

Jascha Schmitz / Benjamin Volkmann

# Ihr Photovoltaik-Ratgeber

So verstehen und planen Sie Ihre  
eigene Photovoltaikanlage!



## Vorwort

Liebe Solarfreunde,

unser Photovoltaik-Anlagen-Ratgeber richtet sich an alle, die sich eine Solarstrom-Anlage aufs eigene Dach bauen wollen. Wir wollen Sie umfassend, verständlich und neutral zum Thema Photovoltaik beraten. Die eigene Solarstrom-Anlage ist eine sichere und ökologische Geldanlage, die zudem zukünftig die Unabhängigkeit von steigenden Stromkosten sichert. Keine andere Energiequelle ist so umweltfreundlich wie die Sonne. Sie steht uns kostenlos und endlos zur Verfügung und hinterlässt keine Rückstände. In Deutschland strahlt die Sonne ausreichend, um umweltfreundlicher und preiswerter Strom zu erzeugen.

Wir vom Solaranlagen-Portal informieren seit 2005 Solar-Laien auf unserer Internet-Plattform über das Thema Solartechnik. Wir legen Wert auf einfache, detaillierte und kostenfreie Informationen. In diesem Sinne und als Service für alle Solar-Interessierten haben wir unser Fachwissen in diesem kompakten eBook-Ratgeber zusammengefasst.

In seiner ersten Version veröffentlichen wir dieses eBook im Oktober 2010. In den ersten drei Jahren wurde der Ratgeber bereits über 70.000 mal heruntergeladen. Zwischendurch wurde das eBook immer wieder an die neuen rechtlichen Bedingungen angepasst.

Jetzt haben wir „Ihr Photovoltaik-Ratgeber“ komplett überarbeitet und er liegt nun in der Version September 2014 vor. Neben einem neuen Design wurden viele neue Diagramme und Bilder hinzugefügt. Auch finden Sie nun alle Informationen zur EEG-Novelle 2014 (Kapitel 5) und zu Solar-Akkus (Kapitel 6) im Ratgeber. Zusätzlich finden Sie nun im Anhang „10 Mythen und Fakten zur Photovoltaik“.

Unserer Ratgeber wird Ihnen helfen, die richtigen Entscheidungen für Ihre Solaranlage zu treffen – wir wünschen Ihnen eine angenehme Lektüre des eBooks.

Mit sonnigen Grüßen

***Jascha Schmitz und Benjamin Volkmann***

Wir empfehlen für weitere Informationen – aktuelle News aus der Solarbranche und Auftragsvermittlung an einen Solar-Handwerker – unser Service-Portal:

**[www.solaranlagen-portal.de](http://www.solaranlagen-portal.de)**

# Inhaltsverzeichnis des Photovoltaik-Ratgebers

<b>Kapitel 1 - Wissenswertes über Photovoltaik-Anlagen.....</b>	<b>7</b>
<b>Sonnenstrom für alle.....</b>	<b>7</b>
Stromerzeugung gestern, heute und morgen.....	8
Klimaschutz durch erneuerbaren Energiemix.....	9
<b>Energiequelle Sonne.....</b>	<b>10</b>
Wie viel Sonnenenergie können wir nutzen?.....	11
Passive Solarnutzung.....	12
Aktive Solarnutzung.....	13
Wie wird aus Sonne Strom – der photovoltaische Effekt.....	13
Was sind dotierte Halbleiter?.....	14
Was passiert in einer Solarzelle?.....	14
Ein Blick zurück: Die Geschichte der Photovoltaik.....	15
Die Markteinführung der Photovoltaik in Deutschland.....	16
<b>Alle Komponenten einer Photovoltaik-Anlage im Überblick.....</b>	<b>17</b>
Netzgekoppelte Photovoltaik-Anlagen.....	17
Vorteile der netzgekoppelten Solarstrom-Anlage.....	18
Inselanlagen – netzunabhängige Solarstromerzeugung.....	19
Die kleinste Komponente – die Solarzelle.....	20
Kristalline Solarzellen - vom Sand zur Solarzelle.....	20
Monokristalline Solarzellen.....	21
Polykristalline Solarzellen.....	22
Dünnschichtzellen.....	23
Wie sieht die Zukunft der Solarmodule aus?.....	24
Viele Zellen – mehrere Module – ein Dachkraftwerk.....	24
Aufbau eines typischen Solarmoduls.....	24
Hybridkollektoren: Zusammenspiel von Photovoltaik und Solarthermie.....	25
Sonnenwärme und Sonnenstrom im Vergleich.....	26
Wechselrichter: Umwandeln, optimieren, überwachen.....	27
Wechselrichter-Typen für netzgekoppelte Anlagen .....	29
Wechselrichter für Dünnschichtzellen.....	29
<b>Montagearten für netzgekoppelte Anlagen.....</b>	<b>30</b>
Dachanlagen.....	30
Aufdach-Montage auf Schrägdach.....	30
Indach-Montage auf Schrägdach.....	31
Solar-Roof-Systeme.....	31
Solardachziegel.....	31
Flachdach-Montage.....	32
Fassadenanlagen.....	32
Sonderanwendungen.....	33
<b>Kapitel 2 – Die ersten Schritte zur eigenen Solaranlage.....</b>	<b>34</b>
<b>Wo finde ich Informationen?.....</b>	<b>34</b>
Bauliche Voraussetzungen checken.....	35
Schatten meiden.....	35
Dach checken.....	36
Statik prüfen.....	37

Elektrische Voraussetzungen prüfen.....	37
Montageart wählen: Indach oder Aufdach.....	37
Aufdach-Montage mit Gestell.....	38
Schrägdächer.....	38
Flachdächer.....	39
<b>Welche Komponenten passen zu meiner Anlage?.....</b>	<b>40</b>
Welches Photovoltaikmodul ist das Richtige?.....	40
Leistungsverlust nach Inbetriebnahme - Degradation.....	40
Powerkristalle bringen hohe Leistung.....	41
Dünnschichtmodule gut für große Flächen.....	41
Was sind qualitativ gute Module?.....	41
Wechselrichter.....	42
Anlagenkonzepte .....	43
Gegenwart und Ausblick.....	44
Solarstromanlagen planen.....	45
Generatoranschlusskasten.....	45
Welche Kabel für die Solarstromanlage?.....	45
Blitzschutz bei Photovoltaik-Anlagen.....	46
Hagelschutz.....	47
<b>Rechtliche Voraussetzungen für den Bau einer Photovoltaikanlage</b>	<b>48</b>
Braucht man für eine Photovoltaik-Anlage eine Baugenehmigung? .....	48
Anschlussbedingungen des Netzbetreibers.....	49
Einspeisevertrag ja oder nein?.....	50
Überschusseinspeisung.....	50
Dach mieten oder vermieten?.....	51
Gemeinsame Dachnutzung: Bürgerkraftwerke.....	52
Rechtliche Aspekte.....	52
Welche Gebäude kommen infrage?.....	53
<b>Kapitel 3 – Angebote, Finanzierung &amp; Auftragsvergabe.....</b>	<b>54</b>
<b>Mach mir mal ein Angebot.....</b>	<b>54</b>
Wie viel Platz habe ich für eine Anlage?.....	54
Was ist überhaupt ein Angebot?.....	54
Welche Informationen braucht der Handwerker?.....	55
Vor-Ort-Termin: Kennenlernen des Handwerkers Ihres Vertrauens.....	55
Wer schreibt, der bleibt.....	56
Woran erkenne ich unseriöse Angebote?.....	56
Was muss im Angebot stehen?.....	57
Angebote nach RAL-Gütezeichen Solar.....	58
Garantien und Gewährleistungen.....	58
Wer kann mich bei meinem Photovoltaik-Angebot beraten?.....	59
Angebote vergleichen mit dem Solaranlagen-Portal.de.....	60
Über den Daumen: Wie viel kosten PV-Anlagen durchschnittlich?.....	61
Angebot checken in aller Kürze.....	61
<b>Rund um's Geld: Förderungen und Finanzierung.....</b>	<b>62</b>
Grundlage jeder Finanzierung: die Einspeisevergütung.....	62
Die Solaranlage als Rendite.....	63
Kosten und Sicherheiten bei einer Finanzierung .....	63
KfW-Kredit über die Hausbank.....	63
Umweltorientierte Kreditinstitute .....	64
Direktbanken: Darlehen für die Erneuerbaren.....	65
Immobilienkredit bei der Hausbank.....	65
Förderungen in den Bundesländern.....	65

Der Schönauer Sonnencent und andere Zuschüsse vom EVU.....	66
Hosen runter: Finanzierungsanträge .....	66
<b>Photovoltaik-Versicherungen.....</b>	<b>68</b>
Haftpflichtversicherung.....	68
Bestandteil der Wohngebäudeversicherung.....	69
Photovoltaik-Versicherungen.....	69
Montageversicherung.....	69
<b>Anmelden beim Stromversorger.....</b>	<b>70</b>
Einspeiseverträge prüfen.....	71
Was tun, wenn sich der Netzbetreiber querstellt?.....	71
EEG-Clearingstelle.....	72
Stromwechsler und gleichzeitige Solarstromerzeuger.....	72
<b>Kapitel 4 – Meine Solarstrom-Anlage: Installation und Betrieb..</b>	<b>73</b>
<b>Installation auf dem Dach.....</b>	<b>73</b>
Arbeitsschutz bei der Dachmontage.....	74
Die Module kommen.....	74
Die Montage auf dem Dach.....	75
Eigenmontage: Welches Werkzeug wird benötigt?.....	75
Montagesystemteile Schrägdach im Detail.....	76
Arbeitsschritte bei der Aufdach-Montage.....	77
Modulmontage.....	78
Häufige Montagefehler in der Praxis.....	79
Indach-Montage.....	79
Flachdach-Montage.....	80
Fassaden-Montage.....	82
Diebstahlschutz.....	83
<b>Elektroinstallation der PV-Anlage.....</b>	<b>85</b>
Gleichstromleitungen: von den Modulen zum Wechselrichter.....	85
„Gleichstrom-Sicherungen“ der Solarstromanlage.....	86
Anlage an den Potenzialausgleich anschließen.....	86
Montage Generatoranschlusskasten.....	86
Gleichstromhauptschalter.....	87
Montage des Wechselrichters.....	87
Netzüberwachung im Wechselrichter.....	87
Installation des Einspeisezählers.....	87
<b>Prüfung und Inbetriebnahme.....</b>	<b>88</b>
Anmeldung Bundesnetzagentur.....	89
Dokumentation des Sonnenkraftwerks.....	89
<b>Solaranlagen-Betrieb: Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser.....</b>	<b>91</b>
Manuelle Anlagenüberwachung.....	91
Überwachen mit Datenlogger.....	92
Manuell oder per Datenlogger die Anlage überwachen?.....	93
Was müssen Sie vor der Anschaffung eines Datenloggers beachten?.....	93
Die Pflege ihrer Solarstromanlage: Wartung und Reinigung.....	93
Was passiert bei einer Wartung?.....	94
Hilfe bei häufigen Photovoltaik-Anlagenstörungen.....	94
Reinigung von Solarstrom-Anlagen.....	95
Module schneefrei räumen.....	96
Zum Schluss: Modulrecycling.....	97
<b>Kapitel 5 – Rentabilität und Wirtschaftlichkeit.....</b>	<b>98</b>

<b>Lohnt sich eine Solaranlage?</b> .....	<b>98</b>
Rentabilitätsfaktoren einer Solarstrom-Anlage.....	98
Wie kann ich die Wirtschaftlichkeit prüfen?.....	100
Rendite-Berechnung einer Beispiel-Photovoltaikanlage.....	101
<b>Vergütung Ihres Stroms</b> .....	<b>102</b>
Erfolgsgeschichte des EEG.....	102
Solarstromvergütung im Jahr 2014.....	104
EEG-Novelle 2014.....	104
Einspeisevergütung 2014.....	105
Eigenverbrauch.....	106
Warum ist es rentabler den Strom selbst zu nutzen?.....	106
Verschiebepotenziale nutzen.....	108
Eigenverbrauch für Gewerbebetriebe.....	109
<b>Vom Eigenheimbesitzer zum Energieunternehmer</b> .....	<b>109</b>
Kleinunternehmerregelung.....	110
Muss ein Gewerbe angemeldet werden?.....	111
Hinweise zum Finanzamt.....	112
Umsatzsteuervoranmeldung .....	112
Abschreibungen.....	113
<b>Kapitel 6 – Den Solarstrom speichern</b> .....	<b>114</b>
<b>Warum Solar-Akkus?</b> .....	<b>114</b>
Sind Solar-Akkus wirtschaftlich?.....	114
Solar-Akku VS. Einspeisevergütung.....	115
Förderungen für Solarspeicher.....	116
<b>Solar-Tagebuch</b> .....	<b>117</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>122</b>
<b>Checklisten</b> .....	<b>122</b>
<b>Adressen</b> .....	<b>129</b>
Solaranlagen-Portal.de.....	129
Verbände und Vereine.....	129
Behörden.....	129
Rechtsberatung zum Solarenergie-Recht.....	130
Sonstiges.....	130
<b>Glossar</b> .....	<b>131</b>
<b>10 Mythen und Fakten zur Photovoltaik</b> .....	<b>137</b>
<b>10 Vorteile einer Photovoltaikanlage</b> .....	<b>139</b>

## Kapitel 1 – Wissenswertes über Photovoltaik-Anlagen

### Sonnenstrom für alle



Solarsiedlung am Schlierberg in Freiburg, Foto: Rolf Disch

**S**ie glitzern blau in der Sonne: Photovoltaik-Anlagen. Längst gehören sie zum Ortsbild jeder Gemeinde und jeder Stadt. Auf Dächern von Wohnhäusern, Scheunen oder Kirchen speisen sie umweltfreundlichen Sonnenstrom ins öffentliche Stromnetz. Die Zukunftsenergie Photovoltaik ist in der Gegenwart angekommen. Vor 35 Jahren war der heutige Stand der Technik noch undenkbar. Photovoltaik wurde damals vorwiegend in der Raumfahrt genutzt. Heute gehört der Sonnenstrom zum Alltag: Solarhandys, solare Beleuchtung, Parkuhren mit Solarmodul, Solarstromanlagen auf Dächern und an Fassaden bis hin zu den großen Freiflächen-Solarparks. Entgegen aller Bedenken und Fehleinschätzungen von Energiewirtschaft und Politik wächst die Solarstromerzeugung. Immer mehr Energieverbraucher entschließen sich zum Energieerzeuger zu werden und bauen sich eine PV-Anlage auf ihr Dach.

#### Unser Tipp: Zum Sonnenstrom-Erzeuger werden



Foto: BSW

**S**chon 10 m<sup>2</sup> PV-Anlage auf dem Dach eines Einfamilienhauses können ca. 900 kWh Strom pro Jahr erzeugen. Das ist ungefähr ein Viertel des jährlichen Stromverbrauchs, den ein Haushalt im Durchschnitt verbraucht. Mittelfristig wird der Solarstrom vom eigenen Dach unter den heutigen Haushalt-Stromkosten liegen. Dann schützt Sie Ihre PV-Anlage vor steigenden Strompreisen.

## Stromerzeugung gestern, heute und morgen

Noch nie lebten Menschen so komfortabel wie heute. Unseren bequemen Alltag haben wir der Erfindung des elektrischen Stroms zu verdanken. Er ist in unserer modernen Welt unverzichtbar geworden: Telefonieren, PC, Heizung und Freizeitelektronik sind nur einige Beispiele für Technik, die nicht ohne Strom auskommt. Doch erst seit dem Ende des 19. Jahrhunderts wird überhaupt Elektrizität genutzt. Seither erzeugen Kraftwerke diese Elektroenergie. Dort wandelt ein Generator die Energie, die beim Verbrennen von Rohstoffen entsteht, in elektrischen Strom um. Die klassischen Energiequellen der Kraftwerke sind Erdgas, Erdöl, Kohle oder Atomkraft. Bisher schaffen es die Kraftwerke, mit fossilen Brennstoffen ausreichend Strom zu erzeugen. Doch in unserem 21. Jahrhundert zeichnet sich ein unumkehrbarer Trend ab: Durch den hohen Stromverbrauch im zurückliegenden Jahrhundert gibt es nicht mehr ausreichend fossile Brennstoffe für den Strombedarf der nächsten Generationen. Durch das Verknappen von Kohle, Erdgas und Erdöl wird die Förderung immer teurer. Die Folge ist, dass die Energiepreise steigen und die Abhängigkeit von den Öl- und Gasförderländern immer größer wird. Die rasch anwachsende Weltbevölkerung und die Entwicklung ehemaliger Schwellenländer zu Industrienationen mit hohem Energieverbrauch wie zum Beispiel China und Indien, verschärfen den Energiekonflikt weiter. Auch die Kernenergie kann den Energiehunger unserer Welt nicht stillen. Der Rohstoff Uran für die Kernspaltung ist ein fossiler Bodenschatz und nicht unendlich verfügbar. Im Vergleich zu anderen Kraftwerkstechniken gilt die Atomkraft als potenziell gefährlich. In Deutschland gibt es nach Jahrzehnten noch keine Lösung für die Endlagerung des radioaktiven Abfalls aus den Kernkraftwerken.



Foto: © Marco Birn – Fotolia.com

Fossile Energiequellen sind nicht nur knapp, teuer und endlich, sie sind auch zum großen Teil für den Klimawandel verantwortlich. Beim Abbau und Verbrennen von Kohle, Öl und Gas wird Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) frei. Das verursacht zusammen mit anderen klimaschädlichen Gasen wie Methan und dem Abholzen von Wäldern den sogenannten Treibhauseffekt. Die Folge ist, dass die Temperaturen auf der Erde steigen. Diese starke Veränderung des Klimas unseres Planeten ist für jedermann spürbar. Dürreperioden im Sommer bei Höchsttemperaturen, Überschwemmungen oder verheerende Orkane – jedes Jahr gibt es neue Schreckensmeldungen aus aller Welt über die Folgen des Klimawandels. Seit dem Beginn der Industrialisierung im 19. Jahrhundert ist die  $\text{CO}_2$ -Anreicherung



in der Atmosphäre stark gestiegen. Im Jahr 2000 machte Kohlendioxid fast 80 Prozent der menschlich verursachten (anthropogenen) Treibhausgasemissionen aus. Wissenschaftler haben in einem Modell berechnet, dass bis zum Jahr 2100 die globale Durchschnittstemperatur um 1 bis 6 °C steigen wird. Die Folgen sind derzeit nicht abschätzbar, wahrscheinlich Schäden in Milliardenhöhe. Die Kosten des Klimawandels tragen nicht die Verursacher wie die Mineralölindustrie oder die Energiekonzerne sondern die Allgemeinheit durch steigende Steuern und Gesundheitskosten.

## **Klimaschutz durch erneuerbaren Energiemix**

Der Klimaschutz erfordert den Umbau der Energiewirtschaft. Der einzige Weg, den Klimawandel zu stoppen, die Energiepreise bezahlbar zu halten und die teuren Importe fossiler Energieträger zu beenden, ist der Ausbau heimischer erneuerbarer Energien wie die der Sonnenenergie. Noch werden drei Viertel der Energie - Erdgas, Erdöl, Uran - nach Deutschland importiert. Durch den Ausbau regenerativer Energien wie Photovoltaik, Biomasse oder Windkraft konnten 2008 hierzulande Importe fossiler Energieträger im Wert von 8,3 Mrd. Euro eingespart werden. In nur wenigen Jahrzehnten könnten die erneuerbaren Energieträger unsere gesamte Energieversorgung vollständig übernehmen. Die Struktur der Stromversorgung mit einem grünen Energiemix wird aber anders sein, als von den konventionellen Kraftwerken gewohnt. „Dezentralisierung“ heißt das Stichwort. Anders als das zentrale Großkraftwerk mit langen Überlandleitungen rückt die Stromversorgung der Zukunft in die Nähe des Verbrauchers. Viele kleine Kombi-Kraftwerke werden den Strombedarf decken. Unterstützt werden sie von Haushalten, die selbst den Strom erzeugen, den sie verbrauchen. Das sogenannte „Nullenergiehaus“ wird in Europa in den nächsten zehn Jahren zur Pflicht für jeden Neubau werden. Das kann nur mit einer stromerzeugenden Heizung (Mini-KWK-Anlage) oder mit der Solarstrom-Anlage auf dem Dach technisch umgesetzt werden. Nullenergiehäuser und Plusenergiehäuser mit integrierter Photovoltaik-Anlage werden schon heute gebaut und in Zukunft preiswerter sein.

Noch ist das Misstrauen gegenüber der relativ jungen Erneuerbaren-Energie-Branche groß. Politiker weltweit setzen Klimaschutzziele und Energieeinsparungen nur zaghafte um. Der komplette Verzicht auf Atomstrom und das Stoppen des Ausbaus fossiler Kraftwerke fällt den Entscheidungsträgern schwer. Die Macht der Lobbyisten fossiler Energie ist nach wie vor mächtig und der Einfluss auf die Länderregierungen groß. Klimaschutzverhandlungen auf internationaler Basis scheitern immer noch an den unterschiedlichen Interessen der armen und reichen Länder, obwohl die Uhr in Sachen Klimawandel Fünf vor Zwölf anzeigt. Da auf Politiker nicht immer Verlass ist, kann jeder Bürger zur Selbsthilfe greifen. Abgesehen von dem finanziellen Vorteil durch das Vergüten des eingespeisten Stroms, macht zum Beispiel eine Solarstrom-Anlage auf dem eigenen Dach unabhängig vom Stromlieferanten und schont das Klima. In zehn Jahren spart eine Solarstromanlage pro erzeugte Kilowattstunde (kWh) ca. 7 Tonnen CO<sub>2</sub> ein. Ein beachtliches persönliches Klimaschutzziel!

### Die positive Energiebilanz der Solaranlagen-Herstellung



**E**in hartnäckiges Vorurteil gegenüber Solarstromanlagen ist, dass ihre Herstellung energieaufwendiger sei, als der Ertrag, den sie je liefern kann. Das stimmt natürlich nicht.

Verschiedene Ökobilanzen belegen: Eine Solaranlage hat je nach der Qualität der Solarzellen in ca.

1,5 bis max. 6 Jahren die Energiemenge erzeugt, die zu ihrer Herstellung benötigt wurde. (Quelle: Institut für Elektrische Energietechnik der TU Berlin). In Zukunft wird bei Steigerung der Produktion eine Rücklaufzeit unter 2 für alle Zellen erwartet. Die Hersteller garantieren eine Mindestlebensdauer der Solarzellen von 20 bis 25 Jahren. Geschätzt wird die Lebensdauer aber auf ca. 30 Jahre. Das bedeutet, dass die Solaranlage über die meiste Zeit klimaneutralen Strom liefert. Fossile Kraftwerke können das nicht.

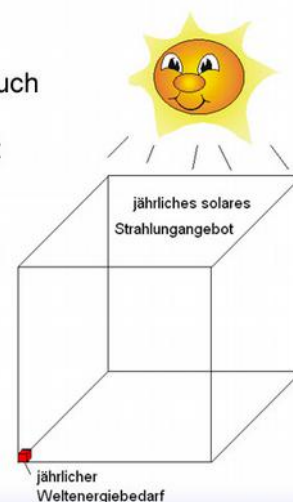
(Foto:BSW)

## Energiequelle Sonne

**W**enn die Sonne scheint, spüren wir ihre Wärme auf der Haut. Im Frühjahr ist das angenehm, im Sommer dagegen suchen wir den Schatten auf, weil die Sonne sonst unsere Haut verbrennt. So wie wir Sonne fühlen, obwohl sie 150 Mio. Kilometer entfernt von der Erde ihre Strahlen aussendet, lässt uns ahnen, wie viel Energie in ihr steckt. In Zahlen ist das eine Energiemenge von unvorstellbaren 1,5 Trilliarden ( $10^{18}$ ) Kilowattstunden im Jahr. Das entspricht etwa dem ca. 10.000-fachen des Energiebedarfs der Menschheit. Wenn die Sonne an einem Sommertag in unseren Breitengraden eine Stunde lang auf 1 m<sup>2</sup> Fläche strahlt, dann entspricht das einem Energieverbrauch von ca. 1 Kilowattstunde. So viel Energie verbraucht ein Fön in einer Stunde oder ein PC in ca. sieben Stunden. Die Sonnenenergie entsteht durch Kernfusion im Inneren der Sonne. Sie gelangt als elektromagnetische Strahlung (Photonen) zu unserer Erde. Ein Teil der Strahlung wird von der Atmosphäre reflektiert, ein weiterer Teil in Wärme umgewandelt und der dritte Teil der Strahlung trifft auf den Erdboden auf. Dieser Teil heißt Globalstrahlung.

Seit die Sonnenenergie gemessen wird, ist sie annähernd konstant. Die gesamte Strahlungsleistung der Sonne auf die Erde pro Fläche wird durch die **Solar-konstante** beschrieben. Sie beträgt im Mittel 1367 W/m<sup>2</sup>.

