung bieten sich eher Dünnschichtmodule und bei begrenztem Platz (Einfamilienhaus) wird man auf mono- oder polykristalline Module zurückgreifen.*

### Aufbau eines Solarmoduls

In einem Solarmodul werden mehrere Solarzellen verschaltet. Diese Solarzellen werden dann verkapselt, um sie gegen Witterungseinflüsse zu schützen. So wird gleichzeitig auch für eine gute Wärmeableitung gesorgt und die Zellen nach außen hin isoliert. Ein Solarmodul besteht deshalb aus einem Rahmen, der unten abgedeckt wird durch eine Folie und der zudem das Einbettungsmaterial für die Solarzellen enthält, üblicherweise den Kunststoff Ethylenvinylacetat. Abgedeckt werden die Module mit einer Glas-

schicht. Normalerweise wird ein besonders durchlässiges, eisenarmes Glas genutzt, das gleichzeitig gegen mechanische Belastungen wie etwa Schneelasten schützt. Der Schichtaufbau eines Dünnschichtmoduls sieht dagegen wie folgt aus: Trägermaterial – Laminierfolie – Abdeckung (zum Beispiel Glas). Wird das Halbleitermaterial bei der Dünnschichtzelle dagegen gleich auf das Glas aufgedampft, dann folgt auf die Glasabdeckung das Laminat und schließlich eine Rückenabdeckung.

**Tipp:**

*Vergleich von Solarmodulen. Soll bei der Auswahl vor allem die Leistung der Solarmodule verglichen werden, dann muss darauf geachtet werden, dass die Leistung sich auf eine bestimmte Fläche bezieht. Die Nennleistung muss bei gleicher Abmessung höher sein, damit die gesamte Photovoltaikanlage leistungsfähiger ist.*



---

### **Hier noch einmal die Vor- und Nachteile der verschiedenen Solarzellen im Überblick**

- polykristalline Solarzelle*
- + preiswerte Fertigung
  - + lang erprobte Technik
  - geringer Wirkungsgrad
  - entsprechend höherer Flächenbedarf (9-11m<sup>2</sup>/kW<sub>p</sub>)
- monokristalline Solarzelle*
- + hoher Wirkungsgrad
  - + geringerer Flächenbedarf (7-9 m<sup>2</sup>/kW<sub>p</sub>)
  - + unterschiedliche Farben möglich
  - + lang erprobte Technik
  - teure Fertigung
  - hoher Rohstoffverbrauch
- Dünnschichtzellen*
- + preiswerte Herstellung
  - + geringer Rohstoffbedarf
  - + auch für diffuse Strahlung
  - + temperaturbeständig
  - + flexibles Trägermaterial
  - geringer Wirkungsgrad
  - hohe Anfangsdegradation
-

# Wechselrichter

Solarzellen produzieren systembedingt Gleichstrom. Um den Solarstrom entweder selbst nutzen zu können oder ihn in das öffentliche Netz einspeisen zu können, werden deshalb Wechselrichter benötigt, deren Aufgabe die Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom ist.

## Verschiedene Arten von Wechselrichtern

Zunächst sind Wechselrichter danach zu unterscheiden, ob sie in einer Inselanlage oder einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage eingebaut werden. Zudem werden Wechselrichter danach unterschieden, wie viel Module oder Strings an ihnen angeschlossen werden. Wechselrichter gibt es außerdem trafolos oder mit Trafo.

## Inselwechselrichter

Ein Inselwechselrichter bezieht sei-

nen Gleichstrom aus der Batterie. Das heißt, er wird auf die Batteriespannung abgestimmt. Gleichzeitig muss ein Inselwechselrichter auf der Ausgangsseite, also auf der Wechselstromseite, gerade so viel Leistung bieten, wie der angeschlossene Verbraucher benötigt. Deshalb wird die Ausgangsspannung von Inselwechselrichtern geregelt und ist nicht lastabhängig. Bei der Auswahl muss auf die Ausgangsleistung geachtet werden. Sie muss für die angeschlossenen Verbraucher groß genug sein.

## Modulwechselrichter für netzgekoppelte Anlagen

Modulwechselrichter werden für ein einzelnes Modul eingesetzt. Dabei benötigt man entsprechend viele Wechselrichter. Dies kann aber dennoch sinnvoll sein, wenn die einzelnen Module unterschiedlich ausgerichtet sind und sehr unterschiedliche Leistung bringen. Modulwechselrichter bieten hervorragende Optimierungsmöglichkeiten, geeignet für kleinere Anlagen.

## Stringwechselrichter für netzgekoppelte Anlagen

Stringwechselrichter sind weit verbreitet. Mehrere Strings laufen hier in einem Wechselrichter zusammen. Sie bieten ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis, geeignet für kleinere bis mittlere Anlagen. Vorteil: Verschiedene Ausrichtung oder Verschattungen haben weniger Einfluss.



## Multistringwechselrichter für netzgekoppelte Anlagen

Hier werden ebenfalls mehrere Strings von einem Wechselrichter bedient. Bei Multistringwechselrichtern kommen gleich mehrere MPP-Tracker zum Einsatz, die für jeden String den optimalen Arbeitspunkt ermitteln. Sie sind eine Alternative zu Stringwechselrichtern bei größeren Anlagen.





### Zentralwechselrichter für netzgekoppelte Anlagen

Sie kommen in Großanlagen zum Einsatz und sind vor allem dann sinnvoll, wenn es sich um eine sehr homogene Anlage eignet, bei der alle Strings die gleiche Neigung aufweisen und auch gleich ausgerichtet sind. Sie erzielen gute Wirkungsgrade und lassen sich in Großanlagen besonders gut warten.

### Anzahl an Wechselrichtern

Die Frage, wie viel Wechselrichter für eine Photovoltaikanlage ideal sind, lässt sich nicht einfach beantworten. Zum Teil ist es regelrechte Glaubenssache. Für wenige Wechselrichter spricht, dass zum Beispiel die Montage beziehungsweise Verdrahtung einfacher ist, es auf jeden Fall billiger ist, nur einen großen

Wechselrichter zu installieren und es einfacher sein kann, einen großen als mehrere kleine Wechselrichter unterzubringen. Zudem ist die Fehlersuche einfacher. Für mehrere Wechselrichter spricht dagegen, dass bei einem Defekt nicht gleich die gesamte Photovoltaikanlage lahmliegt, mehrere kleine Wechselrichter sich eventuell leichter verteilen lassen. Außerdem lassen sie sich hervorragend auf unterschiedlich ausgerichtete Module anpassen, damit werden zum Beispiel Verschattungsprobleme geringer.

### Bedeutung der Wechselrichter für den Ertrag

Die Leistung der Photovoltaikanlage wird durch die Wahl der Wechselrichter ganz entscheidend beeinflusst. Der gesamte erzeugte Gleichstrom muss durch die Wechselrichter hindurch, bevor er ins Netz eingespeist wird. Daher hat der Wirkungsgrad der Wechselrichter und seine optimale Auslegung einen enormen Einfluss auf den gesamten Anlagenenertrag.

### Optimale Auslegung von Wechselrichtern

Die Auslegung eines Wechselrichters richtet sich nach vier Kriterien:

1. Eingangsleistung der Module - Die Leistung, die die Strings oder

der Generator erbringen, sollte unter der max. Leistung des Wechselrichters liegen. Meist wird mit einem Faktor zwischen Modulleistung und Nennleistung des Wechselrichters von 0,9 bis 1,2 gerechnet.

2. Maximale Modulanzahl - Diese ist abhängig von der maximalen Gleichstrom-Eingangsspannung des Wechselrichters. Achtung: Die Spannung steigt bei niedrigen Temperaturen. Die Leerlaufspannung sollte immer unter der maximalen Eingangsspannung des Wechselrichters liegen.

3. Minimale Modulanzahl - Die Spannung der Solarmodule ist am Maximum Power Point am höchsten. Die MPP-Spannung des Wechselrichters muss durch eine entsprechend hohe Anzahl an Modulen immer übertroffen werden.

4. Anzahl paralleler Stränge - Wird bestimmt durch den maximalen Eingangsstrom des Wechselrichters, da dieser immer größer sein muss als der Solargeneratorstrom.

---

#### Tipp:

Für die richtige Auslegung der Wechselrichter gibt es eine Vielzahl von Programmen, die von den Herstellern kostenlos zur Verfügung gestellt werden und die die genannten Punkte berücksichtigen.

---

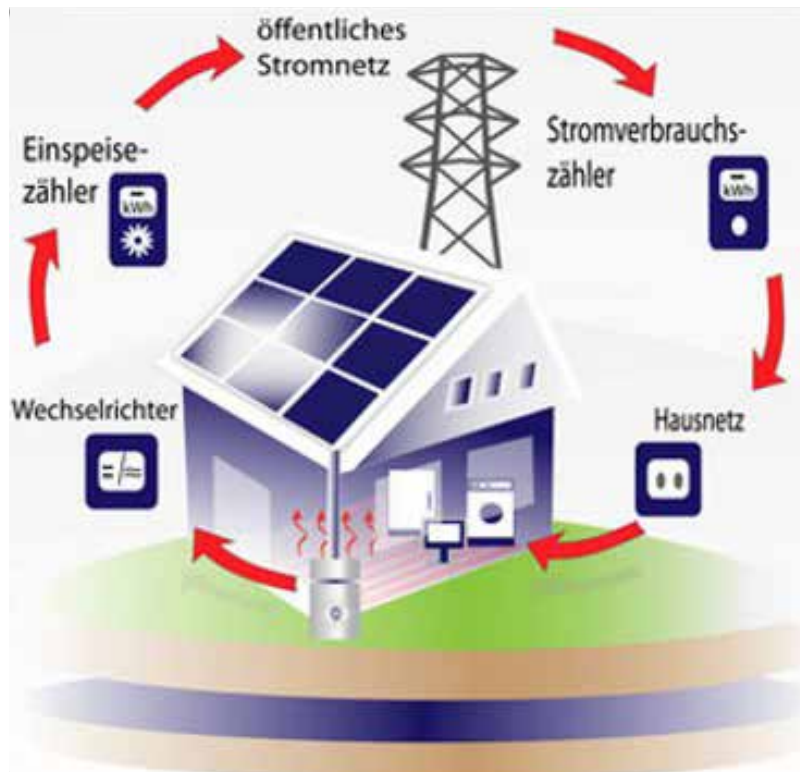
# Stromzähler

Ohne Photovoltaikanlage findet sich in jedem Keller ein Stromzähler, der den Verbrauch pro Haus oder Wohnung misst. Wird nun eine Photovoltaikanlage betrieben, gesellen sich hier noch weitere Zähler hinzu.

## Einspeisezähler

Mit dem EEG 2009 wurde endgültig festgeschrieben, dass Netzbetreiber verpflichtet sind, Solarstrom abzunehmen. Da pro Kilowattstunde eine feste Einspeisevergütung gezahlt wird, muss auch genau bekannt sein, wie viel solarer Strom in das öffentliche Netz eingespeist wird. Das übernimmt der Einspeisezähler. Der Einspeisezähler ist normalerweise Eigentum des Netzbetreibers, der im Gegenzug dafür vom Betreiber der Photovoltaikanlage eine Abschlagszahlung erhält. Allerdings können Betreiber einer Photovoltaikanlage den Einspeisezähler auch selbst beschaffen.

Der Einspeisezähler sollte mit einer Rücklaufsperrung ausgestattet sein. Geht es nach den Vorstellungen der Netzbetreiber, „sollte“ der Einspeisezähler in dem vorhandenen Zählerschrank montiert werden oder in einen eigenen, neben oder in der Nähe des vorhandenen Bezugszählers. Letztlich kann er aber an jedem sinnvollen Ort montiert werden, es besteht keine Pflicht zum Einbau in den vorhandenen Zählerkasten. Einspeisezähler müssen regelmäßig geeicht werden und den TAB 2007



(Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz) entsprechen.

## Bezugszähler

Das ist der sowieso schon vorhandene Strombezugszähler. Auch er ist mit einer Rücklaufsperrung versehen. Verbrauchs- oder Bezugszähler verbleiben immer im Eigentum des Netzbetreibers.

## Zweirichtungszähler

Sie sind eine Kombination aus Einspeisezähler und Bezugszähler in einem Gerät. Zweirichtungszähler sind auf jeden Fall Eigentum des Netzbetreibers, der dafür eine Bereitstellungsgebühr und meistens

auch eine zweite Messgebühr erhebt. Zweirichtungszähler sind insofern praktisch, als sie an der Stelle des bisherigen Bezugszählers montiert werden können und wenig Platz wegnehmen. Die Gebühren für Einspeise-, Bezugs- und Zweirichtungszähler sind von Netzbetreiber zu Netzbetreiber verschieden und liegen zwischen 30 und 80 Euro.

### Tipp:

Es muss auf jeden Fall darauf geachtet werden, dass der Zähler über alle Phasen saldiert. Das ist allerdings nicht bei allen elektronischen Zählern der Fall. Dann kann es zu falschen Eigenverbrauchszahlen kommen, wenn die Solaranlage nur an einer oder zwei Phasen angeschlossen ist,

die Verbraucher aber an drei. Wichtig ist also die Unterscheidung zwischen saldierendem oder phasenbezogenem Zähler. Arbeitet der Zähler saldierend, ergeben sich die Probleme nicht. Viele Zähler lassen sich entsprechend einstellen.

## Ertragsszähler

Auch nach Abschaffung der Eigenverbrauchsvergütung ist die Ermittlung der direkt verbrauchten Menge an Solarstrom (Eigenverbrauch) notwendig. Der Ertragsszähler misst nämlich den gesamten von der Photovoltaikanlage produzierten Strom. Im Gegensatz zum Einspeisezähler, der ja nur den Anteil misst, der in das öffentliche Netz gespeist wird. Um also den Anteil an selbst verbrauchtem Solarstrom nachweisen zu können, muss ein Ertragsszähler her. Dies ist auch aus steuerlichen Gründen notwendig, da für die Eigenverbrauchsmenge Umsatzsteuer gezahlt werden muss. Der Ertragsszähler verbleibt immer im Eigentum des Anlagenbetreibers.



# Energiespeicher

Die meisten Photovoltaikanlagen werden als netzgekoppelte Anlagen betrieben. Diese können, müssen aber keinen Energiespeicher haben. Im Gegensatz dazu müssen Inselanlagen auf jeden Fall über einen Energiespeicher verfügen.

## Notwendigkeit Energiespeicher

Ein Energiespeicher ist bei einer Inselanlage zwingend notwendig, weil das Angebot und die Nachfrage nach solarem Strom bei einer Photovoltaikanlage nicht übereinstimmen. Für eine autarke Stromversorgung muss deshalb immer über einen Energiespeicher sichergestellt werden, dass auch dann Strom zur Verfügung steht, wenn wegen Dunkelheit (nachts) oder wegen einer längeren Schlechtwetterperiode kein Solarstrom produziert wird.

## Energiespeicher in netzgekoppelten Anlagen

Neuerdings werden aber auch Energiespeicher für netzgekoppelte Photovoltaikanlagen wieder interessanter. Diese Energiespeicher sind insofern interessant, als zum einen die Einspeisevergütung so weit gesunken ist, dass es bei den heutigen Strompreisen deutlich attraktiver ist, Solarstrom selbst zu verbrauchen und diesen Anteil zu maximieren. Kann also Strom, der aktuell nicht benötigt wird, in einem Speicher auf Vorrat gehalten werden, steigt der Eigenverbrauchsanteil. Berechnungen zeigen, dass der Eigenverbrauch des produzierten Solarstroms durch passende Energiespeicher auf über 60 Prozent gesteigert werden könnte. Auch zum Auffangen von Leistungsspitzen eignet sich ein Energiespeicher in netzgekoppelten Anlagen. Für Anlagenbetreiber kann ein Energie-

speicher die Versorgungssicherheit erhöhen und für den Netzbetreiber ergeben sich Vorteile, weil das Energienetz in Spitzeneinspeisezeiten nicht überlastet wird. Darüber hinaus müssen weniger neue Stromleitungen errichtet werden. Laut Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE können durch die richtigen Speicher bis zu 60 Prozent des externen Strombezugs eingespart werden. Für ab Januar 2013 errichtete Photovoltaikanlagen wurde ein Marktanzreizprogramm aufgelegt, das Solarspeicher fördert, um Skaleneffekte zu erzielen und damit die Preise zu minimieren. Die Mittel werden über die Kreditanstalt für Wiederaufbau im Programm 275 „Erneuerbare Energien – Speicher – Strom aus Sonnenenergie erzeugen und speichern“ in Form eines Kredits mit Tilgungszuschuss zur Verfügung gestellt.

## Energiespeicher in Inselanlagen

Als Energiespeicher für Inselanlagen werden spezielle Solar-Akkumulatoren eingesetzt. Autobatterien sind grundsätzlich nicht geeignet, da sie bei den häufigen Ladezyklen schnell defekt sind. Solarbatterien sind entweder Blei-Akkumulatoren oder Lithium-Batterien. Die Akkumulatoren für Inselanlagen müssen so ausgelegt und dimensioniert werden, dass sie den Bedarf vor Ort für eine bestimmte, frei festlegbare Zeit decken können. Üblicherwei-



se wird hier mit drei bis fünf Tagen gerechnet. Die notwendige Größe des Akkumulators lässt sich dann einfach über den Verbrauch der angeschlossenen Geräte und deren täglicher Laufzeit, multipliziert mit der Anzahl der zu überbrückenden Tage, errechnen.

**Tipp:**

Bei der Auswahl des Akkus darauf achten, dass dieser möglichst verlustarm die Energie speichert. Außerdem die ausgerechnete Kapazität immer doppelt so hoch wählen, damit der Akku nicht zu häufig sehr stark entladen wird, das mindert die Lebenszeit.



# Weitere Komponenten

Zu einer Photovoltaikanlage gehört mehr als Solarmodule und Wechselrichter. Der solare Strom muss ja auch vom Dach zum Wechselrichter beziehungsweise in das Netz transportiert werden. Hierfür ist die richtige Verkabelung auszusuchen. Außerdem gibt es eine Reihe weiterer technischer Komponenten, auf die hier kurz eingegangen wird.

## Verkabelung

An die Kabel, die in einer Photovoltaikanlage die Module untereinander, Module mit Wechselrichter und Wechselrichter mit Netzeinspeisepunkt verbinden, werden sehr hohe Anforderungen gestellt. Gerade die Kabel zwischen den Modulen und zwischen Modulen und Wechselrichter sind durch ihre exponierte Lage erheblichen Witterungsbedingungen durch Sonne, Regen, Schnee und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Deshalb

darf hier auch nicht irgendein Kabel verwendet werden, sondern nur entsprechend zertifizierte Solarkabel. Die Kabel, mit denen die einzelnen Module verbunden werden, sind vormontiert.

## Kabel für Gleichstrom

Bei der Auswahl der Kabel für den Gleichstrom (also zwischen Modul und Wechselrichter) spielen zwei Faktoren eine große Rolle, die Kabellänge und der richtige Querschnitt. Diese beiden bestimmen die Verluste, die sich in den Kabeln ergeben. Großer Querschnitt bedeutet geringe Verluste, ebenso kurze Kabel. Kabel mit großem Querschnitt sind aber kostspieliger als Kabel mit geringerem Querschnitt. Natürlich gibt es auch für die Berechnung des idealen Kabelquerschnitts die passenden Programme.

## Kabel für Wechselstrom

Bei der Wahl der Kabel auf der Wechselstromseite, also vom Wechselrichter zum Einspeisepunkt ist ebenso auf den richtigen Querschnitt zu achten. Hier gilt zudem, dass die Kabel möglichst kurz sein sollten, weil die auftretenden Verluste bei der Wechselstromleitung höher ausfallen als bei der Gleichstromleitung.

## Fernsteuerung

Seit der Novelle des Erneuerbare Energien Gesetzes müssen alle Pho-

tovoltaikanlagen über 30 kW Leistung mit einer Vorrichtung versehen sein, die es dem Netzbetreiber ermöglicht, die Anlage kurzfristig vom Netz zu nehmen. Damit sollen Netzüberlastungen vermieden werden. Empfehlenswert ist diese Einrichtung zum Einspeisemanagement auch für Anlagen unter 30 kW, da diese laut EEG ab 01. Januar 2012 sonst nur 70 % ihrer Leistung einspeisen dürfen.

### Tipp:

*Bestehende Kleinanlagen müssen nicht nachgerüstet werden. Anlagen mit einer Leistung zwischen 30 kW und 100 kW mit Inbetriebnahme in den Jahren 2009 - 2011 müssen bis Ende des Jahres 2013 nachgerüstet sein.*

Die Einrichtung zur Fernsteuerung muss der Anlagenbetreiber bezahlen. Es gibt unterschiedliche Techniken, die hier genutzt werden. Üblich ist die sogenannte Rundsteuertechnik, die am Einspeisezähler montiert wird. Laut Empfehlung des VDE können die Befehle etwa über einen AC-Schütz (Ein-Aus) realisiert werden. Manche Netzbetreiber verfügen allerdings nicht über die technischen Möglichkeiten der Fernsteuerung. In diesem Fall empfiehlt der BSW, eine Lösung mit AC-Schütz und abregelungsfähigem Wechselrichter.

### Tipp:

*Die Pflicht zur Nachrüstung besteht dann, wenn der Netzbetreiber dem Anlagenbetreiber mitgeteilt hat, wie*



er das Abregelungssignal versenden will. Dann beginnt auch die Nachrüstungsfrist von drei Monaten.

## Datenlogger

Datenlogger sind meistens im Wechselrichter integrierte Speicher, die neben den Daten des Wechselrichters auch weitere Daten von zusätzlich installierten Temperatur- oder Strahlungssensoren aufzeichnen. Zudem bieten sie über entsprechende Programme die Möglichkeit, diese Daten in Grafiken verständlich darzustellen. Sie bieten sich auch für die Anlagenüberwachung an. Einige Datenlogger haben zudem die Fähigkeit, bei Fehlfunktionen eine Alarmmeldung per SMS zu senden und können sogar aus der Ferne über den Laptop oder das Smartphone geregelt werden.

## Blitzschutz

Eine Blitzschutzanlage ist für Photovoltaikanlagen eigentlich unumgänglich, um die teure Investition zu schützen. Außerdem verlangen die Versicherungsgesellschaften im Normalfall den Nachweis des Blitzschutzes bei Abschluss einer Photovoltaik-Versicherung. Das Blitzschutzkonzept sollte einerseits den äußeren Blitzschutz umfassen, durch den verhindert wird, dass ein Blitz in die Photovoltaikanlage einschlägt. Beim inneren Blitzschutz



wird durch besondere Photovoltaik-Ableiter der Potenzialausgleich sichergestellt und so Wechselrichter oder die Solarkabel geschützt.

## Feuerwehrscharter

Im Brandfall kann es zu erheblichen Problemen mit der Photovoltaikanlagen kommen. Systembedingt fließt von den Solarmodulen zum Wechselrichter immer dann ein Gleichstrom, wenn Strahlung auf die Module fällt. Das kann für Feuerwehrleute gefährliche Konsequenzen haben. Um also die Leitungen stromfrei zu schalten, werden sogenannte Feuerwehrscharter angeboten, die es ermöglichen, zentral die gesamte Photovoltaikanlage stromlos zu schalten. Zusätzlich bietet der Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) Vorlagen für Hinweistafeln an, die im Einsatzfall die Feuerwehr informiert, daß sich auf dem Dach des

Gebäudes eine PV-Anlage befindet.

### Tipp:

In Zusammenarbeit mehrerer Verbände, u.a. der Berufsfeuerwehr München, wurde die Broschüre „Brand-schutzgerechte Planung, Errichtung und Instandhaltung von PV-Anlagen“ herausgegeben, die beim BSW zu beziehen ist ([www.bsw-solar-shop.de](http://www.bsw-solar-shop.de))



# Checkliste „Photovoltaik Technik“

---

Eine Photovoltaikanlage besteht aus vielfältigen technischen Komponenten. Hier sind noch einmal die wichtigsten Punkte zusammengefasst.

---



---

## Komponenten einer Photovoltaikanlage

- *Welche Aufgabe hat die Solaranlage?* – Die Frage ist hier, ob der Strom produziert wird, um in einer Inselanlage eine autarke Stromversorgung sicherzustellen oder ob es das vorrangige Ziel ist, im Rahmen einer netzgekoppelten Anlage den Stromverbrauch zu reduzieren und über die Einspeiservergütung eine umweltfreundliche Energiequelle zu fördern.
  - *Wird die Inselanlage mit weiteren Generatoren kombiniert?* – Das können zum Beispiel Windräder oder Dieselgeneratoren sein. Aber auch bei Anwendungen auf Booten oder in Wohnmobilen müssen hier die entsprechenden Anforderungen an die Speicher (siehe dort) berücksichtigt werden.
  - *Alle notwendigen Komponenten bei der Inselanlage berücksichtigt?* – Es sind dies: Solarmodule, Montagesystem, Verkabelung, Laderegler, Akku, Wechselrichter.
  - *Alle notwendigen Komponenten bei der netzgekoppelten Anlage berücksichtigt?* – Es sind dies: Solarmodule, Montagesystem, Verkabelung, Wechselrichter, Zähler, Fernsteuerung, ggf. Stromspeicher.
- 

## Solarmodule

Bei der Auswahl der Solarmodule sind eine Reihe von Faktoren zu bedenken:

- *Wie hoch ist der Wirkungsgrad der Solarmodule?* – Es bestehen große Unterschiede zwischen monokristallinen, polykristallinen und Dünnschichtmodulen. Bei Dünnschichtmodulen ist die Temperaturabhängigkeit geringer und die Nutzung diffuser Strahlung besser im Vergleich zu kristallinen Modulen.
- *Wie groß ist die Leistungstoleranz?* – Je geringer, umso besser. Die Angaben finden sich im Datenblatt.
- *Wie sieht der Temperaturkoeffizient aus?* – Je kleiner der Leistungskoeffizient, umso besser. Ein kleiner Leistungskoeffizient besagt, dass bei Erwärmung die Leistung weniger abnimmt. Ist besonders wichtig bei Modulen, die ins Dach integriert werden, da hier eher höhere Temperaturen erreicht werden.
- *Wie viel Platz ist vorhanden?* – Ist Platz kein Problem, können auch preiswerte polykristalline Module montiert werden, die vielleicht nur etwas mehr Platz brauchen, aber der gesamte Solargenerator kann preiswerter werden.

- *Was kosten die Module?* – Unabhängig von der Qualität und dem Hersteller sind monokristalline Module teurer als polykristalline oder Dünnschichtmodule. Innerhalb einer Kategorie gilt nach wie vor, dass gute Qualität meist einen höheren Preis hat.
- *Ist ein besonderes Design gewünscht?* – Monokristalline, polykristalline und Dünnschichtmodule haben alle ein ganz individuelles Erscheinungsbild. Monokristalline Module sind dunkelblau oder schwarz, während polykristalline Module eher hellblau glitzernd aussehen. Zusätzlich können Module in ganz unterschiedlichen Farben produziert werden. Spielt also das Design eine Rolle, sollten hier die Möglichkeiten auch berücksichtigt werden.
- *Module mit oder ohne Rahmen?* – Module mit Rahmen sind stabiler, andererseits treten an den Rahmen leichter Verschmutzungen auf. Module ohne Rahmen sind daher bei geringer Dachneigung vorteilhafter.