Weltenergieverbrauch im Vergleich zum Strahlungsangebot der Sonne

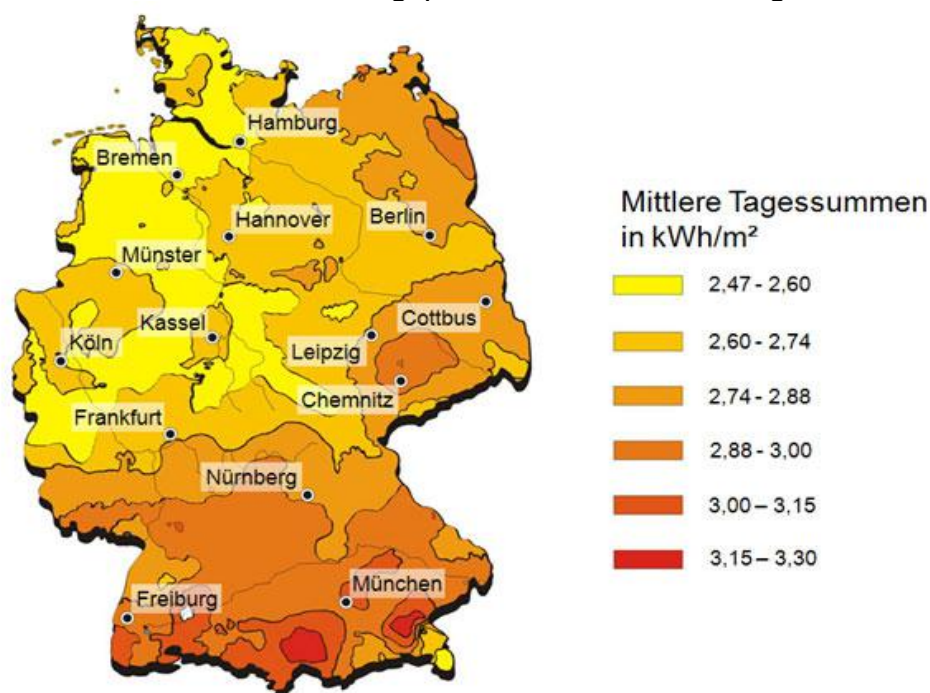


## Wie viel Sonnenenergie können wir nutzen?

Die Globalstrahlung setzt sich aus direkter, diffuser und reflektierter Sonnenstrahlung zusammen. Die Direktstrahlung trifft - wie der Name schon sagt - auf dem direkten Weg von der Sonne parallel auf eine horizontale Erdoberfläche. Die diffuse Strahlung ist indirekte Sonnenstrahlung. Wolken, Wasser- und Staubteilchen zerstreuen die Sonnenstrahlen in alle Richtungen. Der Reflexstrahlungsanteil ist die Sonnenstrahlung, die von der nahen Umgebung, z. B. Wänden zurückgeworfen wird. Solarstrom-Anlagen erzeugen aus der gesamten Globalstrahlung Strom, also auch an bewölkten Tagen. Die Werte der Globalstrahlung ändern sich im Tagesverlauf und nach Jahreszeit und weichen von der Solarkonstante ab. Mit dem Stand der Sonne ist sie mittags stärker als morgens und abends, und im Sommer stärker als im Winter. In Deutschland überwiegt die diffuse Solarstrahlung, das Strahlungsangebot liegt zwischen 900 und 1.200 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr. Bei schlechtem Wetter können noch bis zu 200 W/m<sup>2</sup> von der Anlage genutzt werden. Die Solarstrahlungsdaten sind die Grundlage für Auslegung und Ertragsberechnung ihrer Solarstromanlage. Von der Globalstrahlung kann die Photovoltaik-Anlage 75 bis 90 Prozent nutzen. Die Erträge pro Anlage liegen hierzulande zwischen 700 und 1100 kWh/kWp (Kilowatt Peak). Der Ertrag der Sonnenstromernte ist vom Standort der Anlage abhängig. In Süddeutschland werden die größten Erträge erzielt. Zwischen 1981 bis 1990 wurde in Bonn eine jährliche Globalstrahlung von 953, in Berlin von 971, in Stuttgart von 1.083 und auf der Zugspitze von 1.364 kWh/m<sup>2</sup> gemessen.



Direkte Sonnenstrahlung  
+ Diffuse Strahlung  
= Globalstrahlung



### Unser Tipp: Strahlungskarten – online oder gedruckt

Die Globalstrahlungskarten bietet der Deutschen Wetterdienst (WDW) in Hamburg in verschiedenen Formaten an. Als PDF-Dateien können Sie sich Strahlungskarten aus vielen Jahren herunterladen. Kostenfrei stehen einige Globalstrahlungs-Karten auf [www.dwd.de/so-larenergie](http://www.dwd.de/so-larenergie) bereit.

### *Endlos viel Sonnenenergie*

Die Natur nutzt die Sonnenenergie auf vielfältige Weise: Durch die Erwärmung der Erdoberfläche durch die Sonne ist eine Existenz von Pflanzen, Tieren und Menschen überhaupt erst möglich. Die Pflanzen nutzen die Lichtenergie für die Photosynthese und bieten Nahrung für alle Lebewesen. Die natürlichen Vorgänge auf der Erde wandeln die Sonnenenergie in andere regenerative Energien um. Biomasse, Wind, Wasserkraft und oberflächennahe Erdwärme sind alles Produkte der Sonne. Brennstoffe wie Holz, Pellets oder Pflanzenöl stammen ebenfalls aus der, in den Pflanzen gespeicherten Sonnenenergie. Wind entsteht durch die solare Erwärmung von Luftschichten und der Wasserkreislauf der Erde wird von der Sonnenenergie angetrieben.

### *Sonnenenergie mit Technik nutzen*

Neben der natürlichen Verwertung der Sonnenenergie hat der Mensch unterschiedliche Techniken entwickelt, um die kostenlose und unendliche Energie vom Himmel nutzbar zu machen. Hier wird in passive und aktive Solarenergienutzung unterschieden.

## **Passive Solarnutzung**

Die Sonne heizt bei jeder Gebäudeheizung mit. Solare Gewinne werden bei der Auslegung von Heizungsanlagen in die Berechnung einbezogen. Je mehr Sonnenlicht durch Glasflächen ins Gebäude strahlt, um so kleiner fällt der Heizkessel aus und wertvolle Brennstoffe werden eingespart. Passivhäuser sind sogar so gebaut, dass große Fensterflächen nach Süden ausgerichtet sind, um möglichst viel Sonnenwärme ins Haus zu holen. Hier vermindert die Sonnenenergie den Bedarf an zusätzlicher Heizenergie so stark, dass nur noch eine kleine Zusatzheizung wie zum Beispiel über einen Holzofen oder eine Luftheizung mit Wärmerückgewinnung aus der Luft nötig ist. Weitere typische Beispiele für eine passive Sonnenheizung sind Gewächshäuser oder Wintergärten. Die Sonnenstrahlung nutzt auch die transparente Wärmedämmung (TWD) als passives System. TWD-Materialien besitzen eine sehr gute Wärmedämmwirkung und sind gleichzeitig sonnenlichtdurchlässig. Zum Einsatz kommt die transparente Wärmedämmung an den von der Sonne bestrahlten Außenwände. Hinter der TWD befindet sich eine dunkle Schicht, die die Wärme der Sonnenstrahlung aufnimmt und ins Gebäudeinnere abgibt.



Foto: Lang Consulting/ hausderzukunft.at

Das Einfamilien-Passivhaus in Pettenbach/ Österreich ist ein Haus, das sowohl passiv als auch aktiv die Sonnenenergie nutzt. Die nach Süden ausgerichteten, großen Fensterflächen lassen so viel Wärme ins Haus, dass der Restwärmebedarf und das Warmwasser mit einem Komfortlüftungssystem bereit werden. Die Photovoltaik-Paneele an der Fassade (Leistung 24 kWp) erzeugen aktiv Strom.

### Definition **Photovoltaik**

„Photovoltaik bezeichnet die Umwandlung von Sonnenlicht in Strom“

## Aktive Solarnutzung

Bei der aktiven Nutzung wandelt komplexe Technik die Sonnenenergie entweder in Wärme oder in Strom um. Die Wärmesysteme werden als Solarthermie bezeichnet. Anwendungsbeispiele sind die Sonnenkollektoren für die Gebäudeheizung, die Sonnenwärme-Kraftwerke (z. B. beim Zukunftsprojekt Desertec in der Sahara), solare Kühlung (Sonnenwärme wird in Kälte umgewandelt) oder Solarkocher (Anwendung in armen Gebieten, um Holzbrennstoff einzusparen). Solarstromsysteme werden als Photovoltaik bezeichnet. Bei ihnen wandeln Solarzellen das Sonnenlicht in elektrische Energie um.



Sonnenwärme-Kraftwerk in Kalifornien/USA



Aktive Solarnutzung mit Sonnenkollektoren

## Wie wird aus Sonne Strom – der photovoltaische Effekt

Photovoltaik ist das direkte Umwandeln von Sonnenstrahlung (Photonen) in elektrischen Gleichstrom. Das Umwandeln übernehmen die Solarzellen, das kleinste Bauteil einer Solaranlage. Im Inneren der Zelle kommt es zu einer Wechselwirkung zwischen einstrahlendem Sonnenlicht und dotiertem Halbleitermaterial der Solarzelle. Dabei werden elektrische Ladungsträger (Elektronen) frei. Es fließt Strom, der durch metallische Kontakte an beiden Seiten der Zelle abgeführt wird. Der erzeugte Strom ist Gleichstrom, weil die Elektronen immer in die gleiche Richtung vom Minus- zum Pluspol fließen. Da in unserem Stromnetz aber Wechselstrom fließt, muss der erzeugte Sonnen-Gleichstrom in Netz-Wechselstrom umgewandelt - transformiert - werden.

### Was ist Strom?

Die Bezeichnung für einen Fluss von Elektronen.

### Was sind Elektronen?

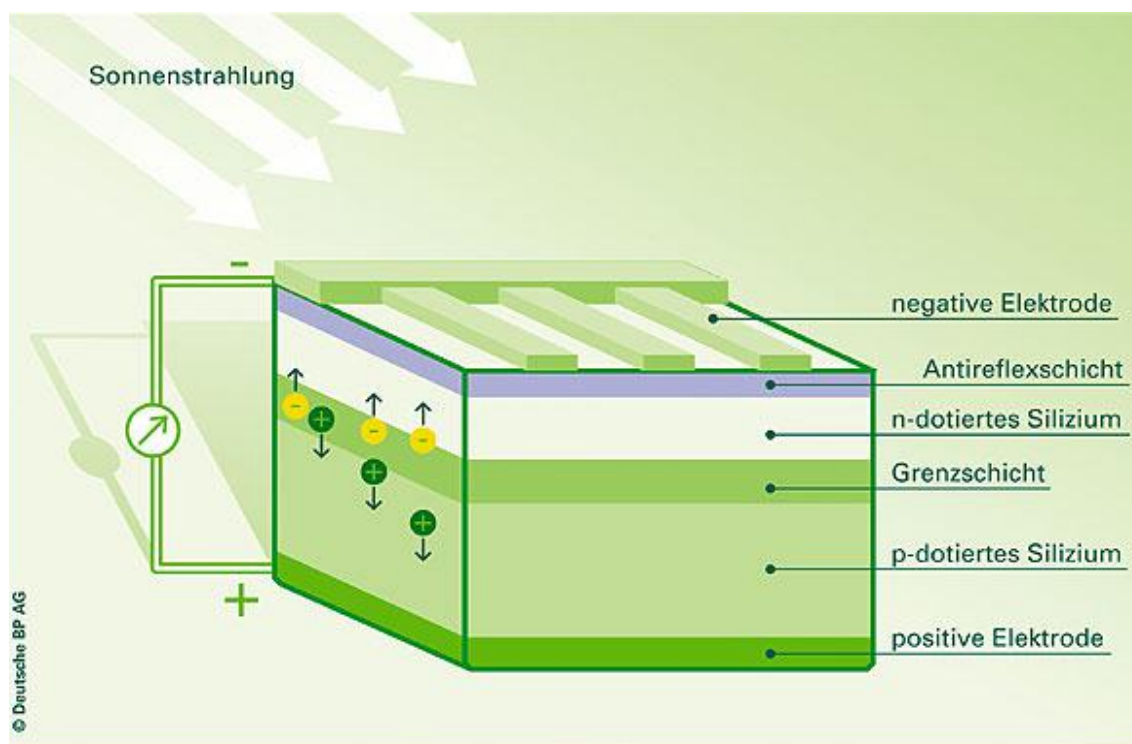
Das sind negativ geladene Elementarteilchen. In Atomen und in Ionen bilden Elektronen die Elektronenhülle. Die freie Beweglichkeit einiger Elektronen ist die Ursache für die elektrische Leitfähigkeit von metallischen Leitern wie Kupfer oder Halbleitern wie Silizium.

## Was sind dotierte Halbleiter?

Herzstück jeder Solarzelle ist ein Halbleiter, meist Silizium. Halbleiter leiten – wie ihr Name sagt – im Gegensatz zu elektrischen Leitern wie Kupfer den Strom nur, wenn sie hohen Temperaturen oder Licht ausgesetzt sind. Halbleiter wie Silizium haben die Eigenschaft, dass sich in ihren Atomen zwei Ebenen befinden. Auf einer Ebene sind die Elektronen festgebunden, auf der zweiten Ebene bewegen sich die Elektronen frei. Unter Dotieren (lat. dotare „ausstatten“) versteht man, dass Fremdatome in eine Schicht eingebracht werden. Mit den Fremdatomen lässt sich die Leitfähigkeit der Halbleiter verbessern.

## Was passiert in einer Solarzelle?

Eine typische Solarzelle besteht aus zwei Schichten Silizium. Sie werden durch das „gezielte Verunreinigen“ (Dotieren) mit unterschiedlichen Fremdatomen wie Phosphor oder Bor so beeinflusst, dass eine Teilschicht negativ und die andere positiv leitend wird. Der Fachjargon bezeichnet die Schichten als n-dotiert (negativ dotiert) und p-dotiert (positiv dotiert). Phosphor wird für die n-Dotierung und Bor für die p-Dotierung verwendet. Zwischen dem Plus- und Minuspol befindet sich eine Grenzschicht, der sogenannte p-n-Übergang. Hier im Kern der Solarzelle entsteht das elektrische Feld. Trifft Sonnenlicht auf den p-n-Übergang in der Grenzschicht, dann entstehen durch Lichtabsorption freie Ladungsträger: negative Elektronen und positive „Defekt-Elektronen“. Diese bewegen sich dann, je nach ihrer Ladung zur negativen und positiven Elektrode. Damit liegt Spannung an den Elektroden an. Wird der Stromkreis geschlossen, fließt elektrischer Strom. Nur wenn Licht (Photonen) auf die Oberfläche der Zelle trifft, wird Strom erzeugt. Deshalb „schlafen“ PV-Anlagen nachts. Da die Stromerzeugung direkt aus dem Licht erfolgt, ist Photovoltaik gegenüber anderen Verfahren verschleiß- und wartungsfrei.



Funktionsprinzip einer Solarzelle, Grafik: BP Europa SE

### Unser Tipp zur Rechtschreibung: Photovoltaik oder Fotovoltaik?

**D**urch die neue Rechtschreibreform wurde aus dem alten Photo das neue Foto. Folgerichtig sind die Schreibweisen Photovoltaik oder Fotovoltaik beide korrekt. Da aber Solarstrom-Anlagen schon lange mit PV-Anlage abgekürzt werden und international das englische „photovoltaics“ verwendet wird, ist es wahrscheinlich, dass die Schreibweise „Photovoltaik“ weiterhin bestehen bleibt und die „Fotovoltaik“ wieder verdrängt.

## Ein Blick zurück: Die Geschichte der Photovoltaik

Bevor die Technik einer Solarstrom-Anlage im Detail erklärt wird, ein kurzer Ausflug in die Geschichte der Photovoltaik, die keineswegs so jung ist, wie man vielleicht glaubt. Bereits im 19. Jahrhundert entdeckten Wissenschaftler das Phänomen der direkten Umwandlung des Sonnenlichts in elektrischen Strom. Als Name dafür wurde der Begriff **Photovoltaik** eingeführt. Das Wort Photovoltaik ist eine Ableitung aus phos (griech. Licht) und der Einheit Volt für die elektrische Spannung.



Alexandre E. Becquerel

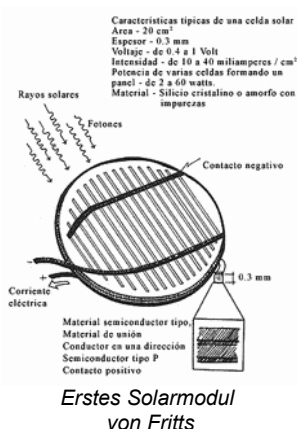
### Entdeckung

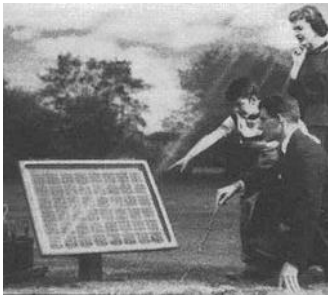
Entdeckt wurde der photovoltaische Effekt (auch photoelektrischer Effekt genannt) **1839** von dem französischen Physiker Alexandre Edmond Becquerel. Der Vater von Henri Becquerel, welcher die Radioaktivität des Urans entdeckte, war zu dieser Zeit erst 19 Jahre alt. Der junge, Forscher experimentierte mit Batterien mit einem galvanischem Element. Diese bestrahlte er mit Licht und stellte die Zunahme von elektrischer Spannung fest. Warum das geschah, konnte er aber nicht erklären.

### Grundlagenforschung

**1877** wurde der photovoltaische Effekt am Halbleiter Selen vom englischen Elektroingenieur Willoughby Smith nachgewiesen.

Das Veröffentlichen der Entdeckung löste weitere Forschungen zu diesem Thema aus. **1883** baute der US-Amerikaner Charles Fritts ein erstes Solarmodul aus Selen-Solarzellen. Der Wirkungsgrad lag bei 1%. Das technische Know-How der Wirkungsweise von Solarzellen fehlte aber nach wie vor. Viele Wissenschaftler zweifelten an der Seriosität dieser Entdeckung. Mehr als zwanzig Jahre später, **1905**, konnte Nobelpreisträger Albert Einstein den Photoeffekt mit seiner Quantentheorie des Lichts erklären und beweisen.



*Photovoltaische Zellen*

Die erste „Bell Solar Battery“ von 1954.

Nachdem Wissenschaftler **1949** die Physik des p/n-Übergangs bei Dioden und Transistoren aufdeckten, kam die Forschung der Entwicklung von Solarzellen auf Halbleiterbasis ein ganzes Stück näher. Die Erfindung der heute gebräuchlichen Silizium-Solarzelle sorgte **1954** für Schlagzeilen: Die Titelseite der New York Times verkündete die Entwicklung der ersten Silizium-Solarzellen in den Bell Telephone Laboratories, New Jersey. Die kristallinen Silizium-Solarzellen waren ca. 2 cm<sup>2</sup> groß und besaßen einen Wirkungsgrad von bis zu 6%. Damit waren erstmals wichtige Voraussetzungen für die industrielle Produktion von PV-Zellen geschaffen.

*Erste Anwendung: Sonnensegel im All*

Montage eines Satelliten der Explorer-Serie 1961, Foto: NASA

Seit **1958** dient die Photovoltaik zur Energieversorgung der meisten Raumflugkörper. Der US-Raumfahrt-Satellit Vanguard I besaß als erster Satellit ein Solarpanel, welches mit 108 Silizium-Solarzellen ausgerüstet war. Der Wirkungsgrad der Zellen hatte sich bereits auf 10% erhöht. Der Erfolg der Photovoltaik auf der Erde blieb aber aufgrund der enormen Kosten vorerst aus.

*Nutzung auf der Erde*

1990 startet in Deutschland das 1000-Dächer-Programm zur Förderung der Photovoltaik

Erst nach der ersten Ölkrise von **1973**, wurde die Energieerzeugung mit dem heimischen Energieträger Sonne interessant. Es entstanden viele neue Forschungseinrichtungen, die sich mit der Entwicklung der Photovoltaik beschäftigten. Viele Staaten unterstützten finanziell den Auftrag, billigere und bessere Solarzellen zu entwickeln. Seit Mitte der Siebziger wurden dann mehr Solarzellen für den Einsatz auf der Erde als für die Raumfahrt produziert. **1979**: Der Störfall im Atomkraftwerk Harrisburg/USA und die zweite Ölkrise im gleichen Jahr sorgten für weiteren Aufwind der Sonnenenergie. Ab Mitte der 80er installierten erste Hausbesitzer netzgekoppelte PV-Anlagen auf ihr Dach.

## Die Markteinführung der Photovoltaik in Deutschland

Mit der Forschung, der Entwicklung und der Markteinführung neuer Solarzell-Typen und mit Breitentests für kommerzielle PV-Anlagen beginnen die 1990er Jahre in Deutschland. Die Bundesregierung förderte zunächst mit dem "1.000-Dächer-Programm" (1990 bis 1994), später mit dem "100.000-Dächer-Programm" (2000 bis Mitte 2003) die Installation netzgekoppelter Solarstrom-Anlagen. Seit April 2000 gilt das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Deutsch-

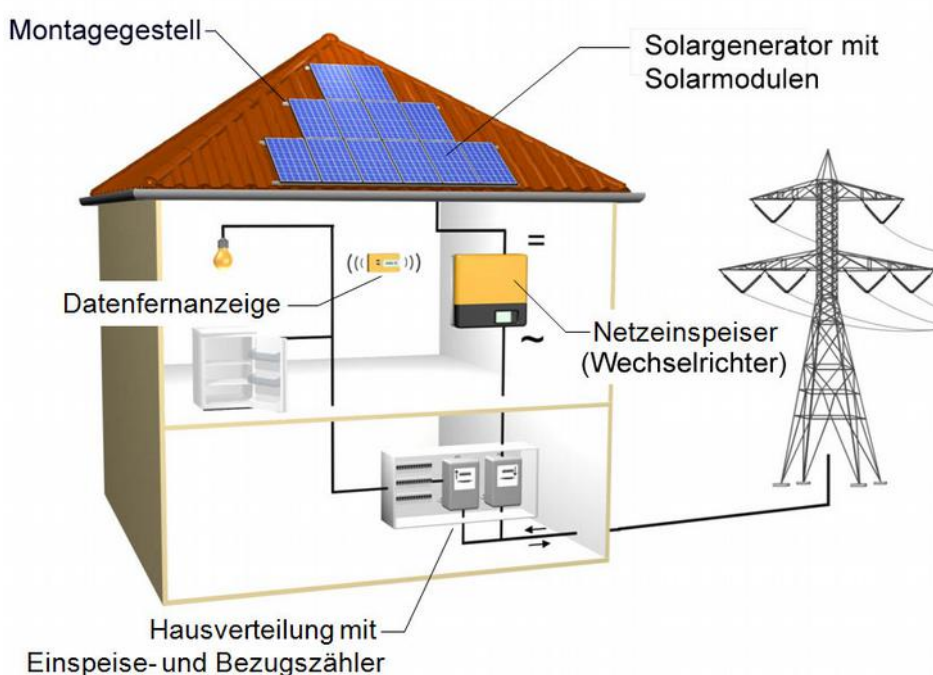


land. Es regelt die Abnahme- und Vergütungspflicht für ins Netz eingespeisten Strom aus PV-Anlagen. Es ist bis heute das zentrale Instrument der Finanzierung und Förderung von Solarstrom. Eine durchschnittliche PV-Anlage (2 kWp) kostete im 1000-Dächer-Programm 1990 noch 24.000 DM/kWp. Beim 100.000-Dächer-Programm sanken die Kosten auf 8.500 Euro/kWp. 2006 kostete die gleiche Anlage 5.000 Euro/kWp. Seit der Vergütung durch das EEG werden viele Kleinanlagen unter 5 kWp installiert. Durch die gesetzlichen Rahmenbedingungen wächst in den letzten Jahren jedoch auch Anzahl der Photovoltaik-Großanlagen bis über die 1-MW<sub>peak</sub>-Grenze hinweg. Die vergangenen Jahre standen im Zeichen stark sinkender Preise für Solarzellen und Solarmodule. Damit ist das Ziel, dass Photovoltaik in Kürze preislich konkurrenzfähig zu konventionellem Strom werden könnte, näher gerückt.

## Alle Komponenten einer Photovoltaik-Anlage im Überblick

**E**gal, ob eine Solarstrom-Anlage auf dem Hausdach oder an der Fassade Strom erzeugt, die wesentlichen Komponenten sind: Solargenerator, Generatoranschlusskasten und Wechselrichter. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Inselanlagen und netzgekoppelten Anlagen. Inselanlagen sind eine autarke Energieversorgung, wenn kein Anschluss ans öffentliche Stromnetz möglich ist. Beispiele sind Berghütten in den Alpen oder abgelegene Ferienhäuser und Gehöfte. Der typische Anwendungsfall für Photovoltaik-Anlagen sind aber die netzgekoppelten Anlagen. Sie speisen den erzeugten Strom in das öffentliche Stromnetz ein. Beide Anlagentypen unterscheiden sich in einigen Komponenten.

### Netzgekoppelte Photovoltaik-Anlagen



Grafik: wagner-solar.com /eigene Ergänzung

Netzkopplung bedeutet für den Anwender kurz gesagt: „Einspeisen und Geld dafür bekommen.“ Für den ins öffentliche Stromnetz eingespeisten Sonnenstrom erhalten Sie eine staatlich garantierte Vergütung vom Stromversorger. So gut wie alle PV-Anlagen, die Sie auf Häusern, Scheunen oder an Fassaden sehen, sind netzgekoppelt. Netzgekoppelte Anlagen bestehen aus dem Solargenerator mit mehreren Modulen, dem Montagesystem zum Fixieren des Generators auf dem Dach, dem Netzeinspeisegerät (häufig Wechselrichter genannt) und dem Einspeisezähler. Der misst zusätzlich zum normalen Stromzähler (Bezugszähler) die Menge des eingespeisten Sonnenstroms für die Vergütung. Viele Wechselrichter-Anbieter liefern serienmäßig eine Datenanzeige (Datenlogger) mit.

## **Vorteile der netzgekoppelten Solarstrom-Anlage**

### *Umweltnutzen*

Strom erzeugen mit Sonnenenergie ist im Gegensatz zu fossilen Energieträgern unbegrenzt verfügbar. Saubere und leise Stromerzeugung: Es kommt dabei zu keinerlei Freisetzen von Feinstaub, wie z. B. Rußpartikeln oder dem Treibhausgas CO<sub>2</sub>.

### *Einfache Technik*

Photovoltaik-Anlagen sind unkomplizierte Kleinkraftwerke, die jeder Bauherr auf dem eigenen Haus errichten und betreiben kann.

### *Versorgungssicherheit*

In sonnenarmen Zeiten erhalten Sie Ihren Strom über das öffentliche Netz aus anderen Kraftwerken. Auch im Falle einer Betriebsstörung ist die Versorgung mit Elektrizität gesichert. Für die Zeit, in der die Solaranlage nicht in Betrieb ist, wird einfach kein Strom mehr erzeugt und damit keine Leistung ins Netz eingespeist.

### *Wertsteigerung Ihres Hauses*

Mit einer netzgekoppelten Solarstromanlage auf dem Dach erhöht sich der Wert Ihrer Immobilie bei Verkauf oder Vermietung.

### *Kaum Wartungsbedarf*

Netzgekoppelte Anlagen erzeugen vollautomatisch Strom. Hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer sorgen für einen störungs- und wartungsfreien Betrieb.

### *Modularer Aufbau*

Die Anlage kann klein mit wenigen Modulen begonnen und später verhältnismäßig einfach um weitere Module zur größeren Anlage ergänzt werden.

### *Keine Energiespeicher notwendig*

Da der eingespeiste Strom sofort im Netz verbraucht wird, benötigen Sie keine teuren Speicherakkus – wenngleich sie möglich sind.

### *Hoher Wirkungsgrad*

Der erzeugte Solarstrom wird mit geringen Umwandlungsverlusten ins Netz eingespeist und kann dort vollständig genutzt werden. Im Gegensatz zu zentralen

Kraftwerken wird der Strom aus Ihrem dezentralen Kleinkraftwerk entweder von Ihrem Haushalt oder in der Nähe verbraucht.

### *Kostenfaktor*

Gesetzliche Regelungen, Förderprogramme und Finanzierungsangebote für netzgekoppelte Solarstromanlagen machen die Anwendung dieser Technik auch wirtschaftlich interessant. Die Anschaffungskosten kleiner netzgekoppelter Anlagen haben sich in den letzten Jahren fast halbiert. Hierzu hat die Entwicklung einer modularen Systemtechnik stark beigetragen. Dank der Vergütung nach dem EEG haben Sie eine sichere Einnahme.

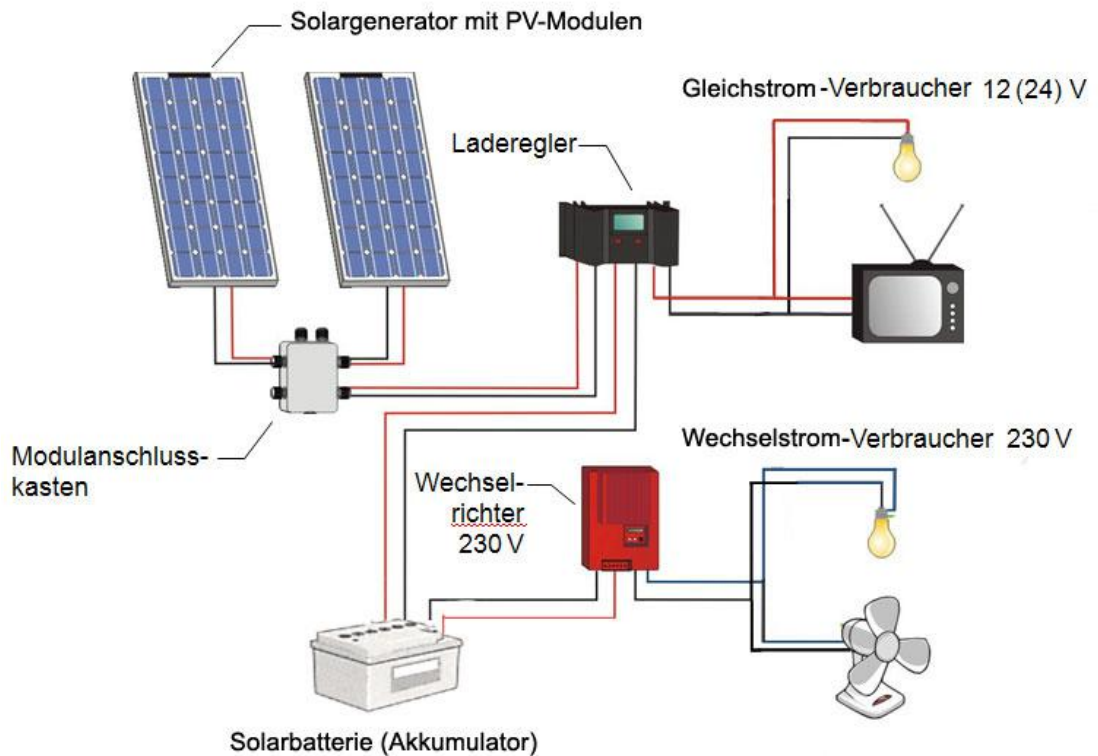
## **Inselanlagen – netzunabhängige Solarstromerzeugung**



*PV-Inselanlage im Retezat Nationalpark/Rumänien, Foto: Centrosolar AG*



Mit einer PV-Inselanlage ist der Anwender autark vom öffentlichen Stromnetz. Bewohner in abgelegenen Gebieten, wo ein Netzanschluss sehr teuer wäre, aber auch Wohnmobile können den kostenfreien Sonnenstrom mit einer Inselanlage nutzen. Diese sind autonom, d.h. nicht mit dem Netz verbundene Anlagen. Der erzeugte Strom wird selbst verbraucht. Im Gegensatz zu den netzgekoppelten PV-Anlagen benötigen sie spezielle Solarbatterien (Akkumulatoren) zum Speichern des Stroms.



Je nach Anlagenkonzept können 12, 24 oder 230 Volt-Verbraucher oder ein Mix aus diesen betrieben werden. Bei der Auswahl der angeschlossenen Geräte ist auf eine möglichst hohe Energieeffizienz zu achten.

## Die kleinste Komponente – die Solarzelle



Kristalline Solarzelle  
Foto: BMU/ Copyright: H.-G. Oed

Über 90 Prozent aller Solarzellen werden aus dem Halbleiter Silizium hergestellt. Die Siliziumzellen sind in zwei Hauptgruppen unterteilt in kristalline und amorphe Zellen.

**Amorphe Siliziumzellen** (Dünnschichtzellen) können einfach hergestellt werden, besitzen aber relativ niedrige Wirkungsgrade von 5 bis 8%. Sie werden bisher wenig für Solarstrom-Anlagen eingesetzt, sind aber für die Zukunft im Kommen. Ihr bisheriges Hauptanwendungsgebiet sind solare Uhren, Taschenrechner oder Outdoor-Artikel. Die kristallinen Zelltypen sind heute Stand der Serienfertigung für PV-Anlagen.

## Kristalline Solarzellen - vom Sand zur Solarzelle

Solarzellen werden aus kristallinem Silizium hergestellt. Das chemische Element Silizium kommt in der Natur nach Sauerstoff am zweithäufigsten vor. Die Siliziumvorkommen machen rund ein Drittel des Gewichts der Erdoberfläche aus. Silizium findet man aber nicht in reiner Form sondern gebunden als Siliziumdioxid (Sand und Quarz) oder als Mineral (Edelsteine wie Amethyst oder

Opal) vor. Für die industrielle Verwendung als Halbleiter - wie bei der Chipherstellung oder für Photovoltaik-Anwendungen - muss der Rohstoff Quarzsand von den Verunreinigungen befreit werden und in sogenanntes metallurgisches Silizium mit einer Kristallstruktur umgewandelt werden. Das Solarsilizium für PV-Zellen besitzt sogar einen noch höheren Reinheitsgrad als das Silizium für die Computerchip-Produktion. Kristalline Solarzellen werden nach Herstellungsverfahren sowie Kristallanordnung in monokristalline und polykristalline (auch multikristalline) Zellen unterschieden.

### Monokristalline Solarzellen

Die Klassiker unter den Solarzellen sind die monokristallinen Zellen, die schon bei den ersten Solarmodulen in der Raumfahrt Verwendung fanden. Die mono-



kristallinen Zellen erkennen Sie an der ebenen und glatten Oberfläche. Sie sehen dunkel aus: anthrazit, dunkelblau bis schwarz. Silizium-Monokristalle oder auch Einkristalle genannt, besitzen eine ebene Anordnung ihrer Atome über den gesamten Materialblock. Sie haben Wirkungsgrad von 14 bis 18 Prozent, der gegenüber den weit verbreiteten multikristallinen Modulen (12 bis 16

Prozent) etwas höher ausfällt. Das Herstellungsverfahren ist sehr energieaufwendig. Deshalb sind diese Zellen teurer als ihre polykristallinen Schwestern.

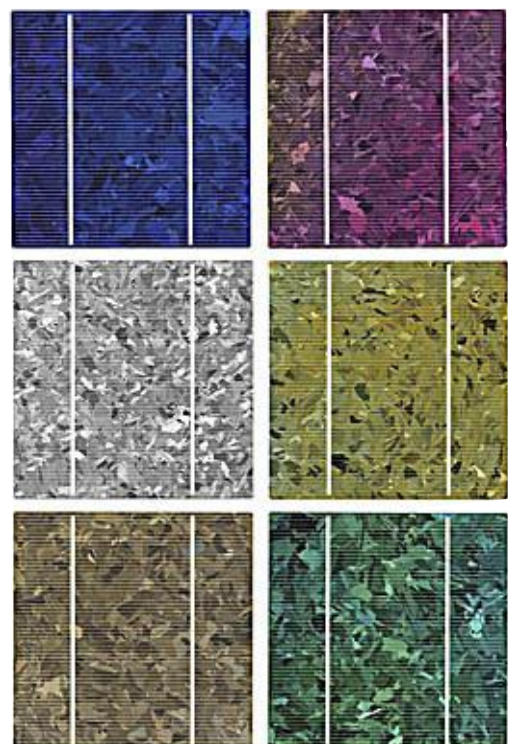
#### Technologie bei der Herstellung monokristalliner Zellen

Waferproduzent	
	<p>Roh-Silizium wird bei über 1410 °C eingeschmolzen. Ein säulenförmigen Monokristall entsteht. Er hat eine Reinheit über 99 Prozent. Hinzu kommt in einem weiteren Schritt das Element Bor für die p-Dotierung</p>
	<p>Aus der Siliziumschmelze werden im Tiegelziehprozess runde Einkristall-Stäbe gezogen. Sie besitzen Durchmesser von 10 bis 20 cm. Ein erhitzter Siliziumstab dient als Keim, auf den der Kristall „aufwächst“..</p>
	<p>Besäumen: Eine Säge besäumt (sägt) die runden Stäbe zu Blöcken mit einem nahezu quadratischen Querschnitt.</p>

	<p>Die Blöcke zerteilt eine Bandsäge in dünne Scheiben, die "Wafer" genannt werden. Sie sind nur wenige 100 µm dick und sehr zerbrechlich. Die Wafer erhalten zur besseren Lichtaufnahme eine spezielle Struktur-Ätzung mit einer pyramidenförmigen Oberfläche.</p>
	<p>Die in der Schmelze bereits Bor-dotierten Wafer erhalten eine Phosphor-Dotierung. Das geschieht bei durch Gasdiffusion (Gas eindringen) an der Oberfläche der Scheiben.</p>
<p>Zellenproduzent</p>	
	<p>Im Siebdruck-Verfahren mit einer Silberpaste, ähnlich wie bei Aufdrucken von Werbung, erhalten die Wafer auf der Vorder- und Rückseite jetzt ihre elektrischen Kontakte.</p>
	<p>Die Solarzelle erhält noch eine Anti-Reflexionsschicht, welche die vorher silbergrauen Zellen jetzt dunkelblau bis schwarz färbt.</p>
	<p>Die nach der Fertigung geprüften Solarzellen werden elektrisch mehrfach miteinander zu Ketten verbunden.</p>

### Polykristalline Solarzellen

Über die Hälfte der verbauten Solarmodule sind aus multikristallinen Zellen zusammengesetzt. Der Wirkungsgrad ist um 2 Prozent niedriger als bei den monokristallinen Modulen. Dafür ist die Herstellung energiesparender und die Module werden dadurch preiswerter angeboten als die monokristallinen Modelle. Anders als bei dem polykristallinen Verfahren wird die Silizium-Schmelze einfach in Blöcke gegossen. Nach dem Aushärten des Blocks wird er zu Wafern zersägt. Ein einfacheres Verfahren, welches die Produktion billiger macht. Jedoch entstehen dadurch relativ große, uneinheitliche Kristalle mit sichtbaren Korngrenzen.



Die multi- bzw. polykristalline Solarzellen erkennen Sie an ihrem charakteristischen, blau glitzernden Aussehen, das Eiskristallen ähnelt. Das kommt daher, weil die Siliziumkristalle in der Zelle verschieden ausgerichtet sind. Dadurch erkennen Sie helle und dunkle Strukturen, je nachdem wie das Licht auf die Zelle trifft. Multikristalline Zellen gibt es auch in unterschiedlichen Farbtönen, zum Beispiel in Grau, Grün oder Gold. Diese „exotischen“ Farben kommen zum Beispiel bei der Gebäudeintegration von Solarfassaden zur Anwendung.

Der Nachteil ist, dass Module mit diesen Solarzellen wegen der helleren Oberflächen eine geringere Energieausbeute besitzen.

## Dünnschichtzellen

Die amorphen Dünnschichtzellen sind – wie der Name sagt – im Gegensatz zu den konventionellen, kristallinen Solarzellen etwa um den Faktor 100 dünner. Das Halbleitermaterial Silizium oder andere Beschichtungsmaterialien wie Cadmiumtellurid (CDTe) oder Kupferindiumdiselenid (CIS) wird in einer dünnen Schicht auf das Trägermaterial (z. B. Glas) aufgedampft oder aufgesprüht. Die Schichtdicken betragen weniger als 1  $\mu\text{m}$ . Zum Vergleich: Ein menschliches Haar ist etwa 50 bis 100  $\mu\text{m}$  dick. Durch den geringen Materialeinsatz ist die Dünnschichtzellen-Produktion um vieles günstiger als die der kristallinen Solarzellen. Durch den Einsatz von Dünnschichtsolarzellen wird langfristig eine wesentliche Preissenkung von Photovoltaik-Anlagen erwartet. Die Anteile am gesamten Modulmarkt sind in den letzten Jahren überproportional gestiegen.

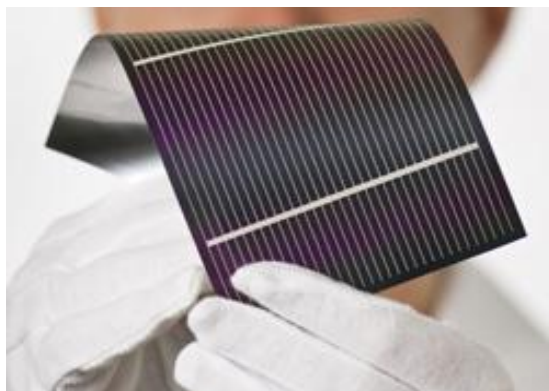


Foto: Global Solar Energy Deutschland

Dünnschicht-Module sind die Zukunft der PV-Module. Preiswert und flexibel. Wird als Trägermaterial ein Kunststoff oder dünne Edelstahlfolie genommen, dann lassen sich damit flexible und biegbare Solarmodule herstellen. Anwendungen heute sind u.a.. Rucksäcke, Zelte oder auch Outdoor-Bekleidung, in deren Fasern amorphe Siliziumzellen eingearbeitet sind oder stromerzeugende Dachbahnen.

Bei der Herstellung entstehen keine einzelnen Zellen sondern ganze Module. Ein Laser trennt die beschichteten Trägermaterialien in dünne Streifen und erzeugt dadurch eine Reihenschaltung der Teilflächen. Bei allen Vorteilen der Dünnschichtzellen bzw. -module haben sie den Nachteil, dass sie derzeit einen deutlich geringeren Wirkungsgrad als kristalline Photovoltaik-Zellen besitzen. Der Wirkungsgrad von CIS-Zellen beläuft sich auf ca. 11,5 %, Spitzenwerte liegen aktuell bei CIGS-Dünnschicht-Zelle bei 13 % Moduleffizienz. Flexible Solarzellen haben in der Regel sogar einen noch geringeren Wirkungsgrad. Doch an der Weiterentwicklung dieser Technologie wird eifrig geforscht, dass mit Wirkungsgrad-Steigerungen zukünftig zu rechnen ist.

## Wie sieht die Zukunft der Solarmodule aus?



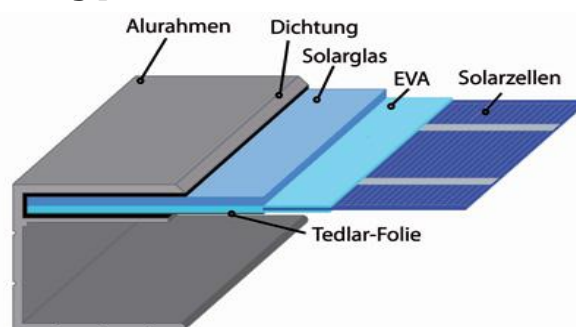
Foto: BMU / Bernd Müller

Derzeit arbeiten Wissenschaftler an der Entwicklung von Solarzellen aus organischen Halbleitermaterial: Der Wirkungsgrad etwa der Grätzel-Zelle (auf Chlorophyll-Basis) und der Polymer-Zellen liegt bei etwa 6 Prozent. Gerade die Entwicklung organischer und gedruckter Solarmodule zur großflächigen Verwendung auf Dächern und Fassaden wird vorangetrieben. Noch liegt deren Wirkungsgrad bei drei Prozent, Wirkungsgrade von sieben Prozent sind in Sicht. Bis dahin haben die Hersteller allerdings noch einige Probleme zu meistern – angefangen von der Haltbarkeit bis hin zur Effizienz.

## Viele Zellen – mehrere Module – ein Dachkraftwerk

Eine Zelle allein ist noch lange keine Photovoltaik-Anlage. Das, was man auf dem Dach eines Anlagenbesitzers sieht, ist der Solargenerator und auch nur ein Teil der kompletten Anlage. Er besteht aus mehreren Solarmodulen, auch PV-Modul genannt. In einem Modul sind viele Solarzellen miteinander elektrisch verbunden. Sie sind zwischen Glas- oder Kunststoffscheiben gebettet und so vor Wind und Wetter geschützt. PV-Module werden in der Regel in einem Rahmen auf dem Dach oder einem Trägergestell montiert. Module werden für Standardspannungen, z.B. für 12 Volt, geliefert.

## Aufbau eines typischen Solarmoduls



Grafik: Megasol Solar



- ◆ Die erste, obere Schicht eines Solarmoduls, auf der Sonnenseite, bildet eine Glasscheibe. Meist wird dafür so genanntes Einscheiben-Sicherheits-Glas, kurz ESG, verwendet. Die Front-Glasscheibe ist temperaturbeständig sowie schlag-, stoß- und druckfest.
- ◆ Danach folgt eine transparente Kunststoffschicht aus Ethylvinylacetat (EVA), in der die Solarzellen eingebettet sind. Die wasserdichte Kunststoffolie ist mit den Solarzellen verschweißt (laminiert) und schützt vor Korrosion.
- ◆ Die dritte Schicht bilden die Solarzellen
- ◆ Die letzte Schicht, die Rückseite ist eine Kaschierung mit einer witterungsfesten Kunststoffverbundfolie z. B. aus Polyvinylfluorid (Tedlar) und Polyester.
- ◆ Für eine gute Handhabung beim Transport und der Montage der Module sind sie in ein Aluminiumprofil gerahmt. Dieser Alu-Rahmen gibt dem Modul zusätzlich Festigkeit

### Sind Solarmodule vor Hagel geschützt?

**J**a. Nach der internationalen IEC-Norm werden die Solarmodule getestet, dass sie Hagelkörner bis zu 2,5 cm standhalten. Die Hagelfestigkeit ist einer von 18 Tests wie Klima- und UV-Schutz, den Solarmodule bestehen müssen.

## Hybridkollektoren: Zusammenspiel von Photovoltaik und Solarthermie

Einige Hersteller bieten eine Verbindung zwischen Solarmodul und Sonnenwärmekollektor an. Diese sogenannten Hybrid-Kollektoren erzeugen Sonnenstrom und Sonnenwärme zugleich. Sie nutzen die Abwärme der Photovoltaik-Module. Während die Solarkollektoren die Photovoltaik-Module kühlen, wird die abgeführte Wärme aus den PV-Zellen für die Solarthermie also zum Beispiel zur Warmwassererzeugung verwendet. Außerdem bieten diese Hybridmodule einen aktiven Schneeschutz: Schnee haftet auf den Solarzellen in der Regel nicht. Die Geräte haben allerdings noch Entwicklungspotenzial. Momentan gibt es rund 30 Anbieter dieser Kombi-Solarnutzung. Da die Hybridkollektoren noch nicht lange auf dem Markt sind, gibt es noch keine Langzeiterfahrungen.



*Kombimodul PV-Therm, Heizungsunterstützung und Stromerzeugung.  
Foto: Solarzentrum Allgäu*

**Was ist eigentlich der Unterschied zwischen Kollektor und Modul?**


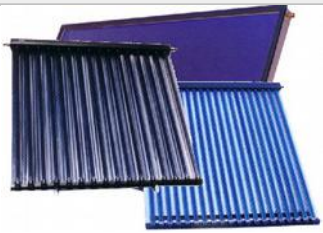
„Der Nachbar hat „Solar“ auf dem Dach“. Rein äußerlich sehen sich die „Solarplatten“ auf dem Dach – Kollektor und/oder Modul – ähnlich. Schaut man



genauer auf das Innenleben, erkennt auch der Laie den Unterschied: In den Sonnen-Kollektoren für die Heizung sind auf schwarzem Hintergrund dünne Kupferrohre oder Vakuum-Röhren erkennbar. Die Module für den Strom glitzern meist blau in der Sonne.

Oben angeordnet sind die dunkelblauen bis schwarzen Kollektoren für die solare Wärme zur Brauchwasserbereitung und Heizungsunterstützung. Darunter sind die blauen Solarmodule für das Erzeugen und Einspeisen von Solarstrom montiert. *(Foto: BSW)*

**Sonnenwärme und Sonnenstrom im Vergleich**

	<b>Photovoltaik = Sonnenstrom</b>	<b>Solarthermie = Sonnenwärme</b>
		
Was passiert auf dem Dach?	Strom erzeugen	Sonnenwärme für Heizung und Dusche
Auf Ihrem Dach liegen ...	Photovoltaik-Module	Sonnen-Kollektoren
Wirkungsgrad	15 bis 18 %	75 bis 80 %
Amortisation	10-15 Jahre	10-20 Jahre
Lebensdauer	etwa 30 Jahre	etwa 40 Jahre
Gibt es zinsgünstige KfW-Kredite?	ja	ja
Fördermittel	Kein Zuschuss für den Kauf der Anlage. Vergütung für ins Netz gespeisten Strom, gemäß EEG	Zuschuss für Erstinstallation der Anlage, nicht rückzahlbar staatliche BAFA-Förderung bis 40m <sup>2</sup>

*Tabelle Quelle: Solifer GmbH*

**Unser Tipp: Beauftragen Sie einen Solarteur**

**D**er neue Handwerksberuf „Solarteur“ ist abgeleitet aus dem Begriff "Solar-Installateur". Während viele Elektro-Handwerker nur Photovoltaik-Anlagen einbauen, beherrscht der Solarteur beide Sonnen-Gewerke: Thermie und PV. Er ist ein gut ausgebildeter Spezialist, der zusätzlich zu seinem Beruf - Elektro- bzw. Gas-Wasserinstallateur - im jeweiligen Kombifach ausgebildet ist. Handwerkskammern und spezielle Solarteurschulen bieten diese Ausbildung im Bereich der erneuerbaren Energien an. Wenn Sie planen, auf Ihrem Dach Solarwärme und Photovoltaik zu installieren, ist ein Solarteur der richtige Ansprechpartner.

**Wechselrichter: Umwandeln, optimieren, überwachen**

Foto: Stringwechselrichter der SolarMax S-Serie, Sputnik Engineering AG

Der Wechselrichter ist das Herz der Photovoltaik-Anlage. Er wandelt den solar erzeugten Gleichstrom in netztauglichen Wechselstrom um. Das Gerät ist für den Sonnenertrag Ihrer Anlage genauso wichtig wie die optimale Ausrichtung der Module. Typische netzgekoppelte Hausdachanlagen verfügen über mindestens einen Wechselrichter, oft jedoch mehrere – je nach Modulanzahl, Anlagenleistung, Konfiguration und Wechselrichtertyp.

Der umgangssprachlich bezeichnete „Wechselrichter“ heißt eigentlich Netzeinspeisegerät, kurz NEG oder auch Inverter genannt, denn er erfüllt in einer netzgekoppelten Anlage mehr Funktionen als nur das „Wechselrichten“ von Gleichstrom zu Wechselstrom. Das NEG / der Wechselrichter regelt Strom und Spannung so, dass die Solaranlage eine höchstmögliche Leistung ausgibt. Dafür stellt das Gerät schnell und genau den optimalen Arbeitspunkt (Maximum Power Point – MPP) auf der Strom-Spannung-Kennlinie des Modulstrings ein. Die Suche und Nachführung nach dem MPP heißt entsprechend MPP-Tracking.