---



---

### Wechselrichter

- *Welcher Wirkungsgrad?* – Der Wirkungsgrad des Wechselrichters bestimmt entscheidend über den Ertrag der Anlage. Der Wechselrichter ist sozusagen der Flaschenhals für den Solarstrom. Geringer Wirkungsgrad heißt geringerer Ertrag. Unbedingt als Auswahl auf den Europäischen Wirkungsgrad achten, weil hier die Strahlungsverhältnisse in Mitteleuropa mit berücksichtigt werden.
- *Welche Nennleistung?* – Der Wechselrichter wird nach der Anlagenleistung optimiert. Faustregel: Die Nennleistung des Wechselrichters sollte zehn Prozent unter der Nennleistung des Solargenerators liegen und diese nicht überschreiten.
- *Wie viele Wechselrichter?* – Das ist unter anderem eine finanzielle Frage. Kleinere Anlagen kommen meist mit zwei Multistring-Wechselrichtern aus. Die Anzahl hängt aber auch davon ab, ob Module mit unterschiedlicher Neigung oder mit Schattenproblemen kombiniert werden.
- *Datenlogger?* – Kann sinnvoll in den Wechselrichter integriert werden, viele Wechselrichter enthalten ihn serienmäßig.
- *Auswahl des Standorts* – ein Wechselrichter arbeitet optimal an einem kühlen, dunklen Standort, auch wenn Wechselrichter so robust gebaut sind, dass sie nach Herstellerangaben draußen montiert werden können.
- *Ist der Wechselrichter für Dünnschichtmodule geeignet?* – Nicht alle Wechselrichter passen, trafolose können im Allgemeinen nicht eingesetzt werden.

---



---

### Zähler

- *Wie misst der Einspeisezähler?* – Für optimale Erträge ist es wichtig, den Einspeisezähler so einzustellen, dass er wie ein Ferraris-Zähler misst, also saldierend. Sonst könnten die Erträge um bis zu einem Drittel zu gering ausfallen.

- *Einspeisezähler kaufen?* – Im Gegensatz zum Bezugszähler, der immer dem Netzbetreiber gehört, kann ein Einspeisezähler auch vom Anlagenbetreiber gekauft werden. Das kann preiswerter sein, als ihn vom Netzbetreiber zu mieten. Am besten vorher über die Kosten beim Netzbetreiber erkundigen. Ist der Einspeisezähler sein Eigentum, dann muss der Anlagenbetreiber auch die regelmäßigen Eichkosten übernehmen. Intervalle notieren!
- *Zweirichtungszähler* – Der muss auf jeden Fall vom Netzbetreiber gemietet werden, da er wie der Bezugszähler immer dem Netzbetreiber gehört. Kosten nachfragen!
- *Ertragszähler* – muss vom Anlagenbetreiber beschafft werden.

---



---

### Energiespeicher

- *Sind Autobatterien geeignet?* – Ganz klar: nein. Sie sind nicht zyklentfest und werden deshalb auch nicht sehr lange halten. Wenn ein Stromspeicher gewünscht ist, sollte es eine spezielle Solarbatterie sein. Hierbei werden grundsätzlich zwei Techniken unterschieden: Lithium- oder Bleispeicher.

---



---

### Sonstige Komponententen

- *Welche Kabel sollten gewählt werden?* – Optimal ist ein Kompromiss aus Querschnitt und Preis. Solarkabel mit hohem Querschnitt haben die geringeren Verluste, sind aber teurer. Deshalb auf Auslegungssoftware zurückgreifen. Auf jeden Fall spezielle Solarkabel nutzen (Isolation, Wetterfestigkeit, mechanisch belastbar).
  - *Blitzschutz einplanen* – besteht bereits eine Blitzschutzanlage, muss die Photovoltaikanlage integriert werden und mit den notwendigen Abständen montiert werden. Versicherungen verlangen meist den Nachweis des Blitzschutzes. Eine gesetzliche Verpflichtung besteht derzeit auf öffentlichen Gebäuden. Am besten bei der Kommune nachfragen.
  - *Feuerweherschalter einplanen* – im Brandfall kann es mit einer Photovoltaikanlage Probleme geben, da in den Gleichstromleitungen hohe Spannungen auftreten. Die Netzfreischalter, die im Wechselrichter enthalten sind, reichen nicht. Feuerweherschalter machen einzelne Freischalter an den Modulen überflüssig, die unter Umständen bei einem Brand auch nicht mehr erreicht werden können.
-



# Photovoltaik Leistung

Ein wesentliches Auswahl- und Gütekriterium bei Photovoltaikanlagen beziehungsweise Solarmodulen ist ja letztlich die Leistung bzw. der Ertrag, der mit der Solaranlage erzielt werden kann. Photovoltaikanlagen werden hinsichtlich unterschiedlichster Faktoren

bewertet. Bei der Leistungsbeurteilung kommt es daher auf den Blickwinkel an: Geht es um die Nennleistung der Photovoltaikanlage, den Wirkungsgrad der Module, den gesamten Wirkungsgrad der Solaranlage, die Ökobilanz?

# Leistungsangaben

Ein wesentliches Auswahl- und Gütekriterium bei Photovoltaikanlagen beziehungsweise Solarmodulen ist ja letztlich der Ertrag, der mit der Solaranlage erzielt werden kann. Beim Vergleich stößt man unweigerlich auf Angaben, über deren Aussagekraft sich streiten lässt und die bei der Bewertung der Anlage unterschiedlich wichtig sind.

## Kilowatt peak

Watt peak oder Kilowatt peak – dieses Maß wird als Einheit für die Leistung einer Photovoltaikanlage genannt und gleichzeitig als Charakterisierung einer Photovoltaikanlage, die xy Kilowatt peak Leistung bringt. Mit der sogenannten Peakleistung wird die Leistung von Solarmodulen unter den sogenannten STC (standardised test conditions, standardisierte Testbedingungen) beschrieben. Diese gehen von folgenden Bedingungen aus: 1000 Watt Solarstrahlung pro Quadratmeter bei 25° C Umgebungstempe-

ratur und einem bestimmten Strahlungsspektrum (Air Mass 1,5).

### Tipp:

Die STC werden in der Realität nur selten erreicht. Die Peakleistung dient also der reinen Information oder ist geeignet für den Vergleich von verschiedenen Modulen.

Die Peakleistung einer Solaranlage hängt also von zwei Dingen ab:

1. von der Leistung der Solarmodule, die installiert wurden,
2. von der Anzahl der Module bzw. Größe der Anlage.

Daher ist die Aussagefähigkeit der Angabe Watt peak begrenzt. Die Peakleistung wird in den seltensten Fällen erreicht, kann andererseits aber auch überschritten werden. Zum Beispiel an klaren Wintertagen mit hoher Sonnenstrahlung und niedriger Zelltemperatur. In einem Fall ist der Bezug auf Watt peak (Wp) / Kilowatt peak (kWp) auf jeden Fall

sinnvoll: Zum Preisvergleich von Solarmodulen wird der Preis der Anlage auf Kilowatt peak bezogen. Dann ist schnell eine Abschätzung möglich, ob die Anlage kostengünstig ist oder nicht. Die Angabe der Leistung in Watt peak ist umgekehrt interessant, wenn es um die notwendige Fläche geht, die man braucht, um 1 kWp Leistung zu installieren, etwa, wenn die vorhandene Dachfläche stark begrenzt ist. Und schließlich richtet sich sowohl die Wahl des Wechselrichters nach der Peakleistung wie auch nach dem Strom- und Spannungsbereich, in dem sich der Zustand der Anlage im Betrieb befinden kann.

## Wirkungsgrad

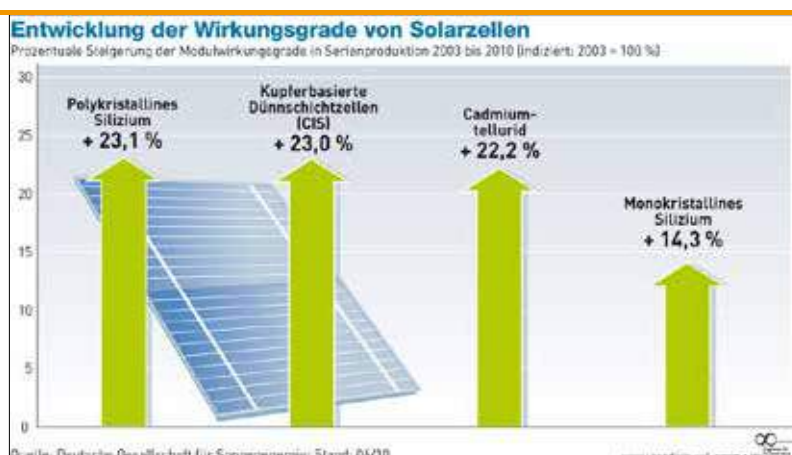
Der Wirkungsgrad einer Photovoltaikanlage wird entscheidend beeinflusst von zwei Faktoren: dem Wirkungsgrad der Solarmodule und dem Wirkungsgrad des Wechselrichters.

### Tipp:

Die Bedeutung des Wirkungsgrads des Wechselrichters kann gar nicht stark genug betont werden. Ein Wechselrichter mit schlechtem Wirkungsgrad kann die besten Wirkungsgrade der Solarmodule zunichtemachen.

## Wirkungsgrad der Solarmodule

Der Wirkungsgrad eines Solarmoduls stellt allgemein das Verhältnis



zwischen dem Energieertrag und eingestrahelter Solarenergie dar. Er gibt also Antwort auf die Frage: Wie viel der zur Verfügung stehenden Sonnenenergie wird tatsächlich in Solarstrom verwandelt? Der Wirkungsgrad von Solarmodulen ist je nach in den Modulen eingesetzter Zelltechnik sehr unterschiedlich. Auch wenn es immer wieder Berichte über neue Rekorde von 40 % beim Wirkungsgrad von Solarzellen gibt, so haben diese Erfolge in der Forschung und Entwicklung nichts mit den tatsächlich erzielbaren Wirkungsgraden von Serienprodukten zu tun.

---

**Tipp:**

*Der Wirkungsgrad sollte in Bezug zu den Kosten gesetzt werden. Bei ausrei-*

*chender Dachfläche lohnt sich die Investition in monokristalline Zellen mit höherem Wirkungsgrad eher nicht.*

---

### **Begrenzung des Wirkungsgrads**

Der Wirkungsgrad von Solarzellen, egal welcher Technologie, ist rein technologisch durch die Bandlücke der Halbleitermaterialien auf 32 bis 33 % begrenzt. Werden jedoch verschiedene Werkstoffe nach dem Prinzip der Tandemzelle kombiniert, so kann der Wirkungsgrad deutlich erhöht werden. Es gibt Berechnungen, wonach mit den sogenannten Multibandzellen ein theoretischer Wirkungsgrad von weit über 70 % erzielt werden kann.

---

### **Hier ein grober Überblick über die durchschnittlichen Wirkungsgrade der verschiedenen Solarzellen**

<i>monokristalline Solarzelle</i>	<i>18 % bis 21 %</i>
<i>polykristalline Solarzelle</i>	<i>13 % bis 16 %</i>
<i>amorphe Siliziumzelle</i>	<i>6 % bis 7 %</i>
<i>Tandemzelle</i>	<i>10 %</i>
<i>Dünnschichtzelle (CIS)</i>	<i>10 % bis 12 %</i>
<i>Dünnschichtzellen Galliumarsenid</i>	<i>20 % bis 25 %</i>
<i>Dünnschichtzellen Cadmiumtellurid</i>	<i>11 %</i>
<i>Farbstoffzelle (Grätzelzelle)</i>	<i>2 %</i>

---

# Stromerzeugung

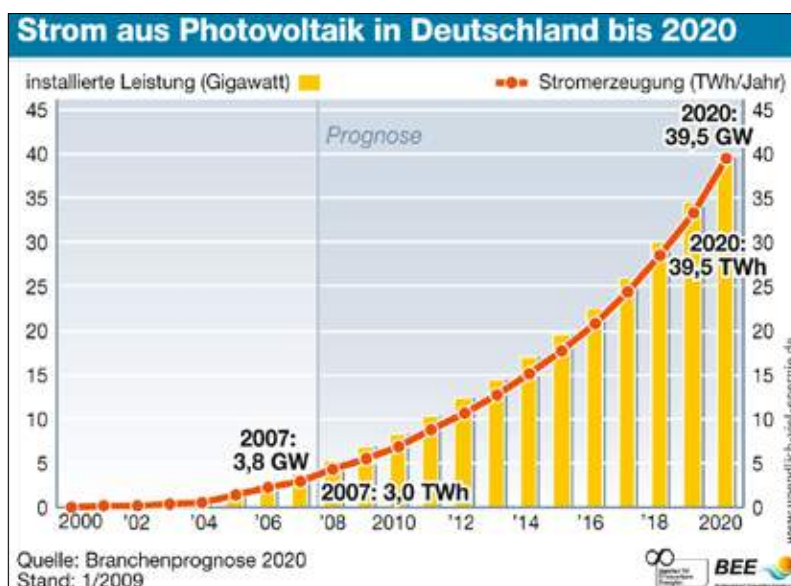
Die Stromerzeugung der Photovoltaikanlage hängt von zahlreichen Faktoren ab. Neben den Standortfaktoren spielt natürlich auch die jeweilige Anlage mit der Wahl der entsprechenden Solarmodule eine wichtige Rolle.

## Installierte Leistung

Bei einer Photovoltaikanlage wird die installierte Leistung in der Einheit Kilowatt peak angegeben. Hiermit wird die Leistung bezeichnet, die die individuelle Solaranlage unter bestimmten, standardisierten Bedingungen erbringen kann (z.B. Einstrahlung 1.000 W/m<sup>2</sup> und 25 °C Umgebungstemperatur). Bei Photovoltaikanlagen, die eine Nennleistung über 100 kWp haben, wird keine Einspeisevergütung gezahlt. Bei netzgekoppelten Anlagen wird nach Möglichkeit die Anlagenleistung auf den Verbrauch ausgelegt (Faustformel: Jahresertrag = Jahresverbrauch). Bei Inselanlagen muss die installierte Leistung insbesondere auf das Verbrauchsprofil und die Speichermöglichkeiten abgestimmt werden.

### Tipp:

Auch wenn die Dachfläche es hergibt, so sind Privatleute wegen der Vorschriften zur Einspeisevergütung mit einer installierten Leistung der Photovoltaikanlage unter 10 kW gut beraten, denn für diese Anlagen muss keine EEG-Umlage gezahlt werden. Dafür ist eine geeignete Fläche



zwischen 80 und 100 qm notwendig. Während diese Fläche bei Schrägdächern der Dachfläche entspricht, ist der Dachflächenbedarf bei Flachdächern mindestens doppelt so groß.