Eine weitere Aufgabe des NEG ist das Überwachen des Netzanschlusses: Bei Ausfall des öffentlichen Stromnetzes schaltet es sekundenbruchteilsschnell die

Solarstromanlage aus Sicherheitsgründen ab. Zudem besitzt es meist eine Vorrichtung, die den Stromfluss von den Modulen unterbrechen kann. Der Grund dafür ist, dass im Falle einer Trennung der Kabelverbindung während des Betriebs des NEG, keine gefährlichen Lichtbögen bei den ständig unter Spannung stehenden Modulen entstehen. Eine im Wechselrichter integrierte Trennvorrichtung verringert den Installations- und Verkabelungsaufwand.

Das NEG erfasst und speichert auch Betriebsdaten. Erträge und Fehlermeldungen und macht diese Daten über ein Display sichtbar. Ebenso ist über eine Schnittstelle das Ablesen der Betriebskennwerte am PC oder per Fernabfrage möglich. Für den Datenabruf werden meist sogenannte Datenlogger genutzt.

### Unser Tipp: Auf europäischen Wirkungsgrad achten

**D**ie Anbieter der Wechselrichter werben oft mit maximalen Wirkungsgraden der Geräte. In der Praxis, wo die Anlage auch im Teillastbereich arbeitet, ist der Wirkungsgrad aber geringer. Deshalb wird er gemittelt und dann als "Europäischer Wirkungsgrad" bezeichnet. Der Wirkungsgrad des Wechselrichters entscheidet jedoch nicht allein über den Gesamtwirkungsgrad einer Photovoltaik-Anlage, sondern alle weiteren Komponenten ebenso wie Reihen- oder Parallelschaltung.



## Wechselrichter-Typen für netzgekoppelte Anlagen

Wechselrichter werden in verschiedenen Leistungsklassen und Baugrößen angeboten - angepasst an die Leistung Ihrer netzgekoppelten PV-Anlage.



DMI-Serie (Dorfmueller-Modul-Inverter)  
Größe: 16 x 32 x 10 cm  
Foto: Dorfmueller GmbH



Strangwechselrichter Powador 4000 surpreme,  
einphasig und trafolos  
Größe: 55 x 34 x 22 cm  
Foto: Kaco new energy



Zentralwechselrichter Sunny Central 800CP  
Foto: SMA Solar Technology AG

**Modulwechselrichter** befinden sich direkt am Modul, meist in der Modulanschlussdose eingebaut. Sie werden für Solarmodul-Leistungen von 100 bis 1.400 Wp angeboten. Ein Trenntransformator dient der Sicherheit. Da jeder Modulwechselrichter für sich arbeitet, stört keine Teilbeschattung. Deshalb werden Modulwechselrichter eingesetzt, wenn einzelne Module im Tagesverlauf verschattet werden.

**Strangwechselrichter** sind die heute am weitesten verbreiteten Wechselrichter in der Photovoltaik. Sie sind über ein Kabel jeweils mit einem oder mehreren Modulsträngen (in Reihe geschaltete Solarmodule) verbunden. Die Geräte verbinden große Flexibilität bei der Anlagenplanung mit einem sehr guten Preis-Leistungs-Verhältnis, sehr guten Wirkungsgraden und hoher Zuverlässigkeit. Leistung 1.000 bis 17.000 Wp.

**Zentralwechselrichter** eignen sich für den Betrieb großer PV-Anlagen bis hin zu Solarkraftwerken im Megawattbereich. Die Geräte bieten maximale Effizienz bei der Energieumwandlung, zudem verfügen sie meist über umfangreiche Netzmanagementfunktionen. Leistung: ab 30 kWp bis über 1,6 MW

## Wechselrichter für Dünnschichtzellen

Dünnschichtzellen werden in Zukunft eine größere Rolle spielen als bisher. Diese Module stellen aber an die Wechselrichter besondere Anforderungen, denn sie unterscheiden sich in ihren elektrischen Eigenschaften von den kristallinen Modulen. So müssen einige Modultypen geerdet betrieben werden und benötigen daher einen Wechselrichter mit Transformator. Zudem sollten die Geräte über einen besonders weiten Eingangsspannungsbereich verfügen.

## Montagearten für netzgekoppelte Anlagen

Um den Solargenerator mit seinen Modulen auf dem Dach oder an der Fassade zu befestigen, ist ein spezielles Montagesystem nötig. Die Industrie bietet für jede Dachform - egal ob Satteldach oder Flachdach - und für jede Fassade die passenden Montagesysteme an. Sogenannte Systemanbieter haben neben verschiedenen Montagesystemen auch Solarmodule, Wechselrichter oder Kollektoren für Solarthermie im Lieferprogramm.

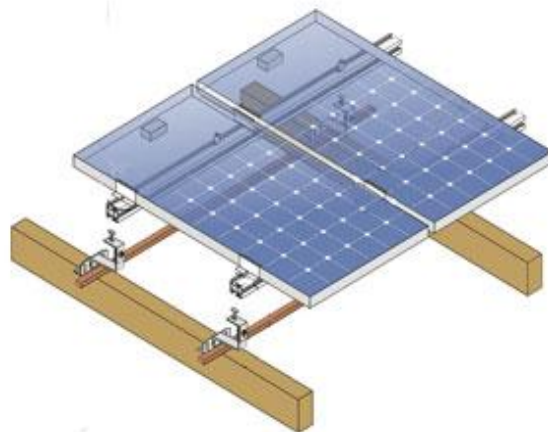
### Dachanlagen

Die meisten Sonnenstrahlen werden bei einem Haus auf dem Dach eingefangen. Der typische Anwendungsfall für die Montage einer Solarstrom-Anlage ist in unseren Breiten das Satteldach, auch Schrägdach genannt. Es besteht aus zwei geneigten Dachflächen, die sich an der oberen Kante, dem Dachfirst, treffen. Da die PV-Module geneigt ausgerichtet, die besten Erträge erzielen, ist die Form des Satteldachs bestens als Unterkonstruktion geeignet. Doch auch gewölbte Dächer wie Tonnendächer sind kein Hindernis für das Anbringen eines Solarkraftwerks. Hier können gebogene Module mit eingebetteten flexiblen Solarzellen oder PV-Folien montiert werden. Grundsätzlich unterscheidet man bei den Dachmontagesystemen in Aufdach- oder Indach-Systeme.

### Aufdach-Montage auf Schrägdach



Foto: © Otmar Smit - Fotolia.com



Grafik: Tritec International AG

Die gebräuchlichste Montageart für Solarstrom-Anlagen ist die Auf-Dach-Montage auf ein Satteldach. Beim Nachrüsten einer PV-Anlage auf ein bestehendes Schrägdach ist diese Montage billiger als eine In-Dach-Montage. Die Photovoltaik-Module sind oberhalb der Dachhaut montiert. Dafür wird ein an die jeweilige Dachdeckung angepasstes Montagesystem aus verzinktem Stahl, Aluminium oder Edelstahl an der Dachkonstruktion befestigt. So ein Montagesystem besteht meist aus zwei waagerechten Montageschienen, die auf der Unterkonstruktion bzw. der Dachhaut mit Dachankern befestigt sind. Die Dachanker, eine Art Haken, gibt es für alle gängigen Pfannen- und Dacheindeckungsvarianten wie Schiefer oder Biberschwanz. Ein weiterer Vorteil der aufgeständerten Befestigung der Module auf dem Dach ist die ständige Hinterlüftung der Module mit kühler Luft.

## Indach-Montage auf Schrägdach



Foto: Tritec International AG

Bei der Indach-Montage von Solaranlagen werden die Solarmodule in die vorhandene Dacheindeckung integriert und bilden mit der Dachhaut eine Ebene.

Die gegenüber der Aufdach-Anlage besser aussehende Dachintegration ist aufwändiger und teurer. Hier ist auf eine Hinterlüftung wie zum Beispiel mit einer Konterlattung zu achten.

### Unser Tipp: Kaltdächer sind bestens für PV-In-Dach geeignet

**D**ie althergebrachten Kaltdächer mit ihrer hinterlüfteten Dachkonstruktionen eignen sich für die Indach-Montage einer PV-Anlage besser als die gedämmte Dachkonstruktion der Warmdächer. Durch die Kaltdach-Konstruktion kann die Stauwärme, die sich hinter bzw. unter den Modulen bildet, abgeführt werden. Dem Überhitzen der Module ist damit vorbeugt.

## Solar-Roof-Systeme



Foto: systaic AG

Bei Solar-Roof-Systemen, deutsch Solar- oder Energiedächer genannt, ersetzen Module die Dachhaut komplett. Das sieht nicht nur schön aus, es erspart zusätzliche Kosten für die Dacheindeckung. Die Anbieter solcher Solardächer gestalten jedes Dach architektonisch individuell auch mit Dachgauben oder Fenstern.

## Solardachziegel



Foto: Panotron AG

Auch Solardachziegel sind eine optisch sehr attraktive Lösung, um eine Solaranlage auf das Dach zu bringen. Die Solarmodule können in speziell geformte Ziegel eingefügt werden und ohne weitere Montagesysteme befestigt werden. Der Preis liegt jedoch über dem von herkömmlichen Indach-Anlagen.

## Flachdach-Montage



Foto: Schletter Solar Montagesysteme



Grafik: Tritec International AG

Die Installation einer PV-Anlage ist auch auf fast allen Flachdachtypen (Warmdächern, Kaltdächern, Umkehrdächern sowie begrünten Dachflächen) möglich. Die oft großen Flachdach-Flächen ermöglichen eine einfache und preisgünstige Montage. Die Solarmodule werden schräg im optimalen Winkel (rund 30 bis 45 Grad) und südlicher Ausrichtung auf einer Halterung montiert. Bei der Aufständigung muss darauf geachtet werden, dass die hintereinander stehenden Module ausreichend Freiraum aufweisen, dass sie sich nicht gegenseitig verschatten. Ebenso sollte vor der Installation auf mögliche Schattenwerfer wie Schornsteine, Antennen oder Entlüftungsrohre geachtet werden. Ohne Schatten-Störfaktoren erreichen Flachdach-Anlagen die gleichen Erträge wie optimal ausgerichtete Schrägdach-Anlagen

## Fassadenanlagen

Seit einigen Jahren können PV-Module nicht nur auf dem Dach sondern auch an einer Gebäude-Fassade Strom erzeugen. Die Architekten sprechen dann von „gebäudeintegrierter Photovoltaik“ (deutsch GIPV oder engl. BIPV). Die Module helfen bei modernen Bauten wie Nullenergiehäusern das Gebäude (teilweise) stromautonom zu machen. Die Integration der PV-Module ist auch in die Glas-Zwischenräume von Türen und Fensterfronten möglich. Die Stromausbeute ist niedriger als bei direkt zur Sonne ausgerichteten Modulen.



Solarfassade am  
Nullenergiehaus,  
Foto: Sunways AG



## Sonderanwendungen



Ortsplatzüberdachung, Ludesch/Austria, Foto: ertex-solar

### Licht-Dach-Konstruktion

Lichtdächer in Form von Glaskuppeln, Arkaden, Pyramiden und Rundbogen-Gewölbe lassen sich ebenfalls mit Photovoltaik-Modulen realisieren. Hier kommen besondere Glas-Glas-Module mit eingebetteten kristallinen Solarzellen zum Einsatz. Der Abstand der Zellen untereinander ist frei wählbar, sodass Tageslichteinfall und Beschattungsgrad moduliert werden können.



Foto: Schüco International KG

### Vordach-Konstruktion

Der Solargenerator als Vordach ist eine spezielle Form der Fassadenmontage. Sie ist dann eine optimale Lösung, wenn die Gebäudedach-Ausrichtung keine ertragsreiche Platzierung einer Solaranlage zulässt. Vordachstützen werden an senkrechten Wänden oder Fassaden montiert.



Dünnschicht-PV-Dachbahn, Foto: Alwitra

### Module auf Dachbahnen integriert

Bei komplizierten Dachformen können leichte und biegsame Dünnschicht-Module zum Einsatz kommen. Sie sind in abrollbare Flachdach-Abdichtungsbahnen integriert.

Die Kosten der eleganten gebäudeintegrierten Photovoltaik-Anlagen übersteigen, je individueller sie sind, die Anschaffungskosten für aufgeständerte Anlagen bei weitem. Sie kommen deshalb kaum bei Einfamilienhäusern zum Einsatz.

## Kapitel 2 – Die ersten Schritte zur eigenen Solaranlage

### Wo finde ich Informationen?



**S**onnenstrom ist gut für die Umwelt, Ihre ganz persönliche Ökobilanz und nicht zuletzt fürs Portemonnaie. Doch vor der Sonnennernte will die Investition wohl überlegt sein. Sie müssen die richtigen Entscheidungen treffen. Angefangen bei der Standortwahl, über den Anlagentyp bis hin zum verwendeten Material.

Weil das Angebot an Zellen, Modulen und Wechselrichtern auf dem Markt groß ist, lohnt sich eine gründliche Recherche. Fangen Sie damit einfach in Ihrem Ort an – vielleicht haben ja Nachbarn bereits eine Photovoltaik-Anlage installiert. Fragen Sie nach deren Erfahrungen mit dem Material und den Handwerkern. Apropos Handwerker – die haben ihre eigenen Erfahrungswerte mit dem Material gemacht: Holen Sie sich Angebote von den Fachleuten vor Ort ein und lassen sie sich im Solarfachhandel, von Elektroingenieuren oder den entsprechenden Energieberatungsstellen beraten. Und beziehen Sie Ihren Freundeskreis mit ein, dort kennt bestimmt jemand, der jemand kennt.

#### **Unser Tipp: Solaranlagen-Portal.de**

Im Internet bietet [www.solaranlagen-portal.de](http://www.solaranlagen-portal.de) für Sie einen kostenfreien Handwerkerfinder an. Mit der Eingabe Ihrer Postleitzahl können Sie im Umkreis nach einem Unternehmen suchen, das Photovoltaik-Anlagen anbietet.

Informationen finden Sie ebenso in öffentlichen Bibliotheken, vor allem in speziellen Umweltbibliotheken. Hier können Sie in der Fachzeitschriften-Sammlung und im Buchbestand stöbern. Allerdings entwickelt sich die Solarbranche rasant; werten Sie deshalb nur die jüngsten Ausgaben der Bücher aus. Empfehlenswert ist die Lektüre von Solar-Fachzeitschriften. Diese greifen die aktuellen Trends auf und bieten Marktübersichten über Zellen, Module, Wechselrichter etc. „Stiftung Warentest“ bietet unabhängige und aktuelle Testberichte der marktüblichen Solarstromtechnik an.

Weitere Auskünfte zur Auswahl, Installation und Installateuren erhalten Sie natürlich auch bei den Branchenverbänden und –vereinen, u. a. bei der DGS-Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V. (Verbraucherschutzverband), dem BSW-Bundesverband Solarwirtschaft (Industrieverband) oder dem Solarenergie-Förderverein. Über Fördermöglichkeiten und die Gesetzeslage können Sie sich unter anderem beim Bundesumweltministerium sowie bei dem Bundesamt für Wirtschaft informieren. Eine umfangreiche Angabe von Informationsquellen und finden Sie im Anhang an dieses Buch.

## Bauliche Voraussetzungen checken

Deutschland liegt zwar nicht am Äquator, Photovoltaik-Anlagen lohnen sich hierzulande trotzdem: Solarzellen arbeiten beim hierzulande vorherrschenden diffusen Licht sehr gut. Montiert auf Dächern, an Fassaden oder an Vordächern können sie bei optimalem Lichteinfall und schattenfreier Aufstellung exzellente Ausbeuten erzielen. Sie müssen deshalb bei der Installation auf den Neigungswinkel der Zellen, die Schattenwürfe und auch auf Belüftungsmöglichkeiten achten.

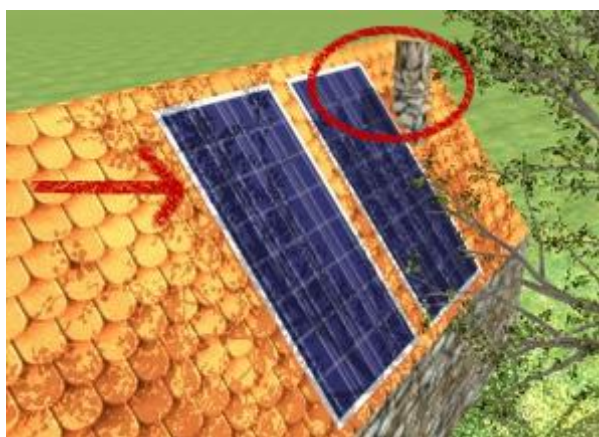
### Sonnenreiches Europa

**W**enn man die direkte und indirekte Strahlung hierzulande addiert, dann kommt man auf durchschnittlich 1.000 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr. Würde man diese Energiemenge mit Öl erzeugen, bräuchte man 100 Liter.

## Schatten meiden

Ideal sind nach dem Süden gewandte, geneigte Flächen. Ein Anlagenwinkel von 20 bis 45 Prozent bei Südausrichtung gilt als optimal. Aufgepasst, Schatten kann die Leistung der Anlage stark beeinträchtigen. Deshalb sollten die Anlagen so hoch wie möglich über dem Boden installiert werden. Damit können die Schattenwürfe aus dem Osten oder Westen abgefangen beziehungsweise ausgeschlossen werden. Bäume im eigenen Garten sollen in die Anlagenplanung mit einbezogen werden. Notfalls können diese auch gestutzt werden.

Wegen der Schattenbildung sollten Sie die Anlage nicht zu nah am Nachbargrundstück bauen – vielleicht wird dort irgendwann einmal ein Baum gepflanzt. Fragen Sie auch nach Um- und Ausbauplänen – nicht dass Ihre Sonnenernte vom neuen Dach überschattet wird.



Denken Sie beim Planen der Anlage an Antennen, beachten Sie Dachaufbauten, Schornsteine, Satellitenschüsseln, Dachgauben, benachbarte Häuser und den Schneefall: In besonders schneereichen Regionen könnte sich ein steilerer Winkel als sonst übers Jahr gesehen als sinnvoller erweisen. Planen Sie frei verlaufende Telefon- und Stromkabel ein. Vielleicht lassen sich diese Kabel ja verlegen?

Ein Recht auf Sonne gibt es übrigens nicht – sollten in der Nachbarschaft Neu- oder Anbauten anstehen, dann müssen Sie diese hinnehmen – solange diese im Einklang mit dem bestehenden Bebauungsplan stehen. Wenn neue Bebauungspläne vorbereitet oder Änderungen im Bestehenden anstehen, dann allerdings können Sie versuchen, Einfluss zu nehmen.

## Dach checken



Foto: SCHOTT Solar AG

Die Sonnenkraftwerke sind langlebig – Sie können sie 20 bis 30 Jahre und länger nutzen. Prüfen Sie deshalb vor einer Installation den Ist-Zustand des Daches: Ist es reparaturbedürftig? Bleibt das Dach auch nach der Installation für Reparaturen zugänglich? Wollen Sie noch Dachfenster einbauen, oder einen Schornstein? Oder liebäugeln Sie mit Solarwärme-Kollektoren für Wasser und Heizung? Der Dachbelag selbst – ob nun Pfanne, Biberziegel, Schiefer oder ein nach dem Präfa-System gedecktes Dach oder Dachpappe – spielt dabei keine Rolle.

Wenn das Dach ohnehin repariert werden muss, dann könnten Sie auch eine Integration der Module ins Dach erwägen. Sie könnten etwa für die bestmögliche Sonnenernte ein Flachdach in ein Dach mit einer leichten Neigung umbauen – denn bei einer Neigung von mindestens 10, am besten aber 20 bis 30 Grad, kann der Regen Laub und andere Verschmutzungen abspülen.

Oder Sie greifen zu Bedachungsmaterial, das von Hause aus mit einer Photovoltaik-Anlage versehen ist, sogenannte Solardachziegel. Diese gibt es inzwischen in jeder erdenklichen Form – als Bedachungsmaterial und Anlage in einem (Dachziegel, etc.) oder als Anlagen, wo die Solarzellen einfach auf die Dachbahnen aufgeklebt werden.

### Unser Tipp: Dächer vorher gründlich prüfen

**S**olaranlagen halten mindestens zwischen 20 bis 30 Jahre. Denken Sie daran, dass in dieser Zeit auch Dacharbeiten anstehen können. Führen Sie vor der Installation alle anstehenden Reparaturen aus und planen Sie einen Zugang für künftige Dacharbeiten mit ein.

## Statik prüfen

Voraussetzungen für eine Dachmontage ist eine Statikprüfung des Daches und unter Umständen des Gebäudes. Dach und Gebäude müssen die Last der Anlage sowie unter anderem Wind- und Schneelasten tragen können. Auch Module, Gestelle und Befestigungsmaterial sowie Dachanschlüsse müssen nach bestehenden Normen und entsprechend Wind- sowie Schneelastzone sowie der speziellen Lasten vor Ort ausgewählt werden. Je höher die Belastung, desto stabileres Befestigungsmaterial muss ausgewählt werden. Natürlich müssen in einer Statikprüfung auch die regionalen Besonderheiten vor Ort berücksichtigt werden.

### Unser Tipp: Einhalten der Vorschriften bestätigen lassen



Foto: Schletter Solar Montagesysteme

Eine grobe Übersicht über die Schnee- und Windlast in Ihrer Region ist in der DIN 1055 Teil 4 und 5 definiert. Besonders hohe Schneelasten werden darin für die Mittel- und das Hochgebirge ausgewiesen, doch auch für den äußersten Nordosten der Republik, der Ostseeregion, sind hohe Schneelasten ausgewiesen. Dort und auch an der Nordseeküste sind die Windlasten so hoch wie nirgendwo in Deutschland – und müssen bei der Planung der Anlagen berücksichtigt werden.

## Elektrische Voraussetzungen prüfen

Voraussetzung für die Installation eines Photovoltaikgenerators ist ein Hausanschlusskasten oder eine Hausanschlusssäule nach dem heutigen Standard. Diesen bringen Neubauten bereits mit, Altbauten indes sind oft noch mit alten Modellen ausgestattet. Dann muss beim Energieversorgungsunternehmen ein neuer Hausanschluss beantragt werden. Das sollte am besten eine Fachfirma oder der Elektroinstallateur erledigen, der Ihre PV-Anlage installiert.

## Montageart wählen: Indach oder Aufdach

Sie können die Solaranlage auf Gestellen über der Dachhaut montieren, Sie können sie aber auch in das Dach integrieren. Das ist dann eine sinnvolle Alternative, wenn es sich um denkmalgeschützte Häuser handelt, oder wenn der Hausherr die Gestell-Montage aus optisch-ästhetischen Gründen ablehnt. Bei der Indach-Montage verwendet der Anlagenbauer spezielle Solarmodule anstelle von Dachziegeln. Diese Variante ist zwar optisch attraktiver, kostet jedoch mehr als die Aufdach-Montage. Zudem werden die Module schlechter belüftet. Der Leistungsunterschied zwischen gut belüfteten Modulen im Aufdach-Verfahren und integrierten oder direkt auf die Dachpappe aufgetragenen Modulen kann Fachleuten zufolge bis zu 20 Prozent betragen.

## Aufdach-Montage mit Gestell

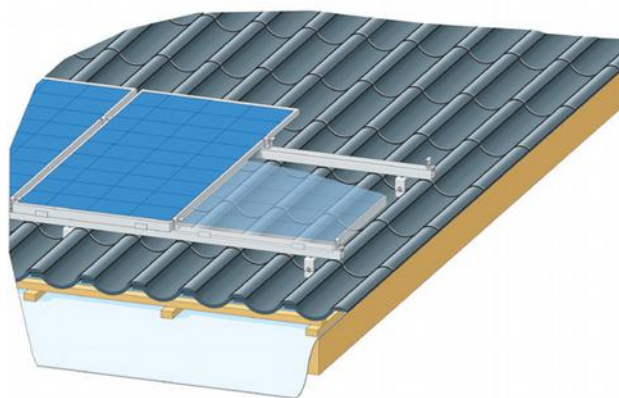
Die Gestell-Montage hat zwei Vorteile: Sie ist simpel und sie ist ausgereift. Besonderer Vorteil der Gestell-Montage ist die Hinterlüftung. Das verhindert im Sommer die Überhitzung der Module und damit einen Leistungsabfall. Die Unterkonstruktion Ihrer Photovoltaik-Anlage spielt auf dem Dach „die tragende Rolle“. Sie verbindet die Solarmodule mit der Statik ihres Daches und sie gewährleistet, dass die Module trotz Wind und Wetter auf dem Dach bleiben. Gleichzeitig darf die Tragkonstruktion die Dacheindeckung nicht beschädigen, sondern soll dieser zusätzlich Schutz bieten.

Bitte beachten Sie bei einer Eigenmontage die Montageanleitungen zu den Gestellen. Schon die geringsten Abweichungen können zu Schäden am Dach und an den Modulen führen. Wählen Sie nur korrosionsfreie Montagesysteme, welche die DIN 1055 erfüllen. Diese definiert Lasteinwirkung auf Tragwerke. Die Unterkonstruktionen werden heutzutage von Systemanbietern angeboten und sollten mit einer statischen Nachweisführung und verständlichen Montagerichtlinien geliefert werden. Die dabei angegebene Zahl der Dachanker sollte eingehalten werden: Je mehr Dachanker verwendet werden, desto geringer der Druck auf dem Dachgestühl. Gerade bei älteren Dachstühlen sollte man penibel auf die Einhaltung dieser Vorgaben achten. Das Gestühl darf nicht erschüttert oder verschoben werden.

### Unser Tipp: Gute Hinterlüftung – das steigert den Ertrag

Umso besser die Solarmodule "hinterlüftet" also ständig gekühlt werden, desto geringer ist der Temperaturstau unter den Modulen. Das ist gut für die Modul-Leistung, denn die sinkt bei Überhitzung. Deshalb achten Sie darauf, dass der Abstand zwischen den Dachziegeln und den Modulen nicht zu gering ist. Mindestens 10 cm Abstand lautet die Faustregel. Weiterhin ist bei der Montage zu beachten, dass die unterste Modulreihe einen unverdeckten Lufteinlass besitzt. So kann die Luft unter den Modulen in einer Art Kamineffekt nach oben strömen. Je steiler das Dach, desto ausgeprägter ist dieser Effekt.

## Schrägdächer



Aufdach-Montage-System  
Foto: Schüco International KG

Die bestehende Dacheindeckung muss bei der Schrägdachmontage kaum berücksichtigt werden. Nach der Montage des Spezialgestells auf dem Dach können die Module entweder am Boden in Montagegestelle integriert und auf das Dach gehoben oder auf dem Dach miteinander verschaltet werden. Voraussetzung sind in der Regel Dachhaken, die mit dem Dachstuhl verschraubt werden.

Im besten Fall greifen die Monteure für das Gestell auf spezielle Dachziegel oder Pfannen zurück, die anstelle eines normalen Dachziegels eingehängt oder verschraubt werden. Sie sollten bei der Montage kontrollieren, dass auf einen Höhenausgleich der Montagepunkte geachtet wird, um Unebenheiten, gebogene Generatorflächen, Verspannungen und unterschiedliche Modulabstände zu vermeiden.

## Flachdächer



Foto: S.A.G. Solarstrom AG

Wenn der Umbau eines Flachdaches in ein Dach mit leichter Neigung nicht in Frage kommt, dann können die Module in Schräglage auf Gestellen aufs Dach. Vorteil: die Module können im perfekten Neigungswinkel direkt nach Süden ausgerichtet werden und sind gut hinterlüftet. Es gibt zwei gängige Möglichkeiten: die Gestelle können fest auf dem Dach verankert oder lose befestigt werden.

### *Feste Verankerung*

Für eine feste Verankerung spricht die große Sturmsicherheit. Dem steht das Risiko möglicher späterer Undichtigkeiten an den Montagepunkten gegenüber. Eine feste Verankerung ist die Option bei Neubauten oder Dachsanierungen.

### *Lose Befestigung*

Eine lose Befestigung empfiehlt sich für bestehende Flachdächer. Diese müssen allerdings der Belastung durch das Gestell aushalten. Hinzu kommt der Ballast zur Sturmsicherheit. Voraussetzungen für eine Installation sind also eine Statikprüfung und eine Prüfung der Sturmfestigkeit der Anlage. Eine Form der losen Befestigung sind wannenförmige Sonderbauteile. Diese Gestelle aus Zement, Kunststoff oder Metall werden mit Kies oder Platten bedeckt. Sie eignen sich besonders für Kies- und Grasdächer.

## Unser Tipp: Gründach mit Photovoltaik



Foto: ZinCo

**E**ine Photovoltaikanlage kann ein grünes Flachdach ergänzen. Da ein Gründach eine geringere Oberflächen-Temperatur aufweist als ein nacktes oder bekiestes Dach, bleiben auch die Photovoltaikmodule auf einem Gründach kühler und der Wirkungsgrad ist höher. Die Photovoltaikanlage bringt so im Sommer mehr Leistung.

## Welche Komponenten passen zu meiner Anlage?

**E**s gibt netzgekoppelte Photovoltaikanlagen und Inselösungen. Die üblichen Anlagen für den Hausgebrauch sind die netzgekoppelten Anlagen, die in das öffentliche Stromnetz einspeisen. Sie bestehen in der Regel aus: Solargenerator (Gesamtheit aller Solarmodule auf dem Dach), Wechselrichter, Generatoranschlusskasten für größere Anlagen, Lasttrennschalter (DC-Schalter), Einspeisezähler und natürlich Kabel sowie Hausanschluss. Mit einer Inselanlage ist der Nutzer autark wie zum Beispiel in Berghütten in den Alpen. Inselanlagen sind etwas aufwändiger als die netzgekoppelten Anlagen zu installieren. Wichtige Bestandteile einer Inselanlage sind der Photovoltaik-Generator, ein Laderegler, ein Akku und die Verbrauchergeräte.

## Welches Photovoltaikmodul ist das Richtige?



Foto: FR-Frankensolar

Eine der wichtigsten Entscheidungen vor dem Einbau einer PV-Anlage ist die Wahl der eingesetzten Module. Dieser großflächige Anlagenteil macht den Hauptteil der Anlagenkosten aus, so ca. 60 bis 80 Prozent. Weil die Solarmodule 30 bis 40 Jahre zuverlässig Strom liefern sollen, ist beim Kauf auf hohe Qualität und Effizienz zu achten. Die kristallinen Zellen sind nach wie vor die gebräuchlichsten. Allerdings werden zunehmend auch Dünnschichtzellen verwendet. Letztere eignen sich besonders für Blech- oder Folienbedachung, weil sie aufroll- und begehbar sind.

## Leistungsverlust nach Inbetriebnahme - Degradation

Egal welches Modul, alle Bauarten verlieren nach Inbetriebnahme an Leistung. Das nennt man Degradation. Die Degradation kann bei kristallinen Modulen bis zu 50 Stunden dauern und bis zu zwei Prozent betragen. Danach liefern sie eine konstante Leistung. Einige Fachleute halten danach die Degradation für abgeschlossen, andere hingegen berichten von weiteren bis zu 0,5 Prozent Verlust pro Jahr. Bei Dünnschichtmodulen muss mit einer 1.000-stündigen De-



gradation gerechnet werden. Danach müssen sich die Anlagenbetreiber auf einen Anstieg der Leistung im Sommer und einen Abstieg im Winter bei ansonsten stabiler Leistung einstellen.

### **Powerkristalle bringen hohe Leistung**

Je dicker das Glas bei kristallinen Solarzellen, desto stabiler sind die Zellen. Ein größerer Randabstand schützt die Zellen. Außerdem verschmutzen die Kanten der Module leichter – auch deshalb ist ein größerer Randabstand vorteilhaft. Achten Sie bei Modulen mit Anschlussdosen darauf, dass diese möglichst klein ausfallen, denn an der Haftstelle werden die Zellen wärmer und beeinträchtigen die Leistung des Moduls. Und: Module mit weißer Hintergrundfarbe sind zwar hässlicher, aber effektiver als die mit dunkler Hintergrundfarbe.

### **Dünnschichtmodule gut für große Flächen**

Dünnschichtzellen absorbieren das Licht besser. Bei diffusem Licht fällt die Ernte höher aus und auch Verschattung fällt nicht so stark ins Gewicht wie bei den kristallinen Zellen. Sie sind günstiger herzustellen und sind deshalb billiger. Die Schicht kann auch auf bewegliche Trägermaterialien aufgedampft werden. Sie schonen bei der Herstellung Rohstoffe und Energieressourcen – die Energierücklaufzeit liegt bei zwei bis drei Jahren. Mankos: Niedrigerer Wirkungsgrad, keine Langzeiterfahrung und teils ungeklärtes Recycling.

### **Was sind qualitativ gute Module?**

Qualitätsmodule besitzen eine Zertifizierungskennzeichnung (CE), das IEC 61215 für kristalline Module und das IEC 61646 für amorphe Module. Die Leistungstoleranz, die eine wichtige Kenngröße für die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist (siehe Kapitel 5), geben einige Hersteller bei ca.  $\pm 3$  bis 5 Prozent an. Vorteil für den Kunden ist, wenn Hersteller Plus toleranzen angeben. Nur wenige tun das im Bereich von + 5 bis 0 Prozent. In der Praxis arbeiten Solarmodule im Sommer mit einem Leistungsabfall von 20 Prozent. Über die per Gesetz vorgeschriebene Produktgarantie von 2 Jahren geben die Modulhersteller Leistungsgarantien zwischen 10 bis 25 Jahren.

*Ein Beispiel für eine Leistungsgarantie:*

- 10 Jahre bis ca. 90 Prozent der ursprünglichen Nenn-/Mindestleistung
- 20 Jahre bis ca. 80 Prozent der ursprünglichen Nenn-/Mindestleistung

Bei einem Beispielm modul mit einer Leistung von 100 Watt und einer Leistungstoleranz von  $\pm 10$  Prozent ergeben:

- minus 10 Prozent Toleranz = 90 W, davon garantiert 90 Prozent, d. h. die ersten 10 Jahre werden 81 W garantiert, danach 72 W.
- plus 10 Prozent Toleranz = 110 W, davon garantiert 90 Prozent, d. h. die ersten 10 Jahre sind 99 W garantiert, danach 88 W.

#### **Unser Tipp: Anlagen erträge vergleichen**

**V**ergangene Messungen und Testberichte haben gezeigt, dass die Angaben zu Wirkungsgraden und Nennleistung nicht mit der Praxis übereinstimmen. Vergleichen Sie deshalb am besten reale Anlagen erträge verschiedener Anbieter. Solche Angaben erhalten Sie bei Beratungsstellen, Händlern oder Anlagenbetreibern (siehe Adressen im Buch-Anhang)

## Wechselrichter



Foto: SMA Solar Technology AG



Foto: Fronius International GmbH

Experten raten bei einer Einfamilienhaus-PV-Anlage zu Wechselrichtern mit einem Wirkungsgrad ab 96 Prozent aufwärts. Moderne Geräte bringen sogar einen Wirkungsgrad von bis zu 98 Prozent mit. Bedenken Sie bei Ihrer Ertragskalkulation, dass der vom Hersteller angegebene Maximalwirkungsgrad nur selten erreicht wird. Sie sollten sich vielmehr am sogenannten Europäischen Wirkungsgrad orientieren. Der gibt einen an die Praxis genäherten Wert zum besseren Vergleichen von Wechselrichtern an. Es gibt Wechselrichter für netzgekoppelte Anlagen und für Inselanlagen. Sie werden in ein- und dreiphasige Wechselrichter sowie Geräte mit und ohne Transformator unterschieden. In kleinen Anlagen kommen meist einphasige Wechselrichter zum Einsatz. Wenn möglich, werden transformatorlose Wechselrichter eingebaut. Sie sind etwas kleiner und leichter als Trafogeräte und besitzen einen höheren Wirkungsgrad.

### Unser Tipp: Auf Sicherheit achten

**B**ei Photovoltaik-Anlagen mit traflosen Wechselrichtern können Fehlerströme auftreten. Aus Sicherheitsgründen müssen diese Anlagen mit einem Fehlerstromschutzschalter (FI-Schutzschalter) versehen sein. Für neue Anlagen ist das vorgeschrieben, ältere können damit nachgerüstet werden.

Bei der Installation sollte die Belastung des Wechselrichters berücksichtigt werden. Bei starker Belastung erwärmen sich die Geräte, was zu einer momentanen Leistungsminderung führen kann. Ob die Montage an einem kühleren Ort sinnvoll ist - zum Beispiel im Keller statt auf dem Dachboden - hängt jedoch vom Einzelfall ab: Entscheidend ist das Spannungsniveau des Generators, denn es bestimmt die in den Gleichstrom-Leitungen anfallende Verlustleistung.

Wenn Sie Dünnschichtmodule verwenden, lassen Sie sich von Ihrem Installateur die Eignung des ausgewählten Wechselrichters bestätigen. Der Wechselrichter ist eine zentrale und wichtige Komponente Ihrer Anlage. Fragen Sie den Installateur, was geschieht, wenn das Gerät ausfällt. Wie schnell kann der Hersteller reagieren?

Der Wechselrichter sollte ein gutes Leistungs-Regelverhalten besitzen. Je größer der MPP-Spannungsbereich, desto besser. Achten Sie auch auf die Geräuschpegel des Geräts. Wenn der Wechselrichter in Wohnräumen installiert ist, sollte der Pegel um die 40 Dezibel betragen.

### Unser Tipp: Wechselrichter mögen es kühl



Foto: C. Hilgers

**E**in kühler Standort für Ihren Wechselrichter ist der Keller oder ein anderer Nebenraum. Die Montage erfolgt am besten neben den Zählerschrank oder Sicherheitskasten. Der Montageort sollte kühl und staubfrei sein bei konstanter Luftfeuchtigkeit. Vorteil: Im Keller sind die Geräte gut zu erreichen, abzulesen und zu kontrollieren.

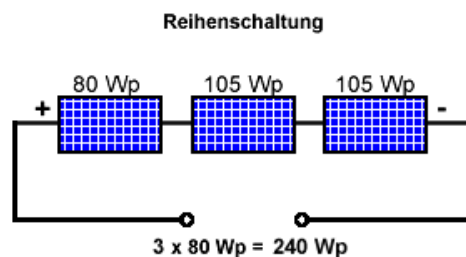
## Anlagenkonzepte

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um eine Photovoltaik-Anlage zu konzipieren. Sie sollten für sich prüfen, welche für Sie am sinnvollsten ist. An dieser Stelle gilt es auch, die Vorschläge von Installateuren kritisch und gerade auf die Beschattungs- und Witterungsverhältnisse vor Ort zu hinterfragen.



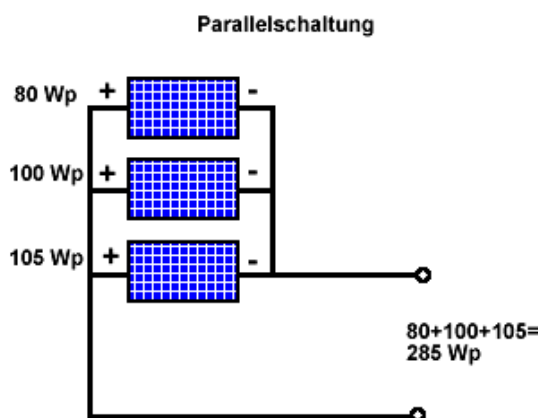
Foto: BMU

Als klassisch gilt ein Solargenerator mit parallel geschalteten Solarmodulen und zentralem Wechselrichter mit Transformator. Hier werden die verschiedenen Stränge in einem Generatoranschlusskasten zusammengeführt. Ein Wechselrichter wandelt dann den Gleichstrom in Wechselstrom um. Als Vorteile führen Experten die hohe Sicherheit durch niedrige Solarspannung an, als Nachteil hohe Kosten durch Gleichstromverkabelung und dem zusätzlich notwendigen Generatoranschlusskasten.



### Unser Tipp: Parallelschaltung kompensiert Schatten

**F**ür eine Parallelschaltung der Solarmodule spricht der höhere Ertrag. Außerdem reagieren so geschaltete Module weniger empfindlich auf Schattenwurf als in Reihe geschaltete. Nachteilig ist der erhöhte Installationsaufwand gegenüber der Reihenschaltung.



Es ist auch möglich, einen Solargenerator mit zentralem, traflosen Wechselrichter zu installieren. Dafür werden die Module des Generators zu einem Modulstrang in Reihe geschaltet. Weil hier der Trafo entfällt, ist der Wirkungsgrad solcher Anlagen theoretisch höher. Praktisch können Schatten bei der Reihenschaltung zu größeren Energieverlusten führen.

Standard bei kleineren Solargeneratoren sind derzeit Wechselrichter mit oder ohne Transformator. Bei diesen werden in der Regel Module zu Strängen in Reihe geschaltet. Die Stränge werden erst auf der Wechselstromseite zusammengeführt, dafür bekommt jeder seinen eigenen Wechselrichter. Vorteil dieses Systems: Zum einen fällt die Gleichstrominstallation nicht ganz so umfangreich aus, und zum anderen wiegen die bei Reihenschaltung relevanten Einbußen durch Verschattung nicht ganz so schwer, denn diese wirken sich immer nur auf einzelne Stränge aus.

Ein guter Monteur legt dem Kunden dar, wie er die PV-Module versträngen und so mögliche Schattenwürfe auf der Anlage kompensieren möchte. Verlangen Sie im Angebot eine Wechselrichterauslegung. Lassen Sie den Monteur nachweisen, wie er einen theoretischen Energienutzungsfaktor von 100 Prozent erreicht (natürlich wird es immer einen thermischen Verlust geben) und schafft – auch unter Berücksichtigung einer bestmöglichen Wechselrichternutzung. Geschieht das nicht, dann geht zwar das Gerät nicht kaputt, aber es geht unter Umständen vom Netz und die Stromernte sinkt.

## Gegenwart und Ausblick

Inzwischen sind auch Multistring-Wechselrichter Geräte auf dem Markt. Diese haben pro String einen MPP-Tracker (Einsteller der Leistungskurve), sodass die Strings unterschiedlich belegt sein dürfen. Es können Strings mit unterschiedlichen Modulanzahlen oder Strings, die eine andere Ausrichtung oder Neigung für die Solarmodule besitzen. Und es kommen auch Geräte auf den Markt, bei dem die einzelnen Module parallel geschaltet werden. Bei diesen fallen Sicherheitsvorteile sowie Schattenverhalten besonders gut aus. Dieses System ist aber mit einem höheren Verkabelungsaufwand verbunden. Noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase sind in den Modulen integrierte Wechselrichter. Diese verbinden die Module oder Modulpaare direkt mit dem Wechselstromnetz.

## Solarstromanlagen planen

Ihr Handwerker wird bei fachkundiger Planung und Auslegung Ihrer Solarstrom-Anlage zunächst die Bedingungen an Ihrem Standort berücksichtigen. Danach richtet sich die Auswahl und Verschaltung der Module. Grundsätzlich ist jede Photovoltaik-Anlage ein Unikat. Nach der Wahl des Solarstromgenerators ist die Auswahl eines geeigneten Wechselrichters hinsichtlich Leistung und Technologie von entscheidender Bedeutung. Pauschal wird empfohlen, dass die Nennleistung des Solargenerators bis zu zehn Prozent über der Nennleistung des Wechselrichters liegen darf. Eine stärkere Unterdimensionierung des Wechselrichters wirkt sich hingegen negativ auf den Anlagenenertrag aus, da der Wechselrichter bei hoher Einstrahlung einen Teil der angebotenen Modulleistung nicht mehr verarbeiten kann. Aber nicht für jede Anlage kann diese Pauschalierung angewendet werden. Wechselrichter-Hersteller empfehlen, dass die maximale Gleichstrom-Spannung niemals die zulässige Eingangsspannung des Wechselrichters übersteigen darf, um Schäden am Wechselrichter auszuschließen.

## Generatoranschlusskasten



Foto: Gehrlicher Solar

Ein Generatoranschlusskasten (GAK) ist dann notwendig, wenn mehrere Stränge des Solargenerators vor dem Wechselrichter zusammengeführt werden. In dem Kasten werden die verschiedenen Stränge parallel geschaltet. Der GAK besteht aus den Komponenten String-Sammeln, Lasttrennschalter und gegebenenfalls Überspannungsableiter. Die Klemmen können lagebedingt auch in einem separaten Gehäuse direkt am Modulfeld installiert sein.

### Unser Tipp: Alte Strangdioden entfernen

**F**rüher wurden Strangdioden in Generatoranschlusskästen eingesetzt, um Modulstränge zu entkoppeln. Diese haben sich aber als Fehlerquelle erwiesen und sollten vom Fachmann ausgebaut werden.

## Welche Kabel für die Solarstromanlage?

Es klingt profan, sie sind aber nicht zu vernachlässigen: die Kabel der Photovoltaik-Anlage. Verlegen Sie nur Solarkabel. Denn weil mit Gleichstrom hantiert wird, müssen im Unterschied zu Wechselstrom hohe Sicherheitsbestimmungen eingehalten werden. So dürfen nur einadrige Kabel verlegt werden. Die Kabel müssen doppelt isoliert, extrem wetter- und erhöht temperaturbeständig, halogenfrei sowie UV-stabil sein.

Denken Sie daran, dass die Kabel mindestens 20 bis 30 unter Umständen aber sogar 50 Jahre halten sollen. Achten Sie auch beim Angebot des Anlageninstallateurs darauf, dass die Kabel als Solarkabel ausgewiesen sind. Mit einem gut bemessenen Kabeldurchschnitt wird der Stromverlust niedrig gehalten. Es wird ein Kabelquerschnitt von mindestens 4mm<sup>2</sup> empfohlen, dieser ist aber von der Verkabelung abhängig.

Je länger, desto höher ist der Widerstand des Kabels – und desto größer ist der Stromverlust allein über das Kabel. Bei einem Einfamilienhaus ist das kein Problem. Bei Gebäuden, in denen eine größere Strecke überbrückt werden muss, sollte man deshalb nicht geizen.

*Foto: Solon SE*



Und auch bei den Anschlüssen gilt es, Wert auf allerhöchste Qualität zu legen. Denn hier bedeutet billig kaufen nicht nur zwei Mal kaufen: Davor stehen aufwändige Fehlersuche und dann noch Zeit und Arbeit, diese zu beheben. Zu den Anschlussarten: Es gibt Schraubklemmen, Schraubverbindungen, Federzugklemmen und Steckverbinder. Letztere empfehlen Fachleute als besonders praktisch und sicher.

Achten Sie bei der Installation auf kurze Kabelabstände zwischen Modulen, Anschlusskasten und Wechselrichter. Ist der Wechselrichter im Keller, können die Kabel über Kabelschächte oder andere Versorgungskanäle wie über stillgelegte Schornsteine oder an der Außenwand des Hauses nach unten geführt werden.



*Foto: Klöber GmbH & Co.KG*

Bei Gestell-Montage auf dem Dach werden die Kabel zu einer Stelle zusammengeführt, an der sie unter das Dach geführt werden – über eine speziell präparierte Dachpfanne oder einen Lüfterziegel.

Fachleute empfehlen, die Kabel bis zu dieser Stelle in den Montageprofilen der Gestelle oder in Installationsrohren zu verlegen. Ist das nicht möglich, so sollte darauf geachtet werden, dass der Kabelbinder UV-beständig ist.

## Blitzschutz bei Photovoltaik-Anlagen

Besitzer von Photovoltaik-Anlagen müssen sich bei Gewittern nicht sonderlich ängstigen: Die Anlagen erhöhen die Gefahr eines Blitzschlages in der Regel

nicht. Dennoch können Schäden durch Blitze finanziellen Schaden anrichten und damit die Amortisationszeit der Anlagen heraus zögern. Deshalb sollten Sie in der Planungsphase der Solaranlage generell klären, ob es spezielle Anforderungen von Versicherungen oder durch die Regelung einer Landesbauordnung gibt. In gewitterstarken Gebieten kann es wirtschaftlich sinnvoll sein, die Solaranlage mit zusätzlichen externen Überspannungsableitern zu schützen, auch wenn das Gebäude selbst keinen Blitzschutz besitzt.

Werden die Anlagen auf Häusern mit Blitzschutzanlage installiert, so sollte ein Abstand von einem Meter zum Blitzableiter und zu anderen geerdeten Metallteilen eingehalten werden. Anlagen auf Gebäuden ohne Blitzschutzanlage müssen nur nach ausdrücklicher Empfehlung von Fachleuten geerdet werden.



Foto: Dehn + Söhne, Blitzschutz-Anbieter für PV

Diese sollten Sie ohnehin zurate ziehen, denn der Blitzschutz wird durch zahlreiche Vorschriften und Normen geregelt. Blitzschutzfachkräfte nach DIN suchen gemeinsam mit dem Anlagenplaner ein fachgerechtes Schutzkonzept mit dem besten Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Kontrollieren Sie auch Ihren Versicherungsschutz auf Schadensabdeckung bei Blitzeinschlag und Überspannung, also indirektem Blitzschlag. Beachten Sie, dass private Versicherungen netzgekoppelte Anlagen häufig nicht schützen. Spezielle Photovoltaik-Versicherungen (siehe auch Kapitel 5) fordern dagegen keine Blitzschutz- und Überspannungsschutzvorrichtungen. Gleichen Sie bitte auch Ihren privaten Versicherungsschutz (Gebäudeversicherung, Brandversicherung, private Haftpflichtversicherung, Haus- und Grundbesitzhaftpflichtversicherung) ab. Gegen eine meist geringen Aufschlag ist die PV-Anlage dann mit-versichert.

#### Unser Tipp: Wechselrichter mit Überspannungsschutz wählen

**A**bleiter im Wechselrichter schützen die Anlage vor innerer Überspannung. Am Solarstromeingang sind sie Standard, und auch am Wechselstrom-Ausgang sollten sie vorhanden sein.

### Hagelschutz

Module, die nach der IEC-Prüfnorm 506 (530), konstruiert wurden, sollten Hagelkörnern mit einem Durchschnitt von bis zu 2,5 cm standhalten. Installateure bestätigten zugleich, dass viele Module auch weit größeren Hagelkörnern standhalten.

## Rechtliche Voraussetzungen für den Bau einer Photovoltaikanlage



Foto: BSW

### **Braucht man für eine Photovoltaik-Anlage eine Baugenehmigung?**

Das hängt vor allem davon ab, wo und wie Ihre Anlage errichtet werden soll. Laut Baugesetzbuch (BauGB) ist der Bau der üblichen kleineren Photovoltaik-Dachanlagen von Privatleuten grundsätzlich genehmigungsfrei. Das gilt vor allem bei Anlagen, die parallel zum Dach oder der Fassade angebracht werden. Allerdings gibt es Einschränkungen, die je nach Landesbauordnung unterschiedlich ausfallen, und die gerade bei Anlagen greifen, bei denen die Kollektoren auf Ständern montiert werden.

Außerdem müssen bei der Planung einer solchen Anlage der Denkmalschutz sowie örtliche Bebauungspläne beachtet werden. So kann eine Gemeinde den Bau einer PV-Anlage verwehren, wenn diese etwa den Charakter zum Beispiel des Dorfkerns verändert – auch wenn weder Dorfkern noch Ihr Gebäude unter Denkmalschutz stehen. Erste Auskünfte können routinierte Installateure geben, weitere Informationen liefern die örtlichen Bauämter und -verwaltungen.