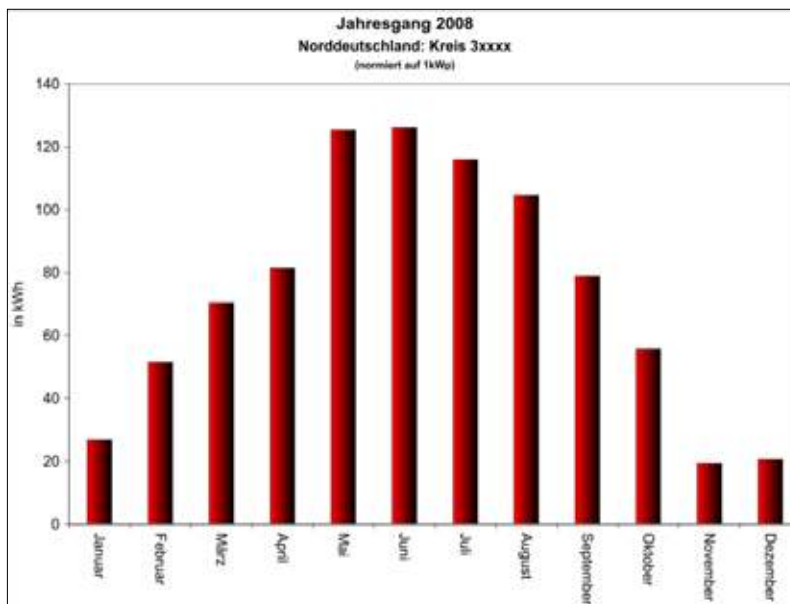
## Möglicher Ertrag

Die tatsächlich installierte Leistung ist die eine Sache – der mögliche Ertrag die andere. Natürlich hängen die beiden zusammen, unterscheiden sich aber dennoch deutlich. Wie oben beschrieben, wird die installierte Leistung oder Nennleistung der Photovoltaikanlage unter idealisierten Bedingungen ermittelt. Die geforderten 1000 Watt Strahlung und 25 Grad Zelltemperatur sowie das vorgesehene Spektrum werden nur selten erreicht. Der mögliche Ertrag der Photovoltaikanlage wird aber entscheidend von der tatsächlichen Strahlung vor Ort und den regionalen Wet-

terbedingungen bestimmt (viele wolkige oder eher viele klare Tage, wenig oder viel Luftverschmutzung etc.). Daher ist es gut zu wissen, wie hoch die durchschnittlichen Werte der Globalstrahlung am Standort der Anlage in den letzten Jahren waren. Auf diese Daten greifen im Übrigen auch die Solarrechner zu, die den möglichen Ertrag einer Anlage berechnen.

## Ermittlung des Ertrags

Bei der Planung der Photovoltaikanlage wird man auf entsprechende Software zurückgreifen, um eine grobe Ertragsprognose zu erhalten. Ohne diese ist eine Berechnung der Wirtschaftlichkeit ja gar nicht möglich. Ist die Photovoltaikanlage jedoch gebaut, werden die Erträge über die Zähler (Einspeisezähler, Eigenverbrauchszähler) ermittelt. Auch Datenlogger geben Auskunft über den Ertrag der Photovoltaikan-



lage. Aus den vom Datenlogger als Teil der Anlagenüberwachung ermittelten Daten wird auch ersichtlich, wie stark der Ertrag einer Photovoltaikanlage nicht nur im Verlauf eines Jahres, sondern auch im Verlauf des Tages schwanken kann.

### Jahresgang

Die täglichen Schwankungen im Ertrag werden auch Jahresgang genannt. Sie sind bedingt durch die Schwankungen der Globalstrahlung im Verlauf eines Jahres aufgrund der Jahreszeiten und des Wetters. Es ist klar, dass bei schlechtem Wetter oder kürzerer Sonnen-

scheindauer im Winter weniger Ertrag mit der Photovoltaikanlage erzielt werden kann als bei strahlendem Sonnenschein oder besonders langer Sonnenscheindauer im späten Frühjahr und im Frühsommer. Mit anderen Worten: Das Angebot an solarer Strahlung verändert sich im Laufe des Jahres immer wieder. Und damit auch der Ertrag. Es gibt Datenbanken, die den Jahresgang der Globalstrahlung für bestimmte Orte darstellen. immer wieder.

#### Tipp:

Bei Inselanlagen muss der Jahresgang bei der Auswahl der Speichergröße berücksichtigt werden. Wird

der Strom der Inselanlage vor allem im Sommer im Gartenhaus genutzt, muss anders geplant werden als für ganzjährig genutzte Anlagen.

### Tagesgang

Der Tagesgang ergibt sich aus den stündlichen Verbrauchs- oder Ertragswerten im Zeitraum eines Tages. Hier kann es sein, dass der Tagesgang für Wochentage gänzlich anders aussieht im Vergleich zum Wochenende. Klar, dass eine Photovoltaikanlage nachts keinen Strom erzeugt. Der Tagesgang zeigt die Schwankungen im Ertrag der Anlage noch detaillierter als der Jahresgang. Gerade bei Anlagen, bei denen entschieden werden muss, ob die Anlage eher nach West oder Ost ausgerichtet werden soll, kann ein Blick auf den typischen Tagesgang vor Ort Aufschluss geben.

#### Tipp:

Je nach Region kann eine Ausrichtung nach Westen sinnvoller als nach Osten sein, weil Frühnebel morgens und den Vormittagstunden für weniger Erträge sorgen.

# Einsparpotenzial

Seitdem es kaum noch einen nennenswerten Betrag für die Einspeisevergütung gibt und die Strombezugskosten fast 30 Cent pro Kilowattstunde kosten, steht vor allem das Einsparpotenzial bei der Planung von Photovoltaikanlagen im Mittelpunkt und weniger die Netzeinspeisung.

## Eigenverbrauch

Der Eigenverbrauch wird schon seit einiger Zeit nicht mehr vergütet. Dennoch soll die Nutzung des produzierten Solarstroms vor Ort gefördert werden. Auch wenn für den selbst verbrauchten Strom mit der Verabschiedung des neuen EEG 2014 eine anteilige EEG-Umlage fällig wird (bei Anlagen > 10 kWp), ist der selbst produzierte Solarstrom immer noch preiswerter als von einem Energieunternehmen bezogener Strom. Die Kosten für selbst verbrauchten Strom entsprechen ja der Einspeisevergütung + der anteiligen EEG-Umlage.

### **Tipp:**

*Anlagen bis 10 kWp sind von der EEG-Umlage befreit. Damit wird es für die Besitzer kleinerer Dachanlagen noch vorteilhafter, den Solarstrom auch selbst zu nutzen.*

## Speichermöglichkeit

Unterstützt wird der Eigenverbrauch durch entsprechende Spei-



cher, die die Spreizung zwischen Angebot und Nachfrage vermindern können. Bei Inselanlagen ist die Pufferung über Speicher zur Überbrückung längerer Tage ohne Solarstromangebot ja üblich. Aber auch für netzgekoppelte Photovoltaikanlagen bietet es sich angesichts der geänderten Vergütungssätze und gleichzeitig gestiegenen Strombezugskosten an, über eine Integration von Speichern in die Anlage nachzudenken. Durch einen solchen Energiespeicher kann der Eigenverbrauch erheblich gesteigert werden. Im Bereich der Kleinanlagen auf einem Einfamilienhaus mit einer Nennleistung von 4 bis 5 kW liegt die Eigenverbrauchsquote bei üblicherweise 20 bis 30 % (berufstätiger Haushalt). Mit einer entsprechend ausgelegten Batterie (nutzbare Kapazität ca. 4 bis 5 kWh) kann den Eigenverbrauch auf rund 70 % des insgesamt produzierten Solarstroms gesteigert werden. Damit steigt natürlich auch das

Einsparpotenzial erheblich. Die finanziellen Einsparungen hängen letztlich von der Differenz zwischen Einspeisevergütung und dem Preis für Bezugsstrom ab.

## Netzparität

Aufgrund der Tatsache, daß die solaren Stromgestehungskosten derzeit bei ca. netto 10 Cent pro Kilowattstunde liegen und damit deutlich



unter den Strombezugskosten (ca. 24 Cent/kWh) ist die sogenannte Netzparität in Deutschland bereits seit Anfang 2012 erreicht.



### **Förderung von Stromspeichern**

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie fördert inzwischen die Errichtung von Stromspeichern für Solarstrom durch einen erheblichen Tilgungszuschuss zu dem unten beschriebenen Kredit der KfW. 30 % der Investitionskosten für das Speichersystem werden also vom BMWi übernommen. Zur genauen Ermittlung des tatsächlichen Förderbetrags finden sich auf der Internetseite der KfW entsprechende Rechenhilfen. Die KfW bietet in ihrem Programm 275 Erneuerbare Energien Speicher zinsgünstige Kredite. Mit dem Pro-

gramm werden die Kosten der Speichersysteme zu 100 % finanziert, wobei die Zinssätze bei günstigen 1,20 % Effektivzins beginnen – abhängig von der Laufzeit und der Bonität des Antragstellers. Besonders interessant ist hier, dass die Speicher auch für schon bestehende Photovoltaikanlagen gefördert werden, wenn die Solaranlage nach dem 21.12.2012 errichtet wurde. Die Kredithöhe beträgt maximal 660 Euro pro kWp incl. der Photovoltaikanlage. Je nach Laufzeit werden ein bis drei tilgungsfreie Jahre gewährt.

# Leistungsbewertung

Photovoltaikanlagen werden hinsichtlich unterschiedlichster Faktoren bewertet. Bei der Leistungsbewertung kommt es daher auf den Blickwinkel an: Geht es um die Nennleistung der Photovoltaikanlage, den Wirkungsgrad der Module, den gesamten Wirkungsgrad der Solaranlage, die Ökobilanz?

## Nennleistung

Die Nennleistung von Photovoltaikmodulen wird angegeben in Watt peak und unter standardisierten Bedingungen (STC) getestet. Da alle Module nach den gleichen STC getestet werden, ist zwar im Prinzip die Vergleichbarkeit gesichert. Gleichzeitig werden aber bestimmte Faktoren erst gar nicht berücksichtigt. Deshalb sollten hierüber nur Module verglichen werden, die dieselben Zellen verwenden, also nicht Dünnschichtzellen mit monokristallinen Zellen. Dafür müssen

ten auch der Temperaturkoeffizient (das heißt, das Verhalten des Wirkungsgrads bei Erwärmung der Zellen) und die Adsorptionsfähigkeit von diffusem Licht (Schwachlichtverhalten) berücksichtigt werden.

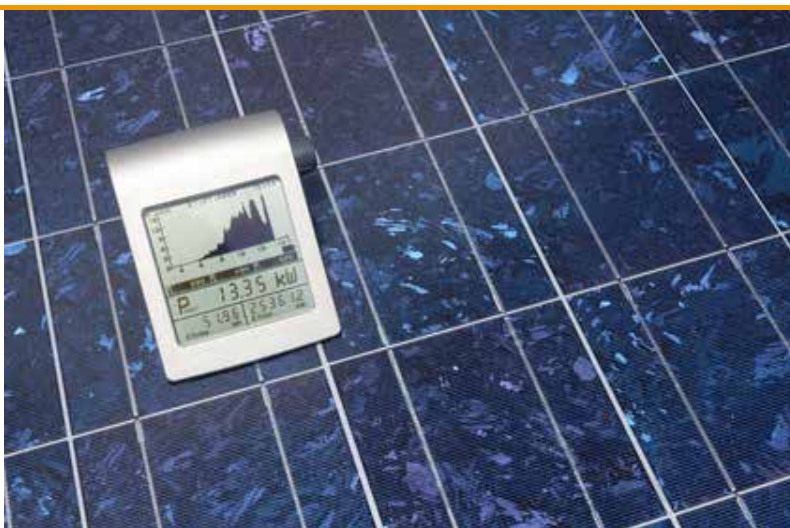
## Energetische Amortisationszeit

Die energetische Amortisationszeit wiederum bezeichnet den Zeitpunkt in Jahren, ab dem eine Photovoltaikanlage mehr Energie produziert, als für ihre Herstellung genutzt wurde. Je schneller sich eine Photovoltaikanlage energetisch amortisiert, umso besser. Die energetische Amortisationszeit ist also für die ökologische Bewertung von Photovoltaikanlagen wichtig. Allerdings ist sie nicht einfach zu bewerten, da die gesamte Wertschöpfungskette berücksichtigt werden muss. Zudem hängt die energetische Amortisationszeit natürlich vom Standort der Anlage ab, in

südlichen Ländern deutlich kürzer ist als im Norden oder in Schlechtwetterregionen, ist die energetische Amortisationszeit bei hoher Globalstrahlung schneller erreicht. Daten zu energetischen Amortisationszeiten sind gerade bei Photovoltaikmodulen häufig veraltet. Das liegt daran, dass die Entwicklung hier so schnell fortschreitet. Man kann davon ausgehen, dass die energetische Amortisationszeit für PV-Anlagen in Mitteleuropa heute bei ca. 2 bis 3 Jahren liegt.

## Ökobilanz von Photovoltaikanlagen

Man hört viel Gutes über Photovoltaikanlagen: Sie sind wirtschaftlich, sie haben eine gute CO<sub>2</sub>-Bilanz, ihr Ressourcenverbrauch ist vergleichsweise gering etc. Das sind zwar lauter Aspekte, die bei der Erstellung einer Ökobilanz eine Rolle spielen, aber es fehlt für eine richtige Lebenszyklusbewertung noch eine ganze Menge. Ökobilanz bedeutet, die Photovoltaikanlage vom Rohstoffabbau (also der Herstellung von Silizium aus Quarzsand) bis hin zur Entsorgung oder dem möglichen Recycling der ausgedienten Module zu betrachten. Dabei geht es in jeder Phase um die Umweltwirkungen. Und das ist keine einfache Aufgabe. Die Bilanz zu erstellen ist so schwierig, weil gerade in der Nutzungsphase der Module sehr viele Parameter einwirken, die eine Bewertung nahezu unmöglich machen. So spielt der Standort, wie





schon beschrieben, eine sehr große Rolle. Aber auch das Herstellungsland: Mit welchem Strommix etwa wird das Silizium produziert? Das ist von Land zu Land sehr unterschiedlich. Außerdem hängt der Energieverbrauch bei der Produktion von der Zellart und den Fertigungsanlagen ab. Untersuchungen des Fraunhofer Instituts für Bauphysik haben gezeigt, dass die Ökobilanz von Photovoltaikanlagen immer besser wird und dass sie eindeutig besser ist als bei fossilen Kraftwerken.