*Die PV-Anlage auf dem Dach der denkmalgeschützten Nikolai-Kirche in Leipzig ist für den Betrachter von unten fast „unsichtbar“. Foto: C.Hilgers*

Soll die Anlage auf einem Gebäude beispielsweise in einem historischen Ensemble installiert werden, dann können Sie schon nach einem Blick auf die umliegenden Dächer auf den Erfolg Ihres Vorhabens schließen. Und Denkmalschutz schließt Photovoltaik nicht aus: Unter anderem für diese Dächer eignen sich in die Dachhaut integrierte Module.

Außerdem genehmigen die Behörden die Anlagen mitunter auf den Dachseiten, die dem Publikumsverkehr abgewandt sind.

Bestehen Unsicherheiten, weil etwa die Anlage größer ausfallen und sich etwa über ein Dach eines Mehrfamilienhauses erstrecken soll, eine Fassadenanlage geplant ist, die aus der Gebäudehülle herausragt, ein öffentliches Gebäude mit einer PV-Anlage versehen werden soll oder Gebäude unter Denkmalschutz, dann können Sie eine Bauanzeige stellen. Diese nimmt nämlich die Behörden in die Pflicht. Diese müssen nun feststellen, ob die Anlage tatsächlich genehmigungsfrei ist. Wenn das nicht der Fall ist, dann müssen Sie vor der Installation der Anlage noch die erforderlichen Genehmigungen einholen. Große Anlagen wie Solarparks sind immer genehmigungspflichtig.

Selbstverständlich müssen bei der Installation alle anderen bestehenden Pflichten beachtet werden – Brandschutz, Statik; Standortsicherheit, Verkehrssicherheit, Grundstücksabstände.

## **Anschlussbedingungen des Netzbetreibers**

Die Netzbetreiber sind verpflichtet, den Strom aus regenerativer Erzeugung anzunehmen. Das legt das Erneuerbare-Energien-Gesetz fest. Vor der ersten Sonnenstrom-Ernte muss aber ein anerkannter Fachmann die Anlage abnehmen und deren Fertigstellung dem örtlichen Versorger melden. Dafür muss er einen Lageplan des Grundstückes mit Kopie vom Grundbuchauszug, Schaltplan der Solarstromanlage und mit den technischen Daten der verschiedenen Bauteile vorlegen.

Der Elektroinstallateur muss prüfen, ob die Anlage mit ihrer bestimmten Gesamtleistung und ob die Lage der Anlagenteile den allgemeinen Vorschriften für Elektroanlagen entspricht. Denn bei der Installation müssen auch die unterschiedlichen Schutzklassen für die einzelnen Elemente beachtet werden.

Diese richten sich nach Anlagekonzept und Verwendung der Teile: Während bei freistehenden Solaranlagen auch Wechselrichter und Teile der Zuleitungen der Witterung ausgesetzt sind, befinden sich diese Teile bei Dach- oder Fassadenanlagen im Trockenen. Außerdem müssen Anlagen mit Wechselrichtern ohne eingebaute Schutzvorrichtungen vom Stromnetzbetreiber überprüft werden.

## **Einspeisevertrag ja oder nein?**

Ein Einspeisevertrag mit dem Stromversorger ist möglich, aber dem EEG zufolge nicht notwendig. Trotzdem bieten Stromversorgungsunternehmen solche Verträge an. Wenn darauf eingegangen, dann sollten Sie darauf achten, dass er keine unzumutbaren Klauseln enthält. Das war in der Vergangenheit bei einigen Stromversorgern durchaus der Fall. Zum Beispiel versuchten die Netzbetreiber die Kosten für den Netzausbau (Umspannwerke) auf die Anlagenbetreiber umzuwälzen. Nach der EEG-Novelle 2009 sind Klauseln zu Lasten des Anlagenbetreibers jetzt weitgehend unwirksam. Deshalb sollte Sie einen solchen Einspeisevertrag immer von einem erfahrenen Anwalt prüfen lassen. Es gibt Rechtsanwälte, die sich auf die Rechtsfragen der erneuerbaren Energien spezialisiert sind (siehe Anhang)

Allerdings müssen auch ohne Vertrag die Technischen Anschlussbedingungen (TAB) des örtlichen Energieversorgers beziehungsweise Netzbetreibers beim Betrieb beachtet werden. In diesen wird zum Beispiel die Art der Einspeisung je nach Leistung festgelegt.

Häufig darf bis zu einer Leistung von 5 kWp einphasig in das Drehstromnetz eingespeist werden. Bei höheren Leistungen muss symmetrisch eingespeist werden. In diesem Fall müssen mindestens drei Wechselrichter installiert werden.

In den TAB machen die Energieversorger Vorgaben zur Art des Stromzählers, zu zusätzlichen Schutz- und Abschaltvorrichtungen sowie zur Zugänglichkeit der Anlage. So verlangen die Energieversorger ab einer bestimmten Leistung Zugang zur Anlage. Auch die Güte des eingespeisten Stromes, also die Spannungs- und Frequenzstabilität, wird in den TAB geregelt. Einige Netzbetreiber verlangen außerdem bei Anlagen mit einer Leistung von mehr als 100 kWp eine Vorrichtung zur Fernabschaltung, um eventuelle Netzüberlastungen zu vermeiden.

Lage und Leistung einer fertiggestellten Anlage müssen der Bundesnetzagentur gemeldet werden. Diese kann Netzregulierungen veranlassen, um Überlastungen zu vermeiden.

## **Überschusseinspeisung**

Derzeit wird eine Überschusseinspeisung gefördert. Bei der Überschusseinspeisung handelt es sich um eine Kombination aus Eigenverbrauch und Netzeinspeisung des solar erzeugten Stroms. Im Gegensatz zur Volleinspeisung in das öffentliche Netz spart sich der Betreiber den Stromzukauf vom Energieversorger. Da der Stromeinkaufspreis mittlerweile über der Einspeisevergütung liegt, ist die Überschusseinspeisung rentabler als die Volleinspeisung.

Besonders interessant wird diese Option, wenn sich eines Tages der Einsatz von Haushaltsgeräten genau in die Tageszeit verlegen lässt, in der die Leistung der Photovoltaik-Anlage am größten ist. Die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich hat jetzt quasi eine Fernschaltung für alle Haushaltsgeräte entwickelt. Sie erlaubt das An- und Ausschalten von Haushaltsgeräten sowie deren Überwachung.

Rosige Zeiten können Solarstromerzeuger außerdem durch die lastvariablen Stromtarife erwarten. Bei diesen Tarifen, schwankt der Strompreis im Viertelstundentakt. Sie verstärken die Wirkung des neuen EEG zusätzlich. Wenn die Preise dann besonders hoch sind, und das sind sie statistisch gesehen zu Zeiten, in denen die Solarmodule kräftig arbeiten, könnten die Solarenergieerzeuger dann ihre eigene Energie nutzen und noch mehr sparen. Zur exakten Abrechnung aber bedarf es drei verschiedener Zähler: Einen, der misst, wie viel Strom die Photovoltaik-Anlage abgibt, einen, der feststellt, wie viel im Haus verbraucht wird und einen, der aufzeichnet, wie viel Energie aus dem öffentlichen Netz bezogen oder aber dem Netz zugeführt wird.

Des Weiteren verspricht sich die Branche viel von Photovoltaik-Stromspeichern. Die Idee: den Solarstrom speichern und abends – dann wenn die meisten Menschen zuhause sind – verbrauchen. Derzeit (2014) raten Experten allerdings noch von solchen Speichern aufgrund zu hoher Anschaffungspreise ab.

## Dach mieten oder vermieten?



Foto: Schüco International KG

Wenn Sie von einem Solarkraftwerk träumen, aber kein geeignetes Dach zur Verfügung haben, dann können Sie Dachflächen anmieten. Manche Kommunen stellen die Dächer ihrer Gebäude sogar kostenlos zur Verfügung.

Auch hier gilt es natürlich, die Verschattungslage und den Zustand des Daches vor der Installation zu prüfen.

Ein schattenfreies, frisch gedecktes Dach, das in den kommenden 20 bis 30 Jahren voraussichtlich wartungsfrei bleibt, ist optimal. Haben Sie einmal ein Dach gefunden, sollten Sie einen juristisch korrekten Dachnutzungsvertrag abschließen, der auch das Nutzungsentgelt beinhaltet, und die Nutzung des Daches im Grundbuch eintragen. Dort sollte auch das Wegerecht des Betreibers eingetragen werden, ansonsten könnten im Streitfall Reparatur, Wartung und Kontrolle schwierig werden. In dem Vertrag sollten auch die Zuständigkeiten bei Schäden an Dach oder Anlage festgeschrieben werden: Sollte das Dach undicht werden, haftet der Anlagenbetreiber oder der Installateur – sofern dessen Firma noch existiert. Auch sollten Sie die neue Situation mit der Haftpflichtversicherung abklären.

Problematisch ist auch die Wartung des Daches: Dann müssen Sie als Solargeneratorbetreiber Verluste einplanen. Versuchen Sie deshalb, diese Arbeiten in Zeiten zu verlagern, in denen weniger Sonne scheint. Außerdem muss dann die Anlage unter Umständen demontiert werden. Deshalb sollten Sie und der Dachbesitzer für diesen Fall eine anteilmäßige Kostenübernahme vertraglich vereinbaren. Auch die Laufzeit, Kündigungsrechte und die Pflichten zur Wiederherstellung sollten in dem Vertrag berücksichtigt werden.

## Gemeinsame Dachnutzung: Bürgerkraftwerke

Mit einem Bürgersolarkraftwerk werden Bürger zu Stromversorgern. In den letzten Jahren ist zu beobachten, dass sich immer mehr Privatpersonen zusammenschließen, um in Eigeninitiative ihr Geld sinnvoll in den Ausbau erneuerbarer Energien zu investieren. Photovoltaik-Anlagen eignen sich wie Windkraft oder Biomasseheizkraftwerke als Bürgerkraftwerk.

Ein Musterbeispiel für eine Bürgerinitiative dieser Art sind die Elektrizitätswerke Schönau. Sich in die Entstehung und Geschichte dieser „Stromrebell“ einzulesen, ist die Lektüre wirklich wert.



Foto: Sonneninitiative e. V. Verein zur Förderung privater Sonnenkraftwerke

Ein weiteres Beispiel: Die Photovoltaik-Anlage auf dem Dach der Halle 10 der Frankfurter Messe gehört Frankfurter Bürgern und Messemitarbeitern. Die Anlage wurde in einer Zusammenarbeit der Messe mit dem Verein Sonneninitiative e. V. Marburg initiiert. Er hilft Bürgern zu Solarstromerzeugern und –investoren zu werden, indem sich der Zusammenschluss durch den Verkauf von Beteiligungen die Finanzierung der Kraftwerke sichert. Bereits im Planungszeitraum haben Messemitarbeiter rund 500 Module der Photovoltaikanlage erworben und besitzen damit bereits rund 30 Prozent der Gesamtfläche. Der Verein Sonneninitiative realisierte deutschlandweit bereits über 50 vergleichbare Sonnenstrom-Anlagen, auf Dächern von Schulen, Mehrzweckhallen oder Feuerwehrhäusern. [www.sonneninitiative.org](http://www.sonneninitiative.org)

## Rechtliche Aspekte

Bürgersolarkraftwerke werden typischerweise in der Rechtsform einer Gesellschaft bürgerlichen Rechts oder einer Genossenschaft betrieben. Durch die Vergütung des eingespeisten Stroms ergibt sich für die Gesellschafter ein Überschuss, der nach Abzug der Verwaltungskosten anteilig an alle Mitglieder ausgeschüttet wird.

Bei der Gründung einer GbR ist zu beachten, dass grundsätzlich alle Gesellschafter mit Ihrem Privatvermögen haften. Dieses Risiko kann minimiert werden durch Versicherungen oder einer Vereinsgründung für den Anlagenbetrieb.

So können alle aus dem Bau der Bürgersolaranlage resultierenden Verträge mit Dritten wie der Dachnutzungsvertrag mit dem Verein abgeschlossen werden. Die Einspeisevergütung dagegen fließt direkt der GbR zu, welche die Buchführung und Abrechnung mit den Gesellschaftern übernimmt. Diese Rollenverteilung ist dann in einem Vertrag zwischen Verein und GbR geregelt.

### **Welche Gebäude kommen infrage?**

Gut geeignet für ein eine Bürgersolaranlage sind intakte Flachdachgebäude, die eine zusätzliche Belastung von ca. 80 bis 100 kg pro m<sup>2</sup> aushalten, oder Schrägdächer mit Südausrichtung ohne Schatten und einer 35-Grad-Neigung. Günstig ist es auch, dass das Gebäude nicht einsam liegt, um Moduldiebstählen vorzubeugen.



## Kapitel 3 – Angebote, Finanzierung & Auftragsvergabe

### Mach mir mal ein Angebot



Foto: © Marina Lohrbach - Fotolia.com

**S**ie haben sich entschlossen, eine Solarstromanlage auf ihr Dach bauen zu lassen und suchen jetzt nach einem geeigneten Handwerker? Bevor Sie sich Angebote von verschiedenen Firmen machen lassen, noch ein Tipp zur ungefähren Anlagengröße, damit sie das Angebot besser bewerten können:

#### Wie viel Platz habe ich für eine Anlage?

Die verbreiteten kristallinen Solarmodule beanspruchen pro Kilowatt Spitzenleistung (1 kWp) eine Dachfläche von 7 bis 10 m<sup>2</sup>. Durchschnittliche Anlagen auf dem Satteldach von Einfamilienhäusern liegen im Größenbereich 3 bis 5 kWp Anlagenleistung. Das ergibt einen maximalen Platzbedarf von 30 bis 50 m<sup>2</sup> Dachfläche. Das durchschnittliche Schrägdach eines Einfamilienhauses hat auf der sonnenzugewandten Dachseite um 80 m<sup>2</sup> Fläche, also ausreichend Platz für ihre Solaranlage. Dünnschicht-Solarmodule benötigen die doppelte Fläche pro kWp gegenüber den kristallinen Modulen.

#### Was ist überhaupt ein Angebot?

Eigentlich ist das umgangssprachlich bezeichnete Angebot im rechtlichen Sinne ein Kostenvoranschlag ihres Solar-Handwerkers. Das „Angebot“ ist deshalb in aller Regel nicht rechtsverbindlich. Sie finden in dem Schriftstück oft die Formulierungen wie „freibleibend“ oder „unverbindlich“. Das ist verständlich, denn der anbietende Installateur weiß, dass die Kunden mehrere Firmen mit einem Angebot beauftragen, ehe sie sich auf eine Firma festlegen. Er reagiert mit seinem Angebot auf Ihre Kundenanfrage per Telefon oder per Mail/Formular und beschreibt in dem Angebot die Bedingungen, unter denen er bereit ist, Ihnen die Photovoltaik-Anlage zu liefern. Verbindlich für beide Vertragspartner wird das

Angebot, wenn Sie dem Installateur eine schriftliche Auftragsbestätigung geben. Oft wird das Angebot mithilfe eines Fragebogens (Muster siehe Anhang), den Sie ausfüllen, erarbeitet. Am besten erarbeitet sich der Fragebogen in einem persönlichen Gespräch mit dem Handwerker.

### **Welche Informationen braucht der Handwerker?**

Bevor Sie mehrere Solarhandwerker zu sich nach Hause für eine Anlagenplanung einladen, sollten Sie genau überlegen, welche Vorstellungen Sie von der Anlage auf ihrem Dach haben was Sie ihn alles fragen wollen bzw. was er von ihnen wissen will. Damit das Gespräch effektiv für beide Seiten wird, machen Sie sich vorher Notizen und besorgen alle Unterlagen, die der Handwerker braucht. Machen Sie auch den Zugang zum Dach frei. Die erste Entscheidung, die Sie für sich fällen müssen ist sicher: „Will ich den Sonnenstrom selbst nutzen oder ganz oder teilweise ins Netz speisen?“

Welche Vorstellung haben Sie vom Aussehen Ihres zukünftigen Solardachs (Aufdach-/ Indach-Montage oder Solardachziegel)? Wenn Sie noch Baupläne (wichtig ist vor allem der Lageplan und Gebäudeschnitte) von ihrem Haus besitzen, dann legen Sie sie bereit oder besorgen sich eine Kopie des Lageplans beim Grundbuchamt. Wer ist Ihr Netzbetreiber? Ist er identisch mit dem Stromlieferanten, der Ihnen die Stromrechnung zuschickt. Machen Sie sich auch Gedanken, bis wann die Solaranlage in Betrieb gehen soll. Beachten Sie dabei Fördermitteltermine, zum Beispiel über den Jahreswechsel.

#### **Unser Tipp: Eigenleistung ja oder nein?**

In den Pionierzeiten wurden fast alle Photovoltaik-Anlagen von Privatleuten aufs Dach gebracht. Heute macht das in aller Regel eine Fachfirma. Mit der steigenden Nachfrage nach Photovoltaik wächst der Markt der Handwerker, die Solaranlagen installieren. Doch mancher Bauherr will mit Eigenleistungen Geld sparen. Überlegen Sie sich genau, ob sie mit der Übernahme von Montageleistungen wirklich sparen. Auch wenn Sie sich als handwerklich geschickt einschätzen, brauchen Sie als Laie für ungewohnte Arbeiten ein Mehrfaches an Zeit wie ein Profi. Auch sind die Montagearbeiten auf dem Dach nur etwas für geschultes (und höhentaugliches) Personal. Nicht jeder Handwerker unterstützt die Eigenleister. Bedenken Sie aber, wenn es zu Mängeln an der Anlage kommen sollte, dass dann im Streitfall die Firma die Verantwortung an Sie als Selbstbauer abgeben könnte.

### **Vor-Ort-Termin: Kennenlernen des Handwerkers Ihres Vertrauens**

Für eine Solaranlage müssen Sie viel Geld investieren. Um die Angebote gut einschätzen zu können, kontaktieren Sie mehrere Firmen, drei bis vier. So können sie sich einen guten Überblick verschaffen. Die ersten Solaranlagen haben meist nur spezielle Solartechnikfirmen eingebaut. Neben den Spezialisten am Markt bieten jetzt auch viele Elektrotechnik-Handwerker oder Dachdecker den Einbau an. Ausschlaggebend ist, dass der Handwerksbetrieb die Leistung nicht nur nebenbei macht, sondern auch dahinter steht und über ausreichend Erfahrung verfügt. Lassen Sie sich ausgeführte Referenzen nennen oder eine Referenzliste geben. Heute ist es oft üblich, dass nicht der Handwerksmeister oder

ein Installateur zum Vor-Ort-Termin zu Ihnen kommt, sondern ein Vertriebsmitarbeiter. Gute Solarfirmen erkennen Sie daran, dass der Außendienstler neben seinen kaufmännischen Fähigkeiten auch gut geschult in der Technik ist. Damit die Firma Ihnen ein korrektes Angebot unterbreiten kann, muss der (geschulte) Mitarbeiter das Dach inspizieren: Er schaut nach der Ausrichtung des Daches nach der Sonne, Dachneigung und eventuellen Schatten durch Bäume oder Schornsteine. Er wird auch prüfen, wo der Wechselrichter installiert werden kann: innen oder außen. An der Genauigkeit der ersten Inspektion können Sie erkennen, wie das Unternehmen später bei Ihnen arbeiten wird.



Foto: Ralos Vertriebs GmbH

### Sonnenbahnindikator

**E**in gründlich arbeitender Handwerker macht, wenn er die Anlage für Sie plant, eine möglichst exakte Analyse der Verhältnisse vor Ort. Um den besten Platz an der Sonne für Ihre Anlage zu bestimmen, muss er ermitteln, ob im Laufe des Tages ein Baum, oder im Winter eventuell das Nachbarhaus Ihre Module verschattet. Da er bei kniffligen Fällen nicht den ganzen Tag das Dach beobachten kann, nimmt er ein einfaches aber geniales Gerät dafür zuhilfe:

Den Sonnenbahnindikator. Der Fachmann sieht durch ein Okular den Lauf der Sonne im Tages- und Jahreslauf und kann mögliche Verschattungen erkennen. Mit diesem Wissen legt er den idealen Standort der Module fest, wo Ihre Anlage die meiste Sonne ernten und einen hohen Ertrag bringt.

### Wer schreibt, der bleibt

Schreiben Sie Vereinbarungen im Gespräch zwischen Ihnen und dem Handwerker auf. Verlassen Sie sich nicht auf mündliche Zusagen. Wichtig ist zum Beispiel ein festgeschriebener Lieferzeitpunkt und auch, was passiert, wenn der Handwerker diesen überschreitet. Üblich sind bis zu zehn Tagen Frist. Danach sollten Sie für Regressansprüche bestehen. Vereinbaren Sie, dass Sie bei Nichtliefern und dem Verstreichen einer angemessenen Frist wieder aus dem Vertrag aussteigen zu können. Nur so können Sie ein anderes Unternehmen als Ersatz beauftragen. Wichtig ist das besonders bei Aufträgen zum Jahresende, wenn sich die Einspeisevergütung im neuen Jahr ändert.

### Woran erkenne ich unseriöse Angebote?

Zuerst die gute Nachricht: die meisten Betrügereien in der PV-Branche sind in der B2B-Sparte, also bei unseriösen Modul-Angeboten von Firmen für Firmen, anzutreffen. Die schlechte Nachricht ist, dass solche auch über das Angebot eines unwissenden Handwerksbetrieb an Sie weiter gereicht werden können. Immer dann, wenn Kunden besonders viele Solaranlagen nachfragen, tummeln sich auch mehr schwarze Schafe. Damit Sie keine Billigimporte an Modulen angeboten bekommen, sollten Sie sich im Angebot solche Moduldaten wie Konformität (Schutzklasse, CE-Richtlinien) und das Vorliegen von IEC-Zertifikaten do-



kumentieren lassen. Unseriös sind zum Beispiel auch Anbieter, die Ihnen besonders optimistische Renditen mit Ihrer Sonnenstrom-Anlage versprechen. Skeptisch können Sie werden, wenn Ihnen kürzere Amortisationen der Anlage, angeboten werden oder wenn die Nennleistung der Module höher ist als üblich. Kritisch zu sehen sind Finanzierungsmodelle, bei der sie die Anlage kaufen und gleich wieder an den Anlagenbauer zurück vermieten. Meist sind solche Finanzmodelle mit anderen risikoreichen Geldanlagen verbunden. Verlassen Sie sich nicht auf pauschale Ertragsprognosen.

### Unser Tipp: Keine Messeverträge abschließen

**K**aufen Sie keine Solaranlage auf einer Messe, auch wenn Sie mit 50 Prozent Rabatt oder dem „Reservieren einer Anlage“ gelockt werden sollten. Das ist unseriös. Ihre maßgeschneiderte PV-Anlage kann nur durch einen Installateur geplant und ausgeführt werden, der bei Ihnen vor Ort war. Auf Messen können Sie sich natürlich informieren und beraten lassen, aber Sie sollten niemals einen Kaufvertrag unterzeichnen. Selbst bei Verbrauchermessen haben Sie meist kein Rücktrittsrecht. In vielen Fällen kommen Sie mit dem Widerrufsrecht wie bei Haustürgeschäften nicht aus dem aufgeschwatzten Vertrag raus.

## Was muss im Angebot stehen?



Das Angebotsschreiben zählt nicht zu den Lieblingsarbeiten eines Handwerkers. Schließlich muss er dafür einige Zeit investieren, ohne dabei Geld zu verdienen. Doch der Weg: Erst Anfrage, dann Angebot und schließlich Auftrag – ist der einzige Weg, auf dem Handwerker und Kunden zueinander finden. So können Sie ein detailgetreues Angebot von allen angefragten Handwerkern verlangen. Nur so ist das Vergleichen der Angebote miteinander möglich. Günstig für Sie ist, wenn die Angebote ähnlich strukturiert sind. So können sie mehrere Offerten besser vergleichen. Zuerst schauen Sie, ob die Gesamtleistung der PV-Anlage (Spitzenleistung in kWp) und ein Anlagenkonzept enthalten ist. Das Angebot sollte neben dem Gesamtpreis mit Mehrwertsteuer auch Angaben zu den einzelnen Anlagenteilen enthalten. Jedes Anlagenteil sollte im Angebot mit aussagekräftigen Werten wie elektrische Leistung, Abmaße usw. beschrieben werden.

Für die wichtigen Anlagenteile Module und Wechselrichter gehören die technischen Datenblätter der Hersteller ins Angebot. Wenn Sie noch unschlüssig sind, welchen Modultyp sie wünschen, lassen Sie sich Alternativpositionen anbieten. Eine umfassende Checkliste für das Angebot finden Sie im Kapitel 5. Auch das Montagesystem sollte einzeln ausgewiesen sein. Solarfördervereine, welche zukünftige Solarstromanlagen-Besitzer beraten, erleben immer wieder, dass viele Angebote das Papier nicht wert sind, auf dem sie ins Haus kommen.

In einem oberflächlichen Angebot fehlen die technischen Angaben zu Modulen, Wechselrichtern, Kabeln und Montagesystemen. Ist das Angebot oberflächlich erstellt, ist eine häufige Fehlerquelle, dass die Anlage gar nicht auf das Dach passen würde, weil die Anlagenfläche größer ist als die Dachfläche selbst. Wenn die Module nicht die von den Herstellern vorgegebenen Randabstände einhalten, erlischt die Herstellergarantie. Kontrollieren Sie deshalb das Verhältnis Modulfläche zu Dachfläche.

Zusätzlich sollte ein vollständiges Angebot die Garantieleistungen für die Gesamtanlage und für Einzelteile wie Wechselrichter oder Module, Lieferbedingungen / Vertragsbedingungen und ein Angebot über einen Wartungsvertrag beinhalten. Achten Sie in dem Angebot auf vollständige Zusatzleistungen wie Blitzschutz, das Gerüststellen für die Montage der Module oder das Installieren eines zweiten Einspeise-Stromzählers. Ein gutes Angebot enthält auch Wirtschaftlichkeitsberechnungen und eine Simulationsrechnung der Sonnenernte. Achten Sie auch darauf, dass eine Rubrik "Planungskosten, Dokumentation" dabei ist und welche Leistungen und Unterlagen Ihnen die ausführende Firma liefert. Eine umfassende Anlagendokumentation ist wichtig, falls später eine andere Firma Wartungsarbeiten oder eventuelle Reparaturen für Sie erledigt. Ähnliches wie für die Dokumentation der Module und Wechselrichter gilt auch nur für die Unterkonstruktion des Solargenerators. Verlangen Sie einen Einblick in die statischen Unterlagen. Schauen Sie, ob das Montagesystem gemäß DIN 1055 („Einwirkungen auf Tragwerke“) beziehungsweise IN EN 1991 erfolgt. Fragen Sie auch nach dem schriftlichen Beleg, ob die Montage Sturm und Schnee aushält.

## Angebote nach RAL-Gütezeichen Solar



Angebote nach dem Gütezeichen „RAL-GZ 966 Solar“ sind eine sehr gute Unterstützung für den Laien, um ein transparentes und rechtssicheres Angebot zu erhalten. Die Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie – DGS - hat im Rahmen des Gütezeichens Solar die Kriterien für Inhalte und Form eines Angebots sowie Qualitätsstandards für alle Anlagenteile veröffentlicht, die kostenlos aus dem Netz geladen werden können.

## Garantien und Gewährleistungen

In einem Angebot werden Sie mit zwei Begriffen konfrontiert: der Garantie und der Gewährleistung. Oft werden beide Begriffe verwechselt. Eine Garantie ist ein Vertrag zwischen Ihnen und dem Verkäufer der Anlage bzw. dem Anbieter der Module oder Wechselrichter. Die Verkäufer sichern Ihnen mit der Garantie einen Schadensersatz zu. Gewährleistung ist eine zeitlich begrenzte Nachbesserungspflicht für Mängel. Der Handwerksbetrieb haftet für die Mängel beim Anlageneinbau. Wenn zum Beispiel ein Modul vom Dach rutschen würde, weil es nicht ordnungsgemäß fixiert wurde, dann müssen Sie den Mangel dem Installateur anzeigen. Er kommt dann zur Anlage und bessert nach. Wenn dagegen bei einem ordentlich befestigten Modul die Oberfläche durch Hagel beschädigt würde, dann müsste Ihnen der Modulhersteller ein neues Modul kostenfrei liefern,

wenn er eine Garantie auf Hagelanschlag gibt. Seit 2002 gibt es für jedes gekaufte Produkt eine gesetzliche Gewährleistung von zwei Jahren. Die Hersteller geben auf die Module eine viel längere Garantie: Mittlerweile gibt es Garantien bis zu 25 Jahren. Sie sollten aber nicht unter 10 Jahren liegen. Bei den Wechselrichtern sollte Sie ebenfalls besonderen Wert auf eine Garantie legen, weil es störanfällige Bauteile sind. Meistens geben die Hersteller von Wechselrichtern eine Garantie zwischen 5 bis 20 Jahren. Auch sollten Sie darauf achten, dass Ihre Solaranlage möglichst bald nach dem Einbau in Betrieb geht, um möglichst keine Garantiezeit zu verschwenden.

### Unser Tipp: Sind Module aus China schlechter?

**M**odultests von Fachzeitschriften haben gezeigt, dass die chinesischen Anbieter in puncto Leistung und Qualität mit den europäischen und auch japanischen Modulen mithalten können. 2009 stammte der größte Teil der Solarmodule mit rund 60 % aus deutscher Produktion, 35 % aus Fernost und 5% aus anderen Ländern wie zum Beispiel den USA.



## Wer kann mich bei meinem Photovoltaik-Angebot beraten?



Foto: © Kzenon - Fotolia.com

Neben bundesweiten Verbraucherzentralen gibt es eine Vielzahl an gemeinnützigen, regionalen und überregionalen Solarvereinen. Sie beraten Bürger online oder in öffentlichen Sprechstunden zu allen Fragen rund um die Solarstromanlage. Die Beratung zum Angebot erfolgt kostenfrei oder gegen ein geringes Entgelt.

Ein Beispiel ist das bayrische Informationszentrum Solid (Tel: 0911 / 810 270) in Fürth. Solid bietet seit Jahren einen Solar-Check Strom an. Anhand von einem Fragebogen, den Sie mit Ihren Anlagendaten ausfüllen, erhalten Sie u.a. eine individuelle Auslegung Ihrer Solaranlage, Informationen zur aktuellen Fördermitteln und eine Wirtschaftlichkeitsberechnung. Der Solar-Check Strom kostet 80 Euro. Zukünftige Besitzer von PV-Anlagen unter 15 kW, die in Bayern wohnen, erhalten für den Solar-Check einen Zuschuss von 30 Euro, so lange die Fördermittel reichen.

### Solarvereine

*Überregional*

- ◆ Solarenergie-Förderverein e. V. (SFV): [www.sfv.de](http://www.sfv.de)
- ◆ Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie: [www.dgs.de](http://www.dgs.de)
- ◆ Bund der Energieverbraucher: <http://www.energieverbraucher.de>

#### *In den Bundesländern*

- ◆ Arbeitsgemeinschaft Bayerischer Solarinitiativen: [www.solarinitiativen.de](http://www.solarinitiativen.de)
- ◆ Solarenergie Informations- und Demonstrationszentrum, Fürth: [www.solid.de](http://www.solid.de)
- ◆ Sonnenkraft-Freising e. V.: [www.sonnenkraft-freising.de](http://www.sonnenkraft-freising.de)
- ◆ Solarverein Berlin-Brandenburg e. V.: [www.solarverein-berlin.de](http://www.solarverein-berlin.de)
- ◆ Solarinitiative Bremen: [www.solarinitiative.de](http://www.solarinitiative.de)
- ◆ Solarenergieverein Osnabrück e. V.: [www.solarenergieverein.de](http://www.solarenergieverein.de)
- ◆ Solarzentrum Mecklenburg-Vorpommern: [www.solarzentrum-mv.de](http://www.solarzentrum-mv.de)
- ◆ GAP Gesellschaft für Alternativ-Energie Projekte e. V.: [www.GAP-eV.de](http://www.GAP-eV.de)
- ◆ ARGE "Solar" e. V. Saarbrücken: [www.argesolar-saar.de](http://www.argesolar-saar.de)
- ◆ Solar City Leipzig e. V.: [www.solarcity-leipzig.de](http://www.solarcity-leipzig.de)

### **Einfacher geht's nicht:**

## **Angebote vergleichen mit dem Solaranlagen-Portal.de**



**V**iel Zeit und Mühe können Sie beim Angebote-Einholen sparen, wenn Sie den Internet-Service des Solaranlagen-Portals nutzen. In nur zwei Minuten können Sie kostenlos Angebote von Fachbetrieben anfordern und vergleichen. Dafür brauchen Sie nur einen Fragebogen mit Ihren Anlagendaten wie verfügbare Dachfläche und gewünschte Anlagenleistung ausfüllen. Das Solaranlagen-Portal leitet unter Einhaltung des gesetzlichen Datenschutzes Ihre Anfrage an passende Anbieter von

Photovoltaik-Anlagen weiter. Nach wenigen Tagen werden Sie von Handwerkern kontaktiert, die Ihnen auf Ihre Anlage zugeschnittene Angebote unterbreiten werden, genau so, als hätten Sie die Unterlagen persönlich angefordert. Sie ersparen sich damit viele Telefonate und die Suche nach geeigneten Solarteuren.

[http://www.solaranlagen-portal.de/preisvergleich\\_photovoltaik.html](http://www.solaranlagen-portal.de/preisvergleich_photovoltaik.html)

## Über den Daumen: Wie viel kosten PV-Anlagen durchschnittlich?

2014 liegt der Durchschnittspreis für eine schlüsselfertige Solaranlage bei 1.450 Euro netto pro kWp, 2011 lag er noch bei 2.500 Euro pro kWp. So kostet eine durchschnittliche Anlage für ein Einfamilienhaus derzeit um die 10.000 Euro. Ein Diagramm mit der Entwicklung der Modulpreise der letzten Jahre finden Sie in Kapitel 5.

Ausschlaggebend für ein gutes Angebot ist aber nicht nur der Preis, sondern dass Sie Qualitätsmodule erhalten. Geiz sollte beim Bau Ihres Solargenerators nicht die Triebkraft sein – denn für die Ersparnisse von im Vergleich weniger Hundert Euro lohnt es sich nicht, auf Garantien und Sicherheiten zu verzichten. Die Anlagen sind sehr langlebig – entscheiden Sie sich deshalb am besten für hochwertige Markenprodukte.

## Angebot checken in aller Kürze

1. Ausführliche Daten und Informationen zu Solarmodulen und Wechselrichter
2. Montagesystem mit Statik nachweisen
3. Angaben des Montagematerials und der Elektrokabel
4. Angebot für Blitzschutz, wenn notwendig
5. Erstellen Anlagendokumentation
6. Erstellen einer Ertragsprognose
7. Wirtschaftlichkeitsberechnung
8. Auf Wunsch Vermittlung einer Versicherung für die Anlage
9. Anfrage der Einspeisegenehmigung beim Energieversorgungsunternehmen
10. Garantieleistungen für Gesamtanlage und Einzelkomponenten
11. Liefertermin



Angebote genau unter die Lupe nehmen, Foto:Jorma Bork / pixelio.de

## Rund um's Geld: Förderungen und Finanzierung



Foto: © Frank Peters - Fotolia.com

**B**ei einem normalen Einfamilienhaus müssen Sie für Ihre PV-Anlage mit ca. 7.000 bis 12.000 Euro rechnen. So viel Geld auf der hohen Kante haben viele Menschen nicht und selbst wenn sie es haben, dann ist es unter Umständen sogar günstiger die Anlage zu finanzieren als bar zu zahlen. So werden eine ganze Reihe privater Solaranlagen über einen Kredit finanziert. Weil die staatliche Einspeisevergütung über das EEG eine Sicherheit ist, finanzieren viele Banken eine PV-Anlage zu 100 Prozent, ohne Eigenkapital wie das bei einer Hausfinanzierung üblich ist. Der Klassiker der Solaranlagenfinanzierung ist der zinsgünstige KfW-Kredit (Kreditanstalt für Wiederaufbau), der schon Solaranlagen ab 1999 über das 100.000-Dächer-Programm mit Bundesmitteln unterstützte. Aber auch andere Kreditinstitute bieten spezielle Photovoltaik-Kredite an.

### **Grundlage jeder Finanzierung: die Einspeisevergütung**

Die sichere Bank bei Ihrer Solaranlagenfinanzierung ist die Einspeisevergütung Ihres Stromnetzbetreibers (EVU), zu der er per EEG verpflichtet wurde. Sie dauert 20 Jahre. Das Vergüten des eingespeisten Sonnenstroms ist ein staatlicher Förderanreiz für die Bürger, die in eine saubere Stromerzeugung und in die Zukunftstechnologie Photovoltaik investieren. Entscheidend für die Höhe der Vergütung ist das Datum der Inbetriebnahme der Photovoltaikanlage. Die Vergütung in der ersten Fassung des 2000 eingeführten EEG war noch recht einfach, mittlerweile aber um einiges komplizierter. Deshalb werden die aktuellen Regelungen des EEG im Kapitel 5 ausführlich beschrieben.

## Die Solaranlage als Rendite

Eine Photovoltaik-Solaranlage ermöglicht dem Bauherrn eine hohe Rendite. In der Finanzwelt gilt die Rendite als Gesamterfolg einer Kapitalanlage. Sie wird am Zinssatz des eingesetzten Gelds gemessen.

Betrachten Sie Ihre Solaranlage, als Aktie, die auf dem Dach liegt. Die Investition in eine PV-Anlage hat sich nicht erst seit der Bankenkrise für viele Geldanleger zu einer Alternative zu unsicheren Aktienfonds oder Immobilien entwickelt. Ihr „Kraftwerk“ auf dem Dach kann Ihnen eine ordentliche Rendite von bis zu 5 Prozent und mehr bringen. Stiftung Warentest hat im Sommer 2009 die Rendite für PV-Anlagen mit unterschiedlichen Erträgen und Standorten verglichen. Die Berechnungen zeigten, dass kleine Stromproduzenten mit ihrer Solaranlage oft eine langfristige Rendite von mehr als 5 Prozent vor Steuern erzielen. Im Einzelfall sind sogar mehr als 7 Prozent drin.

### Unser Tipp: Renditerechner für PV-Anlagen von Stiftung Warentest

Der Finanztest-Rechner ermittelt Kosten, Nutzen und Rendite.

<https://www.test.de/Solarstrom-Vergleichsrechner-Rendite-mit-Sonne-1391893-2391893/>

## Kosten und Sicherheiten bei einer Finanzierung



Foto:© Roman Levin - Fotolia.com

Die Zinssätze für Photovoltaik-Finanzierung liegen derzeit (Mitte 2014) bei rund 1,3 Prozent (effektiv). Natürlich bekommt nicht jedermann einen Photovoltaik-Kredit bei einer Bank. Wie bei jedem anderen Kreditinstitut müssen Sie Ihre Finanzen offenlegen. Bei kleineren Kreditsummen reicht der Bank meist die Abtretung der Einspeisevergütung als Sicherheit aus. Bei größeren Anlagen mit einem Kreditrahmen über 50.000 Euro fordern die Kreditgeber mehr Sicherheiten und eine hohe Bonität des Antragstellers. In Ausnahmefällen verlangen die Banken auch einen Grundbucheintrag zur Sicherheit der Finanzierung.

## KfW-Kredit über die Hausbank

Viele Eigenheimbesitzer zahlen über viele Jahre Kreditraten, bis sie dann endlich ihr Haus besitzen. Da kann jede Belastung mit zusätzlichen Raten für eine Finanzierung der Solaranlage schwierig werden. Der Kredit der KfW ist deshalb in der Anfangszeit, 1 bis 3 Jahre, tilgungsfrei. Seit 2009 zahlt die KfW die Photovoltaik-Kredite im Programm „Erneuerbare Energien Standard“ für Privatpersonen. Die staatlich gestützten KfW-Kredite können Sie nicht direkt bei der KfW, sondern über eine andere Bank beantragen. Meist ist das Ihre Hausbank, die Ihr Girokonto führt. Vielleicht wissen Sie noch von der Hausfinanzierung,

dass nicht alle Banken KfW-Kredite bearbeiten. Sollte die Hausbank weigern – sie ist nicht dazu verpflichtet – können Sie den Antrag für einen KfW-Kredit auch bei einem anderen Kreditinstitut stellen. Die beauftragte Bank prüft den Kreditantrag und wägt das Risiko für das Darlehen ab. Mit dem KfW-Kredit finanziert die Solaranlage komplett ohne Eigenkapital bis zu 50.000 Euro Nettoinvestitionskosten (ohne Mehrwertsteuer). Anders als bei anderen PV-Finanzierern erteilt die KfW auch Freiberuflern den Kredit. Die Laufzeit des Kredits beträgt zwischen 10 oder 20 Jahren. Den Zinssatz bestimmt die Bank nach der Bonität (Zahlungsfähigkeit) des Antragsstellers. Abgezahlt wird in vierteljährlichen Raten. Sie können das KfW-Darlehen auch außerplanmäßig kostenfrei tilgen. Den bürokratisch aufwendigen Antrag für ein KfW-Darlehen erhalten Sie bei Ihrer Hausbank oder einer anderen Bank Ihrer Wahl. Für Gewerbetreibende, die eine PV-Anlage finanzieren möchten steht das ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm und das KfW-Umweltprogramm zur Verfügung. Zu Fragen und Informationen zu den KfW-Programmen kann die KfW-Förderbank unter Tel. 069-7431 3030 angerufen werden. Internet: [www.kfw.de](http://www.kfw.de)

### **Umweltorientierte Kreditinstitute**

Die UmweltBank AG, Nürnberg, sowie die GLS Bank, Dortmund, sind bundesweit tätige Geldinstitute mit sozial-ökologischer Ausrichtung. Sie bieten deshalb gerade für die Finanzierung von Photovoltaik-Anlagen attraktive Kredite an. Auch die **Umweltbank** ist eine Direktbank ohne Filialnetz. Das Programm zur Solarfinanzierung der Umweltbank AG lehnt sich an das ehemalige KfW-Programm „Solarstrom erzeugen“ (Auslauf Jahresende 2008) an. Es bietet attraktive Konditionen für Solar-Projekte bis 10 kW Leistung. Das Förderprogramm „Classic“ gewährt einen Kreditrahmen bis 50.000 Euro je Projekt und Kreditnehmer. Im ersten Jahr kann auf die Tilgung verzichtet werden. Die Umweltbank bietet den Kredit nicht nur für eigene Dächer sondern auch für gepachtete Dachflächen an. Als Sicherheit verlangt die Umweltbank eine Sicherungsübereignung der PV-Anlage und ein Abtreten der Einspeisevergütung sowie einen Grundbucheintrag. Bevor die Höhe des Kredits bestimmt wird, überprüft die Umweltbank die Ertragslage Ihrer PV-Anlage. Die Laufzeit beträgt 10 bis 20 Jahre. Den Kreditantrag gibt es online unter: <http://www.umweltbank.de/>

Die **GLS-Bank** betreibt bundesweit sozial-ökologische Bankgeschäfte. Der Hauptsitz ist Bochum, Filialen befinden sich in Frankfurt/Main, Freiburg, Hamburg, Stuttgart, Berlin und München. Die GLS-Bank bietet eine Sonnenenergie-Finanzierung ausschließlich für Privatleute an. Die Solaranlage muss sich auf dem eigenen Haus befinden. Die Höhe des Kredits beträgt maximal 30.000 Euro, die maximale Laufzeit 15 Jahre.

Als Sicherheit dient der Bank das Abtreten der Einspeisevergütung bei Nichtzahlen der Raten. Das erste halbe Jahr ist tilgungsfrei. Neben dem standardisierten Photovoltaik-Kredit für Privatpersonen bietet die GLS auch die Finanzierung größerer und/oder gewerblicher Solaranlagen an. Telefonische Beratung ist unter der Telefonnummer 0234 5797 - 300 möglich.

Download Kreditantrag: <http://www.gls.de/>



## Direktbanken: Darlehen für die Erneuerbaren

Die **Deutsche Kreditbank AG (DKB)** mit Sitz in Berlin ist eine Direktbank ohne Filialen, die zu 100 Prozent zur BayernLB (Landesbank) gehört. Bekannt ist die DKB als Anbieter von günstigen Nur-Online-Girokonten. Die DKB bietet aber auch Kredite zur Finanzierung erneuerbarer Energietechnik wie zum Beispiel Photovoltaik-Anlagen oder Solarthermie-Heizungen an. Voraussetzung ist, dass sie einen festen angestellten Job haben oder als Selbstständiger in lukrativen Berufen wie Zahnarzt oder Steuerberater arbeiten. Der freie Grafiker wird kein Darlehen bekommen. Sie können ab 5.000 Euro einen Kredit für Ihre PV-Anlage bekommen ohne Grundbucheintragung und mit Sondertilgungs-Möglichkeiten, wenn Sie die Umsatzsteuer-Erstattung vom Finanzamt erhalten. Wie hoch diese ist und mehr zum Thema Steuern erfahren Sie im Kapitel 5. Neben den kleineren Krediten für Privatleute vergibt die DKB auch an Landwirte oder Bürgervereine, die größere Dach- und Freilandanlagen finanzieren möchten, Darlehen bis zu 60.000 Euro. Die Laufzeit des Kredits beträgt bis zu 18 Jahren. Weil die DKB eine Direktbank ist, können Sie den Kredit online beantragen unter [www.dkb.de](http://www.dkb.de). Telefonische Auskunft erhalten Sie unter: Tel. 030 - 201 55 793.

Eine weitere Direktbank, die Solaranlagen-Finanzierungen anbietet, ist die **Sparda-Bank Berlin eG**. Sie ist eine Genossenschaftsbank, die Direkt-Banking und ein bundesweites Filialnetz besitzt. Das Kreditinstitut offeriert Darlehen für Solarstrom-Anlagen ab 10.000 bis 50.000 Euro. Für die Darlehen des „SpardaSolarPlan“ verspricht die Sparda-Bank eine Sofortige Kreditentscheidung und eine Zinsgarantie bis 20 Jahre. Es erfolgt keine Grundschuldeintragung. In den Filialen der Sparda-Bank können Sie sich vor Ort über einen Solarfinanzierung beraten lassen. Sie müssen drei Gehaltsnachweise, Ihren letzten Grundbuchauszug sowie die Unterlagen zum Vorhaben mitbringen. Terminvereinbarung laufen unter Tel. 01803 / 77 27 32 ((9 Cent/Min. aus d. dt. Festnetz, Mobilfunktarife abweichend). Auf der Internetseite der Bank erfahren Sie, wo eine Filiale in Ihrer Nähe ist: [www.sparda.de](http://www.sparda.de)

## Immobilienkredit bei der Hausbank

Eine weitere Möglichkeit eine Solaranlage zu finanzieren ist der Immobilienkredit. Diese Variante eignet sich für Hauseigentümer, die weitgehend schuldenfrei sind und die eine größere Anlage (ab 25.000 Euro Investitionssumme) bauen. Für Immobilienkredite wird Ihre Hausbank die erste Anlaufstelle sein. Die Grundschuld wird bei diesem Kredit ins Grundbuch eingetragen. (Kosten ca. 100 bis 500 Euro je nach Summe). Löhnen kann sich der Immobilienkredit gegenüber den speziellen PV-Krediten, weil die Zinsen momentan recht günstig sind und eine lange Laufzeit mit Zinsbindung vereinbart werden kann.

## Förderungen in den Bundesländern

In einigen Bundesländern gibt es weitere Fördermittel, welche die Photovoltaik-Finanzierung erleichtern. Zum Beispiel förderte 2009 das Bundesland Sachsen über die Sächsische Aufbaubank (SAB) die Installation von kleinen Photovoltaikanlagen bis 15 kW zusätzlich zum EEG. Die privaten Betreiber erhielten einen Anlagenzuschuss von 250 Euro pro installiertes kWp.

So erhielt der Besitzer einer 5 kWp Anlage eine Summe von 1.250 Euro geschenkt. Finanziert wurde das Programm, das auch andere erneuerbare Energien fördert, aus dem Fördertopf „Europäischen Fonds für regionale Entwicklung“ der Europäischen Union. Deshalb lohnt es sich, wenn Sie in Ihrer Gemeinde, Stadt oder bei den Energieagenturen und den Wirtschaftsministerien auf Länderebene sich erkundigen, ob es noch eine Photovoltaik-Förderung gibt.

### Unser Tipp: Nach weiteren Förderkrediten fragen

**D**iese Auflistung ist nicht erschöpfend. Fragen Sie innerhalb Ihres Bundeslandes nach weiteren Förderungen oder Förderkrediten.

## Der Schönauer Sonnencent und andere Zuschüsse vom EVU

Eine besondere Photovoltaik-Förderung bietet der Ökostromanbieter EWS (Elektrizitätswerke Schönau). EWS-Stromkunden erhalten eine zusätzliche Vergütung zum EEG. Die Förderung besteht in einer zusätzlichen Vergütung von 6 Cent für jede produzierte kWh für die ersten 5 Jahre, danach reduziert sich die Förderung auf 4 Ct/kWh für weitere 5 Jahre. Dem Geförderten wird das in einem Fördervertrag garantiert. Grundlage für die Zusatzvergütung sind die Abrechnungen des Netzbetreibers. Internet: [www.ews-schoenau.de](http://www.ews-schoenau.de). Auch andere Energieversorger verteilen Zuschüsse für Solarstromanlagen an ihre Kunden. Der südbadischen Versorger badenova zahlt 900 Euro Zuschuss und die Stadtwerke Waiblingen geben sogar bis zu 3.000 Euro zur neuen Anlage hinzu.

## Hosen runter: Finanzierungsanträge

Wer schon einmal ein Haus gebaut hat und einen Bankkredit dafür beantragt hat, kann ein Lied davon singen, wie viele Formulare notwendig waren, um zu dem Geld zu kommen. Ein Kredit für eine Solaranlage ist zwar nur ein Bruchteil von einer Hausfinanzierung, trotzdem müssen sie hier viele Formulare ausfüllen. Alle vorgestellten Banken verlangen von Ihnen, bevor Sie einen Kredit erhalten eine „vertrauliche Selbstauskunft“ und geben vorbereitete Formulare an Sie weiter. Sie können die Formulare entweder als Download im Netz, per Post oder per Mail anfordern. In den Formularen müssen Sie Ihre kompletten Lebens- und Einkommensverhältnisse offen legen: Familienstand, unterhaltspflichtige Kinder, Monatseinkommen, Ausgaben pro Monat, Vermögen und Schulden. Die Banken prüfen dann anhand Ihrer Angaben und einer Schufa-Auskunft, ob sie die Raten des Kredits zurückzahlen können. Nehmen Sie das Ausfüllen des Formulars sportlich: es bietet eine Chance, alle Geldan-



© G.G. Lattek – Fotolia.com

nehmen Sie das Ausfüllen des Formulars sportlich: es bietet eine Chance, alle Geldan-

gelegenheiten zu ordnen und einen Überblick über seinen Finanzen zu gewinnen. So kann man wenigstens dieser lästigen Angelegenheit etwas Gutes abgewinnen.