# Photovoltaik Installation

Ein ganz wesentlicher Punkt vor der Installation ist die Entscheidung für das passende Montagesystem. Diese Entscheidung richtet sich nicht nur nach der Art des Daches, sondern hängt auch davon ab, für welche Solarmodule man sich entschieden hat, wie

schwer diese sind, ob mit Rahmen oder ohne und wie hoch die Belastungen durch Wind oder Schnee ausfallen können. Wir haben einige interessante Informationen zur Installation einer Photovoltaikanlage veröffentlicht.

# Montage

Die Photovoltaikanlage ist bestellt, wird geliefert und muss an ihren Bestimmungsort. Handelt es sich nicht um eine professionelle Großanlage, wird der Solargenerator vermutlich auf einem Dach seinen Platz finden. Wurde die Anlage von einem Solarfachbetrieb geplant, wird dieser – oder ein von ihm beauftragter Handwerker – die Montage der Solarmodule übernehmen. Einige zukünftige Betreiber der Solaranlage möchten diese aber gern selbst montieren. Dann steht zunächst die Auswahl des richtigen Montagesystems aus. Dieser Punkt sollte auch mit dem Solarfachbetrieb besprochen werden, das Montagesystem angeboten hat.

## Das passende Montagesystem

Ein ganz wesentlicher Punkt vor der Installation ist die Entscheidung für das passende Montagesystem. Diese richtet sich nicht nur nach der Art des Daches, sondern hängt auch davon ab, für welche Solarmodule man sich entschieden hat, wie schwer die Solarmodule sind, ob mit Rahmen oder ohne und wie hoch die Belastungen durch Wind oder Schnee ausfallen können.

### Tipp:

Bei Selbstmontage darauf achten, dass die elektrischen Verbindungen und Anschlüsse von einem Fachmann durchgeführt werden!



## Montagesysteme für Flachdächer

Flachdächer sind sehr gut für Photovoltaikanlagen geeignet. Solarmodule werden hier aufgeständert montiert. Denn dann können die Solarmodule in der richtigen Neigung und vor allem in der optimalen Ausrichtung montiert werden. Dafür gibt es unterschiedliche Lösungen. Es gibt entsprechende

Metallgestelle, üblicherweise aus Aluminium, die mit Schrauben oder anderen Verbindungen auf dem Dach montiert werden. An diesen werden dann die Module mit passenden Klammern befestigt. Diese Systeme haben jedoch den Nachteil, dass die Dachhaut durchdrungen wird und die Gefahr von Undichtigkeiten besteht. Andere Befestigungssysteme werden mit Gewichten auf dem Dach be-





schwert. Manche Systeme werden miteinander verschraubt, um die Stabilität insgesamt zu erhöhen und nur an den Rändern des Daches befestigt. Es gibt auch große Wannen aus Kunststoff, die so beschwert werden, dass eine ausreichende Stabilität erreicht wird. Diese Systeme haben den Nachteil, sehr schwer zu sein, sodass damit die Statik des Daches häufig zu sehr belastet wird.

### Nachführungssysteme

Solarmodule bringen immer dann die höchsten Erträge, wenn sie optimal in Neigung und Ausrichtung eingestellt sind. Da sich der optimale Winkel im Laufe eines Tages mit dem Sonnenstand ändert, werden Nachführungssysteme angeboten. Üblicherweise werden sie bei großen Freianlagen eingesetzt, sind aber auch für Flachdachanlagen erhältlich. Einachsige Nachführungssysteme stellen immer den optimalen Neigungswinkel der Solarmodule ein. Dazu verstellt ein kleiner Elektromotor den Winkel des Trägers, auf dem die Solar-

module montiert sind. Die Verstellung erfolgt entweder nach Jahreszeit und Uhrzeit oder sensorgesteuert. Zweiachsige Nachführungssysteme richten die Module zusätzlich auch noch in die richtige Himmelsrichtung aus. Dazu wird ein zweiter Verstellmotor eingesetzt. Die Technik ist sehr teuer, kompliziert und wartungsintensiv. Eigentlich kann sie nur für große Freianlagen empfohlen werden, da hier ihr Vorteil – Ertragssteigerungen von mehr als 30 Prozent – die bereits genannten Nachteile überwiegen könnten.

### Montagesystem für Schrägdächer

Solarmodule können entweder auf dem Dach montiert werden oder ins Dach integriert werden. Bei der Indach-Montage übernehmen die Solarmodule die Aufgabe der Dachhaut. Diese Montageart wird hier nicht näher betrachtet. Bei der Aufdach-Montage werden zunächst die Montagesysteme auf dem Dach montiert, auf diese kommen wiederum die Solarmodule. Dabei werden dann Schienen parallel

oder kreuzförmig an sogenannten Dachhaken befestigt.

### Dachhaken

Diese Dachhaken werden an die Dachsparren geschraubt. Anzahl und Art der Dachhaken richten sich nach der Belastung (Gewicht der Module, Belastung durch Wind oder Schnee) und der Form der Ziegel. Dachhaken sind für alle üblichen Standardziegelformen erhältlich. Von den Ziegeln, an denen die Dachhaken durchgeführt werden, werden Stücke abgesägt oder -geflex.

#### Tipp:

*Bei der Montage darauf achten, die Ziegel nicht zu groß auszuscheiden, damit das Dach dicht bleibt.*

Auf die Dachhaken werden dann die Schienen montiert, an denen die Solarmodule befestigt werden. Die Dachhaken sollten höhenverstellbar sein, wenn das Dach Unebenheiten aufweist. Denn nur so kann der Abstand zum Dach richtig ausjustiert werden. Die Solarmodule müssen ja hinterher immer eine





einheitlich ebene Fläche ergeben.

### **Schienensysteme**

Montagesysteme sind üblicherweise aus Aluminium, um die Belastung des Daches nicht zu vergrößern. Die Schienen, die die Module aufnehmen, werden entweder nur parallel oder als Kreuzschienen auf den Dachhaken befestigt. Die Module können dann entweder an die Schienen geklemmt werden (mit sogenannten Modulklemmen). Be-

sondere Schienen erlauben aber auch, die Module einzulegen. Manche Schienensysteme sind so aufgebaut, dass ein extra Kabelkanal enthalten ist, was auch die Verkabelung der Module vereinfacht.

---

#### **Tipp:**

*Modulhersteller geben Montagempefehlungen, die unbedingt berücksichtigt werden sollten, damit die Garantieansprüche bestehen bleiben.*

---

# Schneelast

Die Montage von Solarmodulen muss so ausgeführt sein, dass die Photovoltaikmodule über mindestens 25 Jahre sicher und fest auf dem Dach verankert sind. Das stellt große Anforderungen sowohl an die Ausführung der Montage wie auch an die Montagesysteme, die Werkstoffe und die Verankerung auf dem Dach. In einigen Regionen Deutschlands kann sich allerdings auch noch eine weitere Herausforderung stellen, nämlich durch große Schneemengen.

## Schneelast bei der Solaranlageninstallation bedenken

Die mögliche Belastung von Photovoltaikmodulen und -befestigungssystemen durch darauf liegenden Schnee kann sehr groß sein. Zwar geht man im Normalfall davon aus, dass der Schnee von den schrägen Solarmodulen abrutscht. Das muss aber keineswegs immer so sein. Ei-

nerseits kann ein flacher Neigungswinkel das Abrutschen verhindern, andererseits kann sehr nasser Schnee zusammen mit anderen ungünstigen Bedingungen regelrecht „festkleben“.

## Schneelast-Zonen und ihre Berechnung

Schneefall ist in Deutschland sehr ungleich verteilt. Um sich zu informieren, wie hoch die Belastung durch Schnee ausfallen kann, lohnt ein Blick auf eine Karte, auf der die fünf verschiedenen Schneelastzonen, in die Deutschland eingeteilt ist, aufgezeichnet sind. Diese Zonen wurden nach der DIN 1055-5 ermittelt. Die Intensität der Schneelasten nimmt von Zone 1 nach Zone 3 zu. Diese Norm DIN 1055-5 enthält auch die Berechnungsmethoden zu den Schneelasten der jeweiligen Zone. Aber auch eine Berechnungsformel für die Schneelast auf geneigten Dächern findet sich in der

Norm. Diese Berechnungsformel (für die Neigung wird ein Korrekturfaktor berücksichtigt) kann dann auch zur Abschätzung der Belastung von schräg montierten Solarmodulen herangezogen werden.

## Belastung der Module durch die Schneelast

Nach DIN 1055-5 liegt die Belastung durch Schnee je nach Schneelastzone auf geraden Flächen zwischen 0,65 kN und 1,1 kN. Das sind umgerechnet zwischen 65 und 110 Kilogramm pro Quadratmeter. Zur Information, wie schnell diese Gewichte erreicht werden: 10 cm Nassschnee wiegen pro Quadratmeter rund 40 kg! Man sieht, das sind keine geringen Gewichte. Ausdrücklich weist die DIN im Übrigen darauf hin, dass bestimmte Regionen durch regelmäßig vorkommende Wetterereignisse deutlich höhere Schneelasten erfahren als die Zone, in der sie liegen, eigentlich vermuten lässt.

Ein Beispiel: Die norddeutsche Tiefebene liegt eigentlich in Schneelast-Zone 1 oder 2a. Bei ungünstiger Witterung kann es hier zu Schneefällen kommen, die die Schneelast von der Zone 3 deutlich übersteigt.

### Tipp:

Wer sicher sein will, der erkundigt sich am besten bei der zuständigen Behörde, wie vor Ort die Schneelast berechnet werden soll.



## Beständigkeit von Modulen und Montagesystem

Sowohl die Photovoltaikmodule als auch die Montagesysteme werden selbstverständlich getestet und ihre Belastbarkeit wird angegeben. Für Regionen mit extremer Schneelast gibt es spezielle Module mit besonders widerstandsfähiger Glasabdeckung und ausgesprochen stabil ausgeführtem Rahmen.

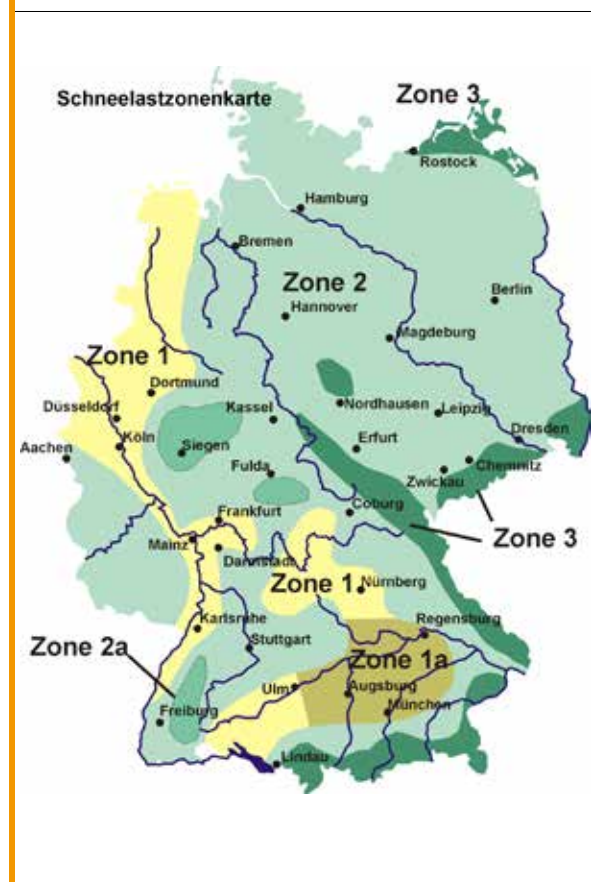
## Rechner für Schneelast

Im Internet sind Online-Tools vorhanden, die die Berechnung der Schneelast übernehmen. Da werden ganz einfach die Schneelastzone, Dachneigung und die Höhe des Standorts eingegeben, daraus berechnet das Tool dann die tatsächliche Schneelast, auf die Module und Montagesystem ausgelegt sein sollten.

### **Tipp:**

Im Internet finden Sie viele Informationen zur Schneelast:

Unter [Schneelast.info](http://Schneelast.info) kann man die Schneelast nach PLZ abfragen. Eine Berechnung der Schneelast ist mit diesem Schneelastrechner möglich.



Ein weiterer Faktor, der bei der Montage der Module unbedingt berücksichtigt werden muss, ist die Windlast. Diese spielt aus zwei Gründen eine große Rolle: Einerseits belastet die Windlast grundsätzlich die Solarmodule und das Montagesystem, andererseits beeinflusst die Windlast auch, wie nahe Solarmodule an den Rand des Daches montiert werden dürfen beziehungsweise sollten: Je höher die Windlast, umso größer sollte der Abstand zum Dachrand gewählt werden.

wird eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit angenommen. Die höchste durchschnittliche Windgeschwindigkeit wird in Zone 4 mit 30 Metern pro Sekunde genannt, in Zone 3 beträgt sie 27,5 m/s, in Zone 2 noch 25 m/s und in Zone 1 nur 22,5 m/s. In die Berechnung der Windlast geht dann für eine Höhe von 10 Metern über dem Erdboden noch ein sogenannter Rauigkeitswert ein, je „unebener“ die Fläche, über die der Wind streicht, umso „langsamer“ wird dieser.

aber wegen der Bodennähe etwas weniger stark betroffen sind). Auch auf Schrägdächern montierte Photovoltaikmodule sind durch die Windlast stark beeinflusst. Hier kommt die Sogwirkung als weitere Belastung hinzu. Und bei der Sogwirkung spielt sowohl der Abstand zwischen Solarmodulen und Dachfläche eine Rolle als auch, wie nahe die Solarmodule an den Rand des Daches montiert wurden. Vor allem am Giebel und am Dachfirst können die Windkräfte sehr groß werden.

## Windlast bei der Installation einer Solaranlage berechnen

Die Windlast ist definiert als die Belastung, die durch Windströmungen auf ein Bauwerk (oder eben die Solarmodule) einwirkt. Dabei wird die Windlast unterteilt in die Belastung durch den Winddruck und den Sog. Der Winddruck wirkt auf der windzugewandten Seite auf das jeweilige Bauwerk ein, der Sog auf der dem Wind abgewandten Seite. Die Vorschriften und Informationen, Berechnungsmethoden etc. zum Thema Windlast finden sich in der DIN 1055-4.

## Windlast-Zonen und Berechnung der Windlast

Deutschland ist nach der Norm DIN 1055-4 in vier verschiedene Windlast-Zonen eingeteilt. Für jede Zone

### Belastung der Solarmodule durch die Windlast

Die Windlast kann für die Module extrem gefährlich sein. Werden sie aus der Verankerung gerissen, können große Schäden entstehen. Das gilt nicht nur für Solarmodule, die auf Flachdächern aufgeständert sind oder für Freianlagen (die

#### Tipp:

Bei der Wahl des richtigen Abstandes der Solarmodule muss ein Kompromiss zwischen möglichst guter Hinterlüftung und möglichst geringer Belastung durch eine Sogwirkung gefunden werden. Die Montagerichtlinien der Hersteller sollten immer beachtet werden.

### Die Belastung durch den Wind ergibt sich wie folgt:

Windlastzone 1	Windgeschwindigkeit: 22,5 m/s Druckbelastung: 0,32 kN/m <sup>2</sup>
Windlastzone 2	Windgeschwindigkeit: 25 m/s Druckbelastung: 0,39 kN/m <sup>2</sup>
Windlastzone 3	Windgeschwindigkeit: 27,5 m/s Druckbelastung: 0,47 kN/m <sup>2</sup>
Windlastzone 4	Windgeschwindigkeit: 30 m/s Druckbelastung: 0,56 kN/m <sup>2</sup>

Ein Kilo-Newton pro Quadratmeter entspricht ungefähr der Belastung mit 100 kg pro Quadratmeter.

## Beständigkeit von Modulen und Montagesystem

Die Belastung durch die Windlast kann enorm groß sein. Es gibt aber besonders stabile Solarmodule, die für große Wind- und Schneelasten und widrige Witterungsbedingungen ausgelegt wurden. Dabei sind Rahmen und Abdeckung ausgesprochen stabil ausgeführt. Und es sind natürlich auch Montagesysteme erhältlich, die hohen Belastungen standhalten. In den Datenblättern und Montagerichtlinien der Solar modul- und Montagesystemhersteller sind die entsprechenden Informationen enthalten.

## Online-Tool zur Windlastberechnung

Die Windlast kann trotz einer niedrigen Windlastzone im Einzelfall durch topografische Bedingungen oder andere Standorteinflüsse sehr hoch ausfallen. Im Internet sind Tools zur Windlastberechnung zu finden. Aber auch diese Werte sind letztlich nur Annäherungen.

### Tipp:

Wer seine Photovoltaikanlage versichert, von dem verlangen die Versicherungsgesellschaften häufig auch den Nachweis einer Berechnung der Windlast.



# Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme ist ein wichtiger Schritt, denn ab jetzt produziert die Photovoltaikanlage Solarstrom. Als wichtig stellt sich der genaue Zeitpunkt der Inbetriebnahme heraus, denn der bestimmt laut Erneuerbare Energien Gesetz die für die nächsten 20 Jahre gültige Einspeisevergütung.

## Inbetriebnahmezeitpunkt

Früher war der Inbetriebnahmezeitpunkt ein wichtiges Kriterium, da sich die Einspeisevergütung von einem Tag auf den anderen deutlich verringert hat. Mit der Novellierung des EEG 2014 sinkt die Einspeisevergütung bis 1. September 2015 monatlich um 0,25 % und ab 1. Oktober 2015 je nach Zubaurate zwischen 0 % und 0,5 %. Da sich das Ganze auf einem Niveau von ca. 12 Cent/kWh abspielt, sind die Unterschiede von einem Monat auf den anderen moderat bzw. kein Grund mehr, in Hektik zu verfallen und unnötig Druck auf den Installationsbetrieb auszuüben.

## Definition Inbetriebnahmezeitpunkt

Seit April 2012 gibt es Neuregelungen bezüglich der Definition des Inbetriebnahmezeitpunktes. In § 3 Nr. 5 EEG 2012 (ab 04/2012) wird nunmehr klargestellt, dass die Solaranlage fest an dem für den dauerhaften Betrieb vorgesehenen Ort und dau-

erhaft mit dem für die Erzeugung von Wechselstrom erforderlichen Zubehör installiert wurde d.h. ein Wechselrichter installiert sein muss. Die Anlage muss zudem bereits Strom produziert haben.

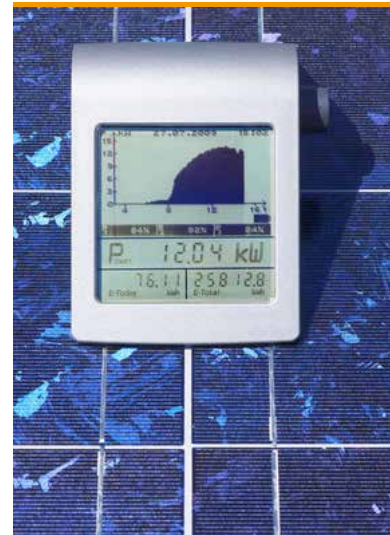
## Hier ein Überblick über die Anforderungen an den Nachweis des Inbetriebnahmezeitpunkts laut der Clearingstelle:

- Solaranlage produziert Strom UND dieser Strom wird außerhalb der Photovoltaikanlage erstmals verbraucht oder gespeichert.
- Die Inbetriebnahme muss nicht für jedes Modul einzeln erfolgen.
- Der Netzbetreiber muss nicht anwesend sein.
- Der Solarstrom muss nicht ins öffentliche Netz eingespeist werden.
- Die Anlage muss endgültig an ihrem Bestimmungsort montiert sein.
- Ein Wechselrichter muss installiert sein.
- Der Nachweis kann durch Fotos oder Zeugen geführt werden.

Mit der Verabschiedung der Änderungen des EEG zum April 2012 wird der Inbetriebnahmezeitpunkt somit deutlich enger gefasst.

## Inbetriebnahmeprotokoll für Photovoltaikanlagen

Das Inbetriebnahmeprotokoll kann als Nachweis herangezogen werden, dass die Photovoltaikanlage



Strom produziert. Es hat aber noch andere Aufgaben. Ohne Inbetriebnahmeprotokoll muss der Netzbetreiber keine Einspeisevergütung zahlen. Mit dem Inbetriebnahmeprotokoll – und zwar nur hiermit – kann der Betreiber nachweisen, dass die neue Photovoltaikanlage allen Normen und Vorschriften entspricht. Das Inbetriebnahmeprotokoll muss in Anwesenheit des Betreibers der Photovoltaikanlage vom Solarfachbetrieb erstellt werden. Ein Vertreter des Netzbetreibers kann, muss aber dabei nicht anwesend sein.

## Umfang des Inbetriebnahmeprotokolls

Im Inbetriebnahmeprotokoll werden alle Daten zur Photovoltaikanlage aufgeführt. Dazu gehören nicht nur allgemeine Angaben zum Betreiber und dem Standort sowie das Datum der Inbetriebnahme,



sondern auch technische Details. Von allen Komponenten müssen nicht nur der Hersteller und das Modell, sondern auch ihre Anzahl

genannt werden. Aber es werden auch Angaben gemacht zur Neigung und Ausrichtung der Module und zur Montage. Insbesondere

hat das Inbetriebnahmeprotokoll die Aufgabe, die Funktionsfähigkeit der Photovoltaikanlage nachzuweisen. Dazu werden Angaben zu den Strahlungswerten (geschätzt) bei Erstellung des Protokolls ebenso gefordert wie zu Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom an den Strings und dem Generatoranschlusskasten. Auch Komponenten wie Einspeisezähler und Einspeisemanagement werden überprüft.

---

**Tipp:**

*Wird eine vorhandene Photovoltaikanlage erweitert, muss dafür auch ein neues Inbetriebnahmeprotokoll erstellt werden.*

---

# Brandgefahr

Ein Thema, das immer wieder – und teils sehr widersprüchlich – diskutiert wird, ist die Brandgefahr durch Photovoltaikanlagen. An dieser Stelle kann grundsätzlich festgestellt werden, dass Solarstromanlagen die Brandgefahr in einem Gebäude nicht zusätzlich erhöhen. Wie aber ist das Verhalten der Feuerwehr im Falle eines Brandes. Dabei geht es nicht nur darum, dass die Photovoltaikanlage selbst zerstört wird. Vielmehr ist die große Frage, kann die Feuerwehr ein Haus löschen, auf dessen Dach oder an dessen Fassade eine Photovoltaikanlage installiert ist?

## **Gefährliche Elektrizität bei einem Brand mit vorhandener Photovoltaikanlage**

Immer wieder kann man Schreckensmeldungen lesen, dass die Feuerwehr ein Haus, auf dem eine Photovoltaikanlage montiert ist, kontrolliert abbrennen lässt. Die Gefahr für die Feuerwehrleute selbst sei zu groß, als dass sie löschen könnte. Es ist tatsächlich so, dass Feuerwehrleute beim Löschen eines Hauses, auf dem eine Photovoltaikanlage installiert ist, einer ganzen Reihe von Gefahren – über die üblichen Berufsrisiken hinaus – ausgesetzt sind. Diese Gefahren ergeben sich vor allem durch die Strom führenden Teile der Photovoltaikanlage. In den meisten Fällen lässt sich eine Photovoltaikanlage nämlich nicht komplett spannungs-

frei schalten. Selbst wenn die Wechselstromseite durch einen entsprechenden Schalter im Wechselrichter spannungsfrei ist, so gilt dies nicht für die Gleichstromseite. Von den Modulen bis zu einem Freischalter bleibt die Spannung bestehen. Aber gerade bei Gleichstrom ist bereits eine Spannung von 120 V für Menschen tödlich. Eine weitere Gefahr ergibt sich für die Feuerwehrleute, wenn Stecker oder Anlagenteile unsachgemäß getrennt werden. Dann können Lichtbögen entstehen, von denen eine große Gefahr für Leib und Leben der Feuerwehr ausgeht. Löschen Feuerwehrleute ein Haus und betreten dieses, kann sich in bestimmten Räumen Löschwasser ansammeln. Befinden sich dort gleichzeitig Strom führende Bauteile der Photovoltaikanlage, so besteht eine große Gefahr durch Stromschlag. Das Löschwasser selbst kann auch unter Strom stehen, auch, wenn es außen am Haus entlang läuft und die Feuerwehr

gefährden. Natürlich werden durch die genannten Gefahren nicht nur Feuerwehrleute, sondern auch andere Menschen, Bewohner, Rettungskräfte und andere gefährdet.

## **Andere Gefahren beim Brand**

Zu den Gefahren durch Elektrizität gesellen sich weitere Punkte, die bei einem Brand mit Beteiligung von Photovoltaikanlagen das Löschen zumindest komplizierter und aufwendiger machen. Solarmodule und Kabel enthalten Werkstoffe, die bei einem Brand Giftstoffe freisetzen können. Das können nicht nur die Kabelmäntel sein, sondern auch andere Kunststoffe oder toxische Stoffe, die bei der Fertigung der Solarmodule verwendet werden. Diese können sowohl Menschen als auch die Umwelt vor Ort gefährden. Eine besonders große Gefahrenquelle stellt der sogenannte Kamin-Effekt bei Photovoltaikanlagen dar.



Sie sind ja im Allgemeinen in einem Abstand von rund 10 cm vom Dach entfernt montiert. Bei einem Brand kann der hier entstehende Luftzug das Feuer stark anfachen, sodass sich das Feuer schneller ausbreitet. Genauso gefährlich ist es, dass ein Brand, der gerade erst entsteht, übersehen wird, weil das Dach ja zu großen Teilen von der Anlage abgedeckt ist. Eine weitere Besonderheit, mit der sich die Feuerwehr im Brandfall konfrontiert sieht, ist das andere Einsturzverhalten. Dächer, auf denen eine Anlage montiert ist, stürzen eher nach innen ein. Dadurch sind von innen löschende Einsatzkräfte stärker gefährdet.

### **Schutzmaßnahmen, die von der Feuerwehr angeraten werden**

1. Feuerwehrscharter - Als beste Schutzmaßnahme wird von der Feuerwehr ein sogenannter Feuerwehrscharter empfohlen. Der bietet die Möglichkeit, eine Photovoltaikanlage spannungsfrei zu schalten. Leider ist ein Feuerwehrscharter nicht vorgeschrieben. Jeder Eigentümer sollte aber auch in eigenem Interesse handeln, schließlich ist es das eigene Haus, das im Zweifelsfall nicht gelöscht werden kann.

2. Hinweisschild - Helfen kann es auch schon, wenn ein Hinweis-



schild am Haus angebracht ist, das auf die vorhandene Photovoltaikanlage aufmerksam macht. Nach Umfragen wird im Einsatz nicht immer das Haus vor dem Löschen von allen Seiten betrachtet. Manche Anlagen sind zudem – gerade im Dunkeln – schlecht zu erkennen.

3. Übersichtsplan - Da den Feuerwehren häufig gar nicht bekannt ist, dass auf dem Haus eine Photovoltaikanlage montiert wurde, müssen sie spätestens bei der Brandmeldung darüber informiert werden. Darüber hinaus empfehlen die Feuerwehren Anlagenbetreibern, sogenannte Übersichtspläne zu erstellen und so aufzubewahren, dass sie von außen gut zugänglich sind und im Brandfall an die Feuerwehr übergeben werden können. Der Plan enthält alle Informationen, die eine

Orientierung und adäquate Reaktion der Feuerwehr ermöglichen.

4. Atemschutz - Der Feuerwehr wird auch empfohlen, bei unbekannter Brandschutzklasse Atemschutzmasken zu tragen. Damit können sie sich vor toxischen Stoffen schützen, die bei einem Brand freigesetzt werden. Auch das Abschalten von Lüftungsanlagen ist eine Vorsorgemaßnahme. Dies sorgt auch dafür, dass der Brand sich nicht so leicht ausbreitet.

5. Durch weitläufiges Absperren müssen bei einem Brand Menschen vor Glassplitter durch platzende Solarmodule geschützt werden.

# Checkliste „Photovoltaik Installation“

---

Bei der Installation einer Photovoltaikanlage viele Dinge beachtet werden. Die wichtigsten Punkte gibt es hier im Überblick.

---

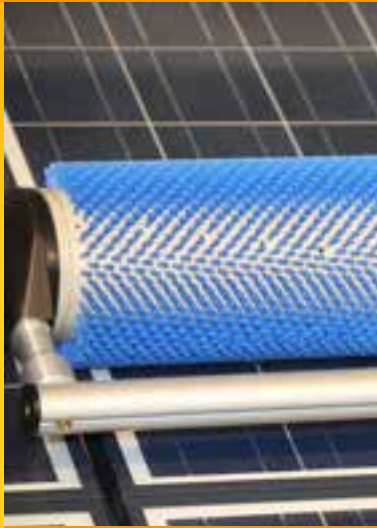


---

## Installation einer Photovoltaikanlage

- **Auswahl Montagesystem** – Sollte mit dem Solarfachbetrieb zusammen erfolgen. Dabei geht es zwar auch um die Kosten, aber vor allem muss das Montagesystem für die gewählten Module geeignet sein (Montagerichtlinien der Hersteller beachten).
- **Schnee- und Windlast** – Müssen bei der Auswahl des Montagesystems berücksichtigt werden.
- **Gerüst** – Bei einem Flachdach ist zur Montage nicht immer ein Gerüst notwendig. Oft reichen Absturzsicherungen. Der Solarfachbetrieb wird sich hier auskennen. Eine Selbstmontage spart unter Umständen an der falschen Stelle (Haftung bei Unfällen, Undichtigkeiten des Daches etc.).
- **Position Wechselrichter** – Der Wechselrichter sollte so nahe wie möglich an den Einspeisepunkt montiert werden, dann kann das Wechselstromkabel kurz gehalten werden.
- **Zähler** – Entgegen mancher Behauptung müssen die Zähler nicht im vorhandenen Zählerschrank montiert werden. Aber wenn dort Platz ist, bietet es sich an.
- **Kabel** – Wenn Leerrohre vorhanden sind, kann das die Montagekosten erheblich senken.
- **Inbetriebnahme** – Ab April 2012 gilt die strengere Auslegung des Inbetriebnahmezeitpunkts. Das heißt: Wechselrichter und feste Installation werden hier notwendig.
- **Anmeldung beim Netzbetreiber** – Beim Netzbetreiber müssen die Photovoltaikanlagen angemeldet werden. Die dazu notwendigen Unterlagen unterscheiden sich von Netzbetreiber zu Netzbetreiber. Rechtzeitig anfragen. Der Netzbetreiber hat gesetzlich garantiert einige Wochen Zeit, um den Antrag zu bearbeiten.

- *Inbetriebnahmeprotokoll* – Ist ein sicherer Nachweis, der auch juristisch standhält als Nachweis für den Zeitpunkt der Inbetriebnahme. Die Anwesenheit des Betreibers persönlich ist notwendig! Am besten vorher mit dem Solarfachbetrieb schon alle notwendigen Daten durchgehen.
  - *Anleitung durch den Solarfachbetrieb* – Sollte selbstverständlich sein: Eine genaue Anleitung durch den Experten, wie Datenlogger und Wechselrichterdaten zu interpretieren sind, aber auch Einweisung zum Einspeisezähler, zur Anlagenwartung etc.
  - *Unterlagen* – Kopie des Inbetriebnahmeprotokolls sollte unbedingt behalten werden. Zudem müssen alle anderen Dokumente wie Garantie, Datenblätter, Rechnungen und Ähnliches sortiert aufbewahrt werden. Die nächste Steuererklärung naht!
-



# Photovoltaik Wartung

Der Wartungsbedarf von Photovoltaikanlagen ist nicht besonders hoch – das wird immer wieder betont. Im Prinzip ist das auch richtig. Aber ganz ohne Wartung und Pflege geht es nicht. Schließlich gehören

zu der Photovoltaikanlage nicht nur die Solarmodule, sondern neben dem Montagesystem der Wechselrichter und die Verkabelung sowie ggf. die Batterie.

# Wartungsbedarf

Der Wartungsbedarf von Photovoltaikanlagen ist nicht besonders hoch – das wird immer wieder betont. Im Prinzip ist das auch richtig. Aber ganz ohne Wartung und Pflege geht es nicht. Schließlich gehören zu der Photovoltaikanlage nicht nur die Solarmodule, sondern neben dem Montagesystem der Wechselrichter und die Verkabelung sowie ggf. die Batterie.



## Solarmodule

Der Wartungsbedarf von Photovoltaikmodulen ist in der Tat vergleichsweise gering. Es gibt keine „drehenden“ Teile, was grundsätzlich den Instandhaltungsaufwand reduziert. Andererseits sind die Solarmodule rund um die Uhr teilweise widrigen Witterungsbedingungen ausgesetzt. Deshalb müssen sie regelmäßig überprüft werden, es empfiehlt sich eine halbjährliche Sichtprüfung. Dabei geht es vor allem um die Dichtigkeit und Unversehrtheit der Module, eventuell auftretende Verschmutzungen, Verspannungen in der Befestigung, die Bildung von Hot Spots und ähnliche Punkte. Zum Thema Reinigung der Solarmodule gibt es mehr Informationen unter dem Punkt Reinigung.

## Verkabelung

Auch die Solarkabel sind den Witterungseinflüssen – zumindest teilweise – ausgesetzt. Selbst wenn die

Kabel für den Außeneinsatz vorgesehen sind, müssen dennoch regelmäßig – empfehlenswert halbjährig – die Steckverbindungen zu den Modulen und die Unversehrtheit der Kabelmantel überprüft werden.

## Wechselrichter

Der Wechselrichter ist eine Komponente, die deutlich weniger robust ist als die Solarmodule. Auch die Le-

bensdauer der Wechselrichter, die durchschnittlich bei rund zehn Jahren liegt, spiegelt den höheren Bedarf an Wartung wider. Außerdem sollte regelmäßig auch die Software des Wechselrichters auf den neuesten Stand gebracht werden. Auch hier ist eine Überprüfung der Steckverbindungen zu den Solarkabeln, sowohl auf der Gleichstrom- wie auch der Wechselstromseite notwendig. Ein täglicher Blick auf den



Wechselrichter zeigt sofort, ob eine Störung vorliegt.

## Zähler

Gehört der Zähler dem Anlagenbetreiber, dann muss dieser regelmäßig geeicht werden. Eine Überprüfung des Zählers ist ja auch im eigenen Interesse (Einspeisevergütung!). Ist der Zähler aber Eigentum des Netzbetreibers, dann fallen sowohl Wartung als auch Eichung in dessen Verantwortungsbereich. Die Zählerstände sollten regelmäßig (1x monatlich) protokolliert werden.

## Montagesystem

Das Montagesystem ist für die Sicherheit der Photovoltaikanlage entscheidend. Deshalb sollte auch mindestens halbjährig mit der Kontrolle der Module eine Sichtkontrolle des Montagesystems erfolgen. Auch durch eine starke Windbelastung kann sich schon mal am Montagesystem eine Klemme oder Schraubverbindung lockern, die die Sicherheit der gesamten Anlage gefährden. Das Montagesystem muss also auch in die Wartung eingeschlossen werden.



# Wartungsvertrag

---

Wie für viele Anlagen werden auch für Photovoltaikanlagen Wartungsverträge angeboten. Wartungsverträge sind vielen von ihrer Heizungsanlage oder vom Durchlauferhitzer bekannt. Vom Prinzip her funktionieren Wartungsverträge für Photovoltaikanlagen genauso.

## Wartungsvertrag – Inhalt und Kosten

Es wird mit dem entsprechenden Betrieb die regelmäßige – im Normalfall jährliche – Inspektion und Überprüfung sowie eventuelle Reparatur der Photovoltaikanlage zur Sicherstellung der Betriebssicherheit und -bereitschaft vereinbart. Der Abschluss eines Wartungsvertrags hat den Vorteil, dass die ausführenden Betriebe an die Wartung erinnern und dass häufig im Preis sowohl ein Notdienst wie auch kleinere Instandsetzungen oder Verschleißmaterialien enthalten sind. Die Kosten eines Wartungsvertrags für Photovoltaikanlagen belaufen sich – natürlich abhängig vom genauen Umfang und der Größe der Anlage – auf rund 100 bis 150 Euro pro Jahr. Manche Anbieter bieten Wartungsverträge mit Kostenabrechnung nach Kilowatt peak an.

---

### **Tipp:**

*Eine regelmäßig durchgeführte, jeweils einzeln beauftragte Wartung, verursacht ungefähr dieselben Kosten. Aber oft wird empfohlen, die Wartung nur alle zwei Jahre durchzuführen.*

---

## Wie sinnvoll ist ein Wartungsvertrag?

Eine Photovoltaikanlage ist eine kostspielige Investition. Ganz klar, dass diese auch einer regelmäßigen Instandhaltung bedarf. Wartungsverträge bieten dabei durchaus eine Reihe von Vorteilen – und sei es nur, dass keine Termine vergessen werden. Gleichzeitig ist damit sichergestellt, dass die Wartung auch durchgeführt wird. Einige Hersteller von Solarmodulen verlangen eine regelmäßige Wartung als Voraussetzung für die Gewährung ihrer langen Garantiezeiten. Auch für die Versicherungen gilt der Wartungsvertrag als Nachweis, dass die Sicherheit der Photovoltaikanlage regelmäßig überprüft wird.

---

### **Tipp:**

*Bei einer kleinen Anlage, die zudem gut über Dachfenster oder Flachdach erreichbar ist, kann die Sichtkontrolle auch gut selbst durchgeführt werden.*

---

## Umfang der regelmäßigen Wartungsaufgaben

Im Wartungsvertrag sind die durchzuführenden Aufgaben festgeschrieben. Regelmäßig sollte bei der Wartung eine Kontrolle der Solarmodule durchgeführt werden. Dabei werden die Module daraufhin überprüft, ob Schäden am Glas, am Rahmen oder der Stecker aufgetreten sind. Einer Sichtkontrolle wird auch die Verkabelung und das Montagesystem unterzogen. Gerade bei den Kabeln ist dies sinnvoll.

Bei Scheuerstellen oder Bruch der Isolation drohen Brandschäden! Manche Wartungsverträge umfassen auch die Überprüfung der Schraub- oder Klemmverbindungen zwischen Solarmodulen und Befestigungssystem sowie Befestigungssystem und Dach. Daneben wird auch die Funktionstüchtigkeit der Module beziehungsweise der gesamten Anlage überprüft. Dazu werden die Ertragsdaten mit den Solldaten verglichen. Der Wechselrichter wird überprüft und gereinigt, die Stecker überprüft. Bei Verdacht auf Störungen sind z.B. die Module durch eine Fachkraft zu untersuchen (Kennlinienmessung, Thermografie, Funktionsanalyse) oder im Generatoranschlusskasten die Strangsicherungen zu überprüfen.

Photovoltaikanlagen sind 24 Stunden am Tag der Witterung ausgesetzt. Dabei wirken nicht nur Regen, Wind, Schnee oder Sonne auf die Module ein. Verschmutzungen durch die Luftverschmutzung, Staubentwicklung, Straßenverkehr, Vogelkot, fallendes Laub oder Nadeln von in der Nähe wachsenden Bäumen können den Solarmodulen auf die Dauer ganz schön zusetzen. Am Übergang zwischen Rahmen und Glas setzt sich gerne Schmutz fest, es können sich hier im Laufe der Zeit sogar Flechten oder Moos ansiedeln. All diese Faktoren führen definitiv zu geringeren Erträgen der Photovoltaikanlage. Eine Reinigung von Zeit zu Zeit hilft, Hot Spots zu vermeiden und die Erträge der Photovoltaikanlage langfristig zu sichern.

## Reinigungsbedarf trotz Schnee und Regen?

Immer wieder wird auf die Reinigungskraft von Regen oder auch Schnee für die Solarmodule hingewiesen. Unbestritten hilft ein heftiger Regenguss, oberflächliche Verschmutzungen wie liegen gebliebene Blätter oder Staub abzuwischen. Auch Schnee, der irgendwann von den Solarmodulen hinunter rutscht, kann dabei viel Staub und leichtere Verschmutzungen mit sich ziehen. Das gilt aber definitiv nicht für verkrustete Verschmutzungen, zum Beispiel stark ätzenden, in der Sonne angeba-



ckenen Vogelkot. Und das gilt auch nicht für Verschmutzungen, die sich an den Rändern der Modulrahmen festsetzen. Darüber hinaus nimmt die Reinigungswirkung von Regen und Schnee mit geringer werdendem Neigungswinkel stark ab. Ab Neigungen größer 12 ° beginnt für mitteleuropäische Standorte die Selbstreinigung der Module. Durch eine regelmäßige manuelle Reinigung können jedoch die Anlagenerträge je nach Standort deutlich erhöht werden. In verschiedenen Untersuchungen wird dabei standortabhängig von 2 % bis zu 7 % ausgegangen.

### **Tipp:**

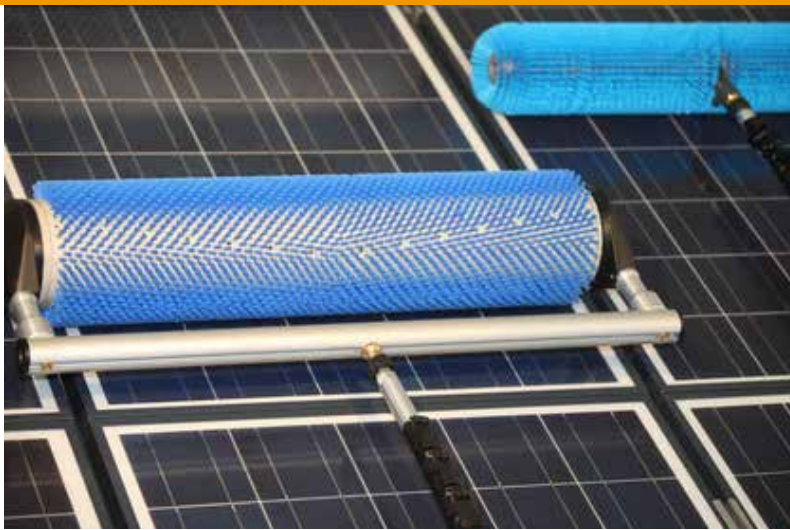
*Schauen Sie sich Ihr Auto an. Wie sauber ist das nach einem Regenguss? Wie würden Sie eine Behauptung einordnen, Regen und Schnee reichen für die Reinigung Ihres Autos völlig aus? Und wenn Sie nicht an Autos denken, dann denken Sie doch einfach an Ihre Fensterscheiben.*

## Reinigungsmittel für Solaranlagen

Wie sollte dann aber eine Reinigung der Solarmodule durchgeführt werden? Nur so viel: Da kann man ganz viel falsch machen. Aber wenn ein paar einfache Regeln beachtet werden, kann die Reinigung wirklich helfen, den Ertrag auf Dauer sicherzustellen.

### **Auf folgende Punkte sollte unbedingt geachtet werden:**

- Auf keinen Fall Hochdruckreiniger benutzen, sie könnten Rahmen, Befestigung oder das Glas der Solarmodule beschädigen.
- Sanfte Reinigungsmittel verwenden – keine stark ätzenden oder scharfen Reinigungsmittel verwenden. Einige Solarmodulhersteller machen in ihrer Betriebsanleitung Angaben dazu, welche Reinigungsmittel geeignet sind.
- Kalkarmes Wasser verhindert Kalkstreifen und Schlieren.



- Eine weiche Bürste / Schwamm unterstützt die Reinigungskraft ebenso wie fließendes Wasser.

#### **Tipp:**

Es kann Probleme mit der Gewährleistung geben, wenn man sich nicht an die Vorgaben bezüglich des Reinigungsmittels hält!

### **Kosten für die Reinigung von Solaranlagen**

Es gibt inzwischen überall auf die Reinigung von Photovoltaikanla-

gen spezialisierte Dienstleister. Die Preisvorstellungen variieren natürlich nicht nur regional, sondern auch von Anbieter zu Anbieter. Angesetzt werden sollten zwischen 1 und 2,50 Euro pro Quadratmeter Photovoltaikanlage. Allerdings muss eine Solaranlage bis auf wenige Ausnahmefälle nicht jedes Jahr professionell gesäubert werden. Lediglich Anlagen, die durch landwirtschaftliche Betriebe mit starker Staubentwicklung oder andere Industrieanlagen oder durch die Lage an verkehrsreichen Straßen extrem hohen Verschmutzungen ausge-

setzt sind, sollten mindestens einmal jährlich gut gereinigt werden.

### **Und warum die Reinigung nicht selbst übernehmen?**

Eigentlich spricht tatsächlich gar nichts dagegen, die Reinigung der Solaranlage selbst durchzuführen. Entsprechendes Material ist inzwischen leicht im Internet erhältlich. Wichtigstes Instrument für die Do-it-yourself-Reinigung der Photovoltaikanlage: eine weiche Reinigungsbürste mit Teleskopstange. Dazu ein sanfter biologischer Reiniger und fließendes Wasser (zum Beispiel über einen Gartenschlauch) – fertig ist das notwendige Equipment. Allerdings kann die Erreichbarkeit der Photovoltaikanlage ein Argument gegen eine eigene Reinigung sein. Sind durch ein Dachfenster oder andere Möglichkeiten alle Solarmodule mithilfe einer Teleskopstange gut erreichbar – okay. Ist dies nicht der Fall, gilt der Rat: Lieber die Finger davon lassen. Die Absturzgefahr sollte niemand unterschätzen.

# Reparaturen

Natürlich kann es vorkommen – auch wenn Photovoltaikanlagen noch so langlebig sind – eine der vielen Komponenten kann einen Defekt haben. Ist der Fehler entdeckt, muss das entsprechende Bauteil entweder repariert oder ausgetauscht werden. Kleinere Reparaturen sind häufig in der Wartung mit enthalten, also zum Beispiel Festziehen gelockerter Befestigungsklemmen oder -schrauben, gelockerte Stecker, lockere Anschlussdosen an den Modulen etc.

Es gibt viele Gründe, aus denen der ein oder andere Schaden an der Photovoltaikanlage entstehen kann. Ganz vorne stehen Witterungseinflüsse wie starke Stürme oder Hagel, durch die einzelne Module losgerissen werden oder Glasbruch verursacht wird. Aber auch Montagefehler können zu Schäden an Komponenten führen. So können zum Beispiel Kabel, die sich gelöst haben, durch Wind- oder Zugbelastung durchscheuern. Ein häufiger Grund ist auch Marderverbiss, der zu erheblichen Schäden an der Verkabelung führen kann.

## Austausch Wechselrichter

Womit jeder Betreiber einer Photovoltaikanlage rechnen sollte, ist, dass der Wechselrichter nicht über die gesamte erwartete Lebensdauer der Photovoltaikanlage funktioniert. Dann steht ein Austausch des Wechselrichters an. Fällt dieser

Austausch noch in die Garantiezeit, dann erfolgt er im Normalfall schnell und unkompliziert durch den Service des Herstellers. Der Austausch des Wechselrichters ist einem Fachmann vorbehalten. Beim Austauschtermin wird der alte Wechselrichter abgeholt und gleichzeitig das neue Gerät installiert. Unbedingt sollte beim Austausch des Wechselrichters darauf geachtet werden, dass die Schnittstelle wieder so konfiguriert wird wie beim vorherigen Wechselrichter. Zählerstände sollten notiert werden. Auch beim Austausch des Wechselrichters auf eigene Kosten, nachdem also die Garantiezeit abgelaufen ist, sollte ein Solarfachbetrieb beauftragt werden.

### **Tipp:**

*Grundsätzlich gilt, Reparaturen an irgendeiner Komponente der Solaranlage sollten immer von Fachleuten durchgeführt werden. Es besteht hier Lebensgefahr!*

## Austausch defekter Solarmodule

Mit größerem Aufwand ist dagegen der Austausch von defekten Modulen verbunden. Zunächst muss ja auch ausfindig gemacht werden, welches Modul defekt ist. Sollte es durch eine Sichtprüfung nicht einfach zu erkennen sein, zum Beispiel, weil ein Glasbruch deutlich zu erkennen ist, dann können Defekte wie Hot Spots, die sich durch Verschmutzung oder Verschattung entwickelt haben, gut durch Aufnahmen mit der Wärmebildkamera lokalisiert werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Module einzeln durchzumessen. Je nachdem, wie gut der Solargenerator zu erreichen ist, kann dann das Modul schnell ausgetauscht werden. Hier sollte man auf jeden Fall auf die Hilfe eines Solarfachbetriebs zurückgreifen. Bei einem neuen Modul muss auch der Wechselrichter neu konfiguriert werden.





Hier zur Erläuterung noch der Wortlaut aus dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG):

§ 51 Abs. 4:

„Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie, die Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie auf Grund eines technischen Defekts, einer Beschädigung oder eines Diebstahls an demselben Standort ersetzen, sind ... als zu dem Zeit-

punkt in Betrieb genommen anzusehen, zu dem die ersetzten Anlagen in Betrieb genommen worden sind.“

---

**Tipp:**

*Der Austausch defekter, beschädigter oder der Ersatz gestohlener Module gilt nicht mehr als neue Inbetriebnahme. Es ist damit mit den Änderungen Anfang 2014 rechtlich sicher, welche Einspeisevergütung dem Anlagenbetreiber zusteht.*

---

# Checkliste „Photovoltaik Wartung“

Ganz ohne Wartung und Pflege geht es nicht. Hier noch einmal alle wichtigen Punkte, die Sie bei der Wartung einer Photovoltaikanlage beachten sollten.



## Wartungsverträge lassen sich anhand folgender Punkte gut vergleichen:

- *Fernüberwachung* – Wird eine Fernüberwachung mit angeboten beziehungsweise ist sie Bestandteil des Wartungsvertrags?
- *Ereignisabhängige Sichtkontrolle* – Erfolgt auch eine ereignisabhängige Sichtkontrolle (also zum Beispiel nach Gewittern, Hagelschlag oder Sturm)?
- *Wartungsarbeiten* – Wie häufig erfolgen die Wartungsarbeiten? (Üblich ist ein jährlicher oder zweijährlicher Rhythmus.)
- *Umfang* – Welche Komponenten sind Gegenstand des Wartungsvertrags? Module (inklusive Anschlussdosen), Wechselrichter, Verkabelung, Zähler, Montagesystem.
- *Störungsbeseitigung* – Gehört die Störungsbeseitigung zum Umfang des Wartungsvertrags oder muss sie extra bezahlt werden? (Wenn ja, gibt es Einschränkungen?)
- *Reparaturen* – Gehören kleinere Reparaturen beziehungsweise der Austausch von Verbrauchsmaterialien zum Wartungsvertrag?
- *Notdienst* – Wird ein Notdienst bei Teil- oder Totalausfall von Komponenten angeboten?
- *Protokoll* – Wird ein schriftliches Protokoll angefertigt?
- *Kosten* – Wie hoch sind die Kosten für den Wartungsvertrag?

## Reinigung von Photovoltaikanlagen

- *Standort* - Ist standortbedingt mit starken Verschmutzungen zu rechnen? (Landwirtschaft, Straßenverkehr etc.)
- *Neigungswinkel* - Ist der Neigungswinkel der Photovoltaikanlage sehr flach? (Dann ist mit höherem Reinigungsbedarf zu rechnen.)
- *Erreichbarkeit* - Sind die Solarmodule gut zu erreichen? (Zum Beispiel per Teleskopstange vom Boden oder aus Dachfenstern heraus.)
- *Kosten* – Wie hoch sind die Kosten für die Reinigung laut Angebot von Spezialunternehmen?

---

### **Reparaturen von Photovoltaikanlagen**

- *Garantie* – Gibt es eine Garantieverlängerung für den Wechselrichter?
  - *Versicherung* – Übernimmt die Versicherung die Reparaturkosten bei Glasbruch oder Ähnlichem?
  - *Hersteller* – Übernehmen Wechselrichter- oder Modulhersteller die Reparatur- oder Austauschkosten im Schadensfall?
  - *Kosten* – Wie teuer sind die Angebote zur Reparatur?
  - *Zeit* – Wie schnell kann die Reparatur oder ein Austausch von Wechselrichter und Modulen erfolgen? (Jeder Tag ohne Ertrag mindert die Einnahmen an Einspeisevergütung.)
-

# Bildnachweis und Impressum

---

## Herausgeber

Anondi GmbH  
Andreas Madel  
Uhlandstraße 4  
89077 Ulm

info@solaranlage-ratgeber.de  
<http://www.solaranlage-ratgeber.de>

---

## Fotos

Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.: S. 4  
Fotolia.com: S. 5, 7, 78 (Thaut Images); S. 6 (Smileus); S. 7 (danielschoenen); S. 11, 20, 22, 23, 24, 34, 41, 44, 60, 78, 79, 80, 92, 93 (Marina Lohrbach); S. 26, 38, 45 (johannesspreter); S. 31 (Michel Angelo); S. 32, 77, 92 (Jürgen Fälchle); S. 35 (DOC RABE Media); S. 54 (Erica 39); S. 54 (Patrik Winbjörk); S. 55 (Clouseu), S. 68, 75, 85, 97 (Ingo Bartussek); S. 79 (skatzenberger); S. 81 (Zauberhut); S. 86 (Gerhard Seybert); S. 88 (Matze); S. 91, 96 (Luftbildfotograf); S. 95 (goldbany); S. 98 (Tobias Marx)  
SMA Solar Technology AG: S. 32, 57  
Eaton Industries GmbH: S. 51, 64, 87  
PV Agentur GmbH: S. 52  
First Solar GmbH: S. 55  
SolarMax: S. 57  
Fronius GmbH: S. 58  
Wagner & Co. Solartechnik GmbH: S. 62, 63, 74  
Conergy Deutschland GmbH: S. 73

## Grafiken

Deutscher Wetterdienst: S. 9  
EnergieAgentur.NRW: S. 10  
Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.: S. 10  
Fotolia.com: S. 11, 21, 59 (Angela Stolle); S. 14, 30, 37, 38 (guukaa); S. 16 (electriceye); S. 17, 47 (vege); S. 18, 28, 49, 65, 89, 99 (Mindwalker); S. 54 (H. Strauß); S. 64 (bilderzweig); S. 73 (3desc); S. 76 (montebelli)  
Wagner & Co. Solartechnik GmbH: S. 13, 52  
Bundesverband Solarwirtschaft: S. 31, 33, 36, 39, 42  
Agentur für Erneuerbare Energien: S. 53, 69, 71  
E3/DC GmbH: S. 61  
Wikipedia.org: S. 72 (SechWatt); S. 82, 84 (Störfix)

## Titelbilder

Fotolia.com: garteneidechse, Thorsten Schier, Marina Lohrbach, adimas

---

Text / Redaktion: Carla Lützelner

Lektorat: Dipl.-Met. B. Weyres-Borchert, DGS e.V.

Layout / Umsetzung: Tanja Oesterlein - toest.design