### Zur Vorbereitung. Was Banken von Ihnen wissen möchten:



Foto: Marc Dietrich, Fotolia.com

- ◆ Detailliertes Angebot der Photovoltaik-Anlage im Original
- ◆ Letzter Einkommensteuerbescheid (manchmal der letzten 2 Jahre)
- ◆ Bei Selbständigen (wenn überhaupt zugelassen): Letzter Jahresabschluss und aktuelle betriebswirtschaftliche Auswertung, Einnahmen / Überschussrechnung
- ◆ Bei Angestellten: Gehaltsnachweise (Dezember-Lohn/Gehaltsabrechnung oder der letzten drei Monate)
- ◆ Aktueller und vollständiger Grundbuchauszug vom Anlagenstandort (max. drei Monate alt)
- ◆ Pachtvertrag bei gepachteten Standorten
- ◆ manchmal Kontoauszüge der letzten Monate
- ◆ Grundbuchauszug oder Grundsteuerbescheid
- ◆ manchmal Feuerversicherungspolice (in Kopie)
- ◆ manchmal vollständige Anschrift des zuständigen Energieversorgungsunternehmens (EVU)

### Linksammlung zu Photovoltaik-Krediten

#### **KfW**

[http://www.kfw-mittelstandsbank.de/DE\\_Home/Kredite/Umweltschutz\\_im\\_Unternehmen/KfW-Erneuerbare\\_Energien/Foerderbedingungen\\_Standard.jsp](http://www.kfw-mittelstandsbank.de/DE_Home/Kredite/Umweltschutz_im_Unternehmen/KfW-Erneuerbare_Energien/Foerderbedingungen_Standard.jsp)

#### **Umweltbank**

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

#### **GLS Bank**

<http://www.gls.de/unsere-angebote/finanzierungen/regenerative-energien/private-photovoltaik-anlage.html>

#### **DKB**

<http://www.dkb.de/privatkunden/energie/>

#### **Sparda Bank**

[https://www.sparda-b.de/modernisieren\\_solarplan.php](https://www.sparda-b.de/modernisieren_solarplan.php)

#### **Ethik-Bank**

<http://www.ethikbank.de/privatkunden/oekokredit.html>

## Photovoltaik-Versicherungen



Blitzschaden bei PV-Anlage - links: gesprungenes Glas durch thermische Einwirkung, rechts: Schmauchspur im Bereich der Bypass-Diode  
Foto: photovoltaikbuero Ternus & Diehl GbR

Ihre Kraftwerk auf dem Dach wird viel Geld kosten. Die Finanzierung steht. Die Anlage muss lange halten, dass Sie Ihren Kredit zurückzahlen können. Wie muss ich die wertvolle Technik versichern, werden Sie sich fragen. Ihre Photovoltaik-Anlage könnte durch Blitzschlag, Hagel oder Sturm - sogenannte Elementarschäden – beschädigt werden. Oder die Anlage beschädigt ein Arbeiter beim Einbau oder ein Kabel verursacht einen Brand? Sie haben auch gehört, dass Diebe hin und wieder Solaranlagen von Dächern stehlen. Alle Risiken, gegen die Sie Ihre PV-Anlage versichern wollen, unterscheiden sich versicherungstechnisch voneinander. Elementarschäden wie Hagel oder Sturm kann eine spezielle Photovoltaik-Anlagen-Versicherung abdecken. Sie können die Anlage aber auch in eine bestehende Versicherung (Feuer oder Gebäude) mit aufnehmen lassen.

### Unser Tipp: es gibt viele Photovoltaikversicherungen

**E**in Überblick über verschiedene Anbieter von Photovoltaik-Versicherungen und die Vermittlung bieten zum Beispiel die Versicherungsmakler Rosanowske GmbH & Co. KG aus Köln im Internet: [www.rosa-photovoltaik.de](http://www.rosa-photovoltaik.de)

### Haftpflichtversicherung

Für Schäden, die durch eine Photovoltaik-Anlage an Dritten entstehen könnten, sogenannte Fremdschäden, sollten Sie Ihr Kraftwerk in Ihre Haftpflichtversicherung aufnehmen. Auch wenn solche Schäden selten vorkommen, sollten Sie

auf Nummer sicher gehen. Ein Beispiel wäre, wenn ein Modul vom Dach rutschen würde und dabei einen Passanten oder Nachbarn verletzt.

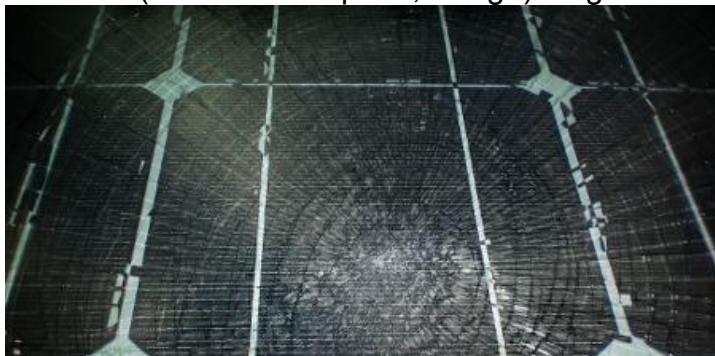
Sprechen Sie mit Ihrem Versicherungsvertreter, dass Sie die PV-Anlage in Ihre Haftpflichtversicherung eintragen wollen, damit Sie nicht eventuellen Schaden aus eigener Tasche zahlen müssen. Fragen Sie Ihren Versicherungsfachmann, wie es mit der privaten Haftschutzversicherung aussieht, wenn Sie steuerlich als Gewerbetreibender gelten. Zudem sollten ausreichend hohe Deckungssummen für Personen-, Sach- und Vermögensschäden (inkl. Regressansprüche des EVU) vereinbart werden. Falls die private Haftpflichtversicherung nicht alles deckt, sollten Sie eine Betreiber-Haftpflichtversicherung abschließen.

### **Bestandteil der Wohngebäudeversicherung**

Kleine Photovoltaik-Anlagen auf dem eigenen Hausdach können in Ihre bestehende Gebäudeversicherung integriert werden: Damit lassen sich Schäden durch Hagel, Feuer, Sturm und Blitzschlag abdecken. Die Aufnahme in eine bestehende Versicherung ist nicht teuer.

### **Photovoltaik-Versicherungen**

Eine separate Versicherung ist für Großanlagen, zum Beispiel auf gepachteten Dächern, angebracht. Sie deckt alle Gefahren ab, die bei einer solchen Anlage entstehen könnten. Achten Sie beim Vergleich der verschiedenen Versicherungsangebote, was alles in der Versicherung enthalten ist und welche Ausschlüsse (Naturkatastrophen, Kriege) es gibt. Die Grundlage einer sogenannten



Photovoltaik-Versicherung ist meist eine Elektronikversicherung. Durch besondere Bedingungen, Vereinbarungen oder Klauseln wird der Versicherungsschutz auf die speziellen Anforderungen einer PV-Anlage angepasst. Die Photovoltaik-Versicherungen beinhalten eine All-

gefahrendeckung. Das heißt, dass alles versichert ist, sofern es nicht ausgeschlossen ist. Der Versicherungsschutz ist umfangreicher als bei einer Wohngebäudeversicherung, denn sie beinhaltet Versicherungsschutz gegen Beschädigungen oder Zerstörungen (Sachschaden) durch Bedienungsfehler, Überspannung oder Kurzschluss, Brand, Wasser, Vorsatz Dritter, Konstruktions- oder Materialfehler, Naturereignisse wie z. B. Sturm, Blitz, Hagel, Schneedruck, Frost oder Marderbiss. Lesen Sie solche Versicherungsklauseln vor dem Unterzeichnen genau durch.

### **Montageversicherung**

Schon während der Montage Ihrer PV-Anlage können unvorhergesehene Ereignisse eintreten wie Zerstörung oder Diebstahl. Dann müssen die beschädigten oder fehlenden Bauteile neu beschafft werden und die Anlage kann nicht termingerecht fertig werden. Das kostet Installateur und Betreiber Zeit, Geld und Nerven. Um wenigstens das finanzielle Risiko zu minimieren, bietet sich eine Montageversicherung an.

Es gibt zwei unterschiedliche Modelle der Montageversicherung - die Einzelbeantragung und die umsatzbezogene Deckung. Für ein Montageprojekt und für selbstmontierende Betreiber oder Betriebe, die einmalig oder nur gelegentlich Photovoltaik-Anlagen montieren, ist die Einzelbeantragung die Wahl. Solarmonteure, die ständig Solarstromanlagen installieren, schließen die umsatzbasierte Montageversicherung ab.

Welche Versicherungsverträge für Sie am sinnvollsten sind, können Sie nur mit einem Versicherungsfachmann klären. Um die Angebote verschiedener Versicherungsgesellschaften vergleichen zu können, sollten Sie fragen:

- ◆ Welche Risiken deckt die Versicherung ab? Reicht das für meine Anlage?
- ◆ Was zahlt die Versicherung im Schadensfall?
- ◆ Wird bei einem Totalschaden die Neuinstallation der Solaranlage bezahlt oder nur der Restwert?
- ◆ Wie hoch ist die Selbstbeteiligung?

## Anmelden beim Stromversorger



Foto: © Bernd\_Leitner - Fotolia.com

**A**ls wären die Finanzierungsformulare noch nicht genug, muss die Solarstrom-Anlage beim öffentlichen Netzbetreiber angemeldet werden. Ihr Anlagenbauer muss die Solaranlage bei ihrem Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) anmelden. Jeder Netzbetreiber, seien es Stadtwerke oder andere regionale Anbieter, hat für die Solaranlage „technische Anschlussbedingungen“, kurz TAB genannt. Die ausführende Firma kennt diese oder fordert sie vom Netzbetreiber ein. Ihre Anlage muss diesen TAB entsprechen. Ihr beauftragter Installateur muss beim Stromnetzbetreiber für die Anmeldung Ihrer Anlage ein Grundstückslageplan (Kopie vom Grundbuchamt), einen Übersichts-

schaltplan Ihrer Photovoltaik-Anlage und die Datenblätter der verwendeten Solarmodule und Wechselrichter mit Konformitätserklärung einreichen.

## Einspeiseverträge prüfen



Foto: © puje - Fotolia.com

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) schreibt den Netzbetreibern vor, dass sie den Solarstrom ins Netz einspeisen müssen. Eigentlich ist dafür auch kein extra Vertrag notwendig, aber viele Stromversorger möchten gern mit Ihnen den Einspeisevertrag abschließen. Sie müssen laut aktuell geltendem EEG (Novelle vom 1. Januar 2009) keinen Einspeisevertrag unterzeichnen (siehe auch Kapitel 3).

Manchmal ist jedoch so ein Vertrag auch für den Anlagenbesitzer sinnvoll, denn nicht alle technischen Details für den Parallelbetrieb ihrer Anlage mit dem öffentlichen Stromnetz sind im EEG beschrieben. Der Einspeisevertrag kann solche zusätzlichen vertraglichen Regelungen zwischen Ihnen und Ihrem Netzbetreiber regeln. Aber der Einspeisevertrag darf die Solarkunden nicht schlechter stellen, als ihnen das EEG zubilligt. Auskunft und Beratung zu Einspeiseverträgen geben nicht nur spezielle Rechtsanwälte, auch die Verbraucherzentralen oder ein örtlicher Solarverein. Letztere können ein Lied von der „Verhinderungstaktik“ mancher regionalen Netzbetreiber singen und kennen meist auch die EVU, die Probleme bereiten.

## Was tun, wenn sich der Netzbetreiber querstellt?

Ein weiteres Beispiel, wie Netzbetreiber sich neben den vorher beschriebenen Klauseln im Einspeisevertrag quer stellen, ist das Rauszögern des Solareinspeise-Anschlusses. Als beliebter Grund für die Verzögerungstaktik wird oft eine Arbeitsüberlastung genannt. Das ist aber unrecht. Diesen Ärger können Sie vorbeugen, indem Sie als Anlagenbetreiber so früh wie möglich das Fertigstellen der Anlage dem EVU mit einem Datum ankündigen. Zwischen der EVU-Anmeldung und der Fertigstellung sollten mindestens zwei Wochen Frist liegen. Der Solarenergieförderverein in Aachen hat auf seiner Webseite unter anwaltlicher Anleitung einen Textbaustein vorgegeben, damit Sie mit dem Anschreiben an den EVU auf der sicheren Seite sind:

*" Wir bitten Sie auf der Grundlage der gesetzlichen Regelung in § 5 Abs. 1 EEG um eine unverzügliche Bearbeitung.*

*Da es sich um eine Anlage mit nur ... kWp (Hausanschluss) handelt und es in dem betroffenen Netzbereich keine Engpässe gibt, gehen wir davon aus, dass eine Freigabe des Anschlusses bis zum angegebenen Anschlussdatum erfolgen kann. Anderenfalls bitten wir um Mitteilung bis zum .... "*

*(Zitat-Quelle: SFV)*

Sollten Sie mit einer Solarstromanlage mehr als 30 kWp ins Netz speisen wollen, dann noch folgenden Satz einfügen:

*"Sollte der Netzanschluss aus technischer Sicht nicht am bestehenden Grundstücksanschlusspunkt erfolgen können, so bitten wir vorsorglich um Offenlegung der Netzdaten nach § 5 (5) EEG." (Zitat Quelle:SFV)*

## EEG-Clearingstelle

Für Streitigkeiten mit dem Netzeinspeiser und anderen Konflikten in Bezug ihrer Solarstromanlage hat die Bundesregierung eine Vermittlungsbehörde eingerichtet. Die sogenannte Clearingstelle EEG klärt Streitigkeiten und Anwendungsfragen im Bereich des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Auf der Homepage der Clearingstelle [www.clearingstelle-eeg.de](http://www.clearingstelle-eeg.de) finden Sie Informationen zum aktuellen Recht der erneuerbaren Energien und dessen Weiterschreibung. Hier werden zum Beispiel alle geltenden und vorbereiteten Gesetze vorgestellt sowie aktuelle Gerichtsurteile veröffentlicht.

## Stromwechsler und gleichzeitige Solarstromerzeuger

Seit der Liberalisierung des Strommarktes kann jeder Verbraucher zum Stromanbieter seiner Wahl wechseln. Das spart oft viel Geld für Stromrechnungen und macht auch einen Umzug zu einem Ökostromanbieter möglich. Sind Sie ein cleverer Stromwechsler? Dann sind Sie vom regionalen Stromanbieter, der gleichzeitig auch der Netzbetreiber ist, zu einem überregionalen Stromlieferanten gewechselt. Der ist aber nicht für die Solarstromvergütung zuständig. Dafür ist wieder Ihr alter Stromanbieter (und Netzbetreiber) verantwortlich. Er nimmt den Strom aus Ihrer Photovoltaik-Anlage ab und vergütet Ihnen den Sonnenstrom. Der neue Stromanbieter liefert weiterhin den Haushaltsstrom und stellt die Rechnung dafür.



### Linksammlung Ökostrom-Anbieter:

[www.lichtblick.de](http://www.lichtblick.de)

[www.greenpeace-energy.de](http://www.greenpeace-energy.de)

[www.ews-schoenau.de](http://www.ews-schoenau.de)

[www.naturstrom.de](http://www.naturstrom.de)

[www.oekostrom-anbieter.info](http://www.oekostrom-anbieter.info)



## Kapitel 4 – Meine Solarstrom-Anlage: Installation und Betrieb

### Installation auf dem Dach



Foto: Sharp Electronics Europe

**S**o schnell wie ein solares Kleinkraftwerk auf dem Dach wird kein anderes Kraftwerk gebaut: Die Installateure benötigen in der Regel für die komplette Installation einer Photovoltaik-Anlage auf einem Einfamilienhaus nur zwei bis drei Tage. Bevor Ihre Solaranlage auf das Dach montiert wird, muss das Dach in einem einwandfreien Zustand sein. Sollten Dachziegel beschädigt sein, dann sollten Sie diese vor der Anlagenmontage reparieren.

#### Unser Tipp: Lüfterziegel kontrollieren



Foto: Lüfterziegel, Braas

**F**alls Sie selbst - in Absprache mit Ihrem Anlagenanbieter - montieren wollen, dann kontrollieren Sie, bevor die Module und das Montagegestell geliefert werden, ob Sie sogenannte Lüfterziegel auf Ihrem Dach besitzen. Nach dem Entfernen oder Aufbohren der Lüftungsgitter fädelt der Elektriker durch die freie Öffnungen der Lüfterziegel die Kabel für den Solarstrom. Sollten Sie keine Lüfterziegel besitzen, kaufen Sie sich passende Ziegel oder Dachsteine für Ihren Dachtyp bei einem Dachdecker oder auf einem Baumarkt nach. Beim Fehlen von Lüfterziegeln könnten Sie zwar für die Kabeldurchführung Schlitze in die vorhandenen Dachsteine fräsen. Das birgt aber die Gefahr, dass dann die Isolierung der So-

larkabel durch die Wärmedehnung der Ziegel zerrieben werden könnte. Dadurch könnte eine Brandgefahr ausgehen.

## Arbeitsschutz bei der Dachmontage

Bei Eigenleistung bei der Modulmontage müssen Sie für Ihre Sicherheit und die Ihrer Helfer bei den Dacharbeiten achten. Sorgen Sie dafür, dass Sie sicher aufs Dach kommen und sich auch sicher auf dem Dach bewegen können. Der häufigste Unfall bei Dachmontagearbeiten ist der Sturz von der Leiter, bei dem der Arbeiter oder die Leiter selbst das Gleichgewicht verliert. Deshalb ist das Sturzvermeiden das oberste Gebot. Auf der sicheren Seite liegen Sie, wenn Sie statt einer wackeligen Leiterkonstruktion ein Gerüst für die Dauer der Montagearbeiten ausleihen. Gerüstbaufirmen oder spezielle Gerüste-Ausleiher sind Profis und liefern und montieren Ihnen ein Arbeitsschutz gerechtes Gerüst. Fragen Sie den Gerüstbauer, ob er Erfahrung beim Stellen von Gerüsten für Solaranlagen besitzt. Am besten geeignet ist ein frei stehendes Gerüst, wo keine Dübel für das fixieren in der Hauswand benötigt werden.



Auf dem Dach können Sie sich mit einem Fanggurt zusätzlich sichern, so wie ihn auch die Profis benutzen. Der Fanggurt wird eng am Körper angelegt, ähnlich wie beim Bergsteigen. Auch ein Fangnetz, vom Profi Dachfang genannt, unterhalb des Arbeitsbereichs bietet zusätzliche Sicherheit bei Dächern ab 15 Grad Dachneigung.

## Die Module kommen

Falls der beauftragte Handwerker die Module nicht selbst auf die Baustelle befördert, dann liefert ein Spediteur Ihre Solarmodule an. Achten Sie bei Lieferung darauf, dass der Fahrer die Module nicht an der Grundstücksgrenze ablädt, sondern weisen ihnen einen günstigen Platz auf Ihrem Grundstück zu. Der Lieferant muss so lange warten, bis Sie alle angelieferten Teile überprüft haben. Vergleichen Sie die Module anhand des Angebots, dass auch die angebotenen Typen geliefert wurden und die Anzahl stimmt. Falls die Verpackung der Module beschädigt sein sollte, dann öffnen sie diese und schauen nach, ob eventuell die Module beschädigt sind. Vermerken sie Schäden auf dem Lieferschein oder Übergabe-Protokoll. Schadhafte Module können Sie dem Spediteur gleich zurückgeben. Beachten Sie, dass Reklamationsfristen meist recht kurz sind und reklamieren Sie bei Schäden sofort schriftlich.

### Achtung Strom!

**D**ie Montage der Solarmodule erfolgt immer unter Spannung, weil die Solarzellen automatisch elektrische Spannung erzeugen, wenn Licht auf sie fällt (siehe „photovoltaischer Effekt“ Kapitel 1). Berühren Sie deshalb nicht die Anschlusskontakte oder andere freiliegende spannungsführende Teile. Eine Eigenmontage darf nur durchgeführt werden, wenn die Solarmodule vollisolierte Steckkontakte besitzen oder die Spannung unterhalb der Schutzkleinspannung von 120 Volt liegt.

## Die Montage auf dem Dach

Die Auf-Dach-Montage der Module auf einem Schrägdach ist der Klassiker unter den Montagearten auf Einfamilienhäusern. Die Unterkonstruktion unter den Modulen spielt wortwörtlich die tragende Rolle für Ihre PV-Anlage. Das Montagegestell mit den zugehörigen Verbindungselementen bindet die Solarmodule in die vorhandene Dachstatik ein und sorgt dafür, dass Ihr Sonnenkraftwerk bei Wind und Wetter störungsfrei arbeiten kann. Das Montagesystem darf dabei die Dacheindeckung nicht beschädigen. Für Schrägdächer haben sich zwei Auf-Dach-Befestigungslösungen auf dem Markt durchgesetzt: das Klemmsystem und das Einlegesystem. Bei beiden Montagesystemen verbindet der Monteur das Untergestell über einen Dachhaken, auch Sparrenanker oder Dachanker genannt, mit der Dachstuhl-Konstruktion. Dachhaken sollten immer in den tragenden Teilen des Daches (Sparren oder Pfetten) befestigt werden.

### Unser Tipp: Worauf Sie beim Montagesystem achten sollten

**F**ür Solar-Montagesysteme gibt es keine Norm, deshalb sollten Sie dem Anbieter nach einem Eintrag in der Bauregelliste des DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) fragen. Ein TÜV-geprüftes Montagesystem bietet zusätzliche Gewähr für die Qualität des Systems, wenn es fachgerechter nach Herstellerunterlagen montiert wird. Wenn Sie selbst montieren, dann sollten Sie Ihr Werk - bevor die Module auf das Dach kommen - durch einen Fachmann (Ihren Solarteur) begutachten lassen.

## Eigenmontage: Welches Werkzeug wird benötigt?



Sie brauchen für sich und Ihre Helfer eine Schutzausrüstung mit Arbeitsschutzbrille, Arbeitshandschuhen, Gehörschützer, Gurt, Fangnetz und eventuell eine Staubmaske, wenn sie Dachziegel „flexen“ wollen.

Für die Montagearbeiten wird ein Akku-Schrauber oder eine Bohrmaschine benötigt, ein handlicher Winkelschleifer (Flex) mit Diamanttrennblatt und Schrupscheibe. Für das Aufmaß benötigen Sie Kreide oder einen Bleistift, Maßband und Zollstock und eventuell eine ca. 10 m lange Schlagschnur (Maurerschnur). Für die Verschraubungen sind Schraubenschlüssel (Maulschlüssel) für Sechskantschrauben, Innensechskantschlüssel (Inbusschlüssel), Schlitzschraubendreher und ein Drehmomentschlüssel notwendig. Die Schlüsselgrößen erfahren Sie vom Montagesystemlieferanten. Legen Sie sich auch einen Hammer, eine Wasserwaage und evtl. eine Kombi- und Rohrzanze bereit.

### Unser Tipp: Werkzeug für Selbstmontage ausleihen

**D**er Teufel steckt oft im Detail, insbesondere wenn Sie bei einer Selbstmontage feststellen, dass Ihnen wichtige Werkzeuge wie ein Spezialschlüssel für Verschraubungen oder eine Hebebühne / Leiteraufzug fehlen. Viele Solarteure bieten den Service, wichtiges PV-Werkzeug bzw. Hebezeuge auszuleihen. Fragen Sie, wenn Sie eine Eigenleistung mit Ihrem Lieferanten vereinbart haben, welches Werkzeug Sie brauchen und nach den Ausleihkosten.

## Montagesystemteile Schrägdach im Detail

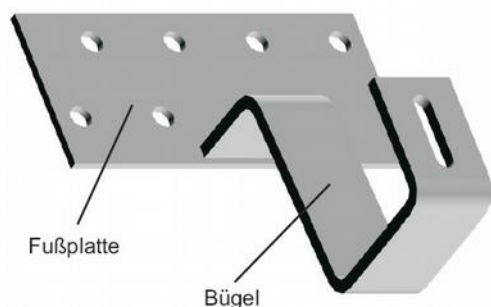
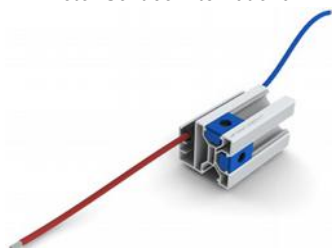


Foto: ALTEC Mittig und Manger



Modul mit Trägerprofil und Dachanker,  
Foto: Schüco International



Montageschiene mit integriertem Kabelkanal,  
Foto: SWT Solar



Montage Mittelklemme, Foto: BP Europa SE

Der Dachhaken wird über die Ankerplatte (auch Fußplatte) mit Holzschrauben am Dachsparren befestigt. Der Bügel (Haken) zwischen den Dachplatten überträgt die Haltekraft nach außen. Auf dem Bügel werden die Trägerprofile für die Module befestigt. Der eingesetzte Dachhaken muss zum Dach passen. So gibt es Haken für spezielle Dachformen wie „Frankfurter Pfanne“ „ Biberschwanz“ oder „Schieferdach“. Dachhaken werden aus den Materialien Edelstahl 1.4301 (V2A), verzinktem Stahl oder Aluminium angeboten.

Die Module werden auf Trägerprofilen, auch als Montageschiene bezeichnet, befestigt. Manche Profile besitzen einen zusätzlichen Kanal für das Verlegen der Solar-Gleichstromkabel. Montageschienen gibt es aus verzinktem Stahlblech, aus Aluminium oder Edelstahl, beschichtet und unbeschichtet.

### Profilschienen-Kreuzverbindung

Bei statisch höher belasteten Anlagen (Schnee und Wind), werden Profilschienen in Kreuzverbindung verlegt.

Modulklemmen sind an die Stärke der Module angepasst. Modul-Mittelklemmen kommen zwischen zwei Module und werden damit auf die Montageschiene geklemmt.

Modul-End- oder Randklemmen kommen jeweils rechts und links am Abschluss einer Modulreihe zum Einsatz.

## Arbeitsschritte bei der Aufdach-Montage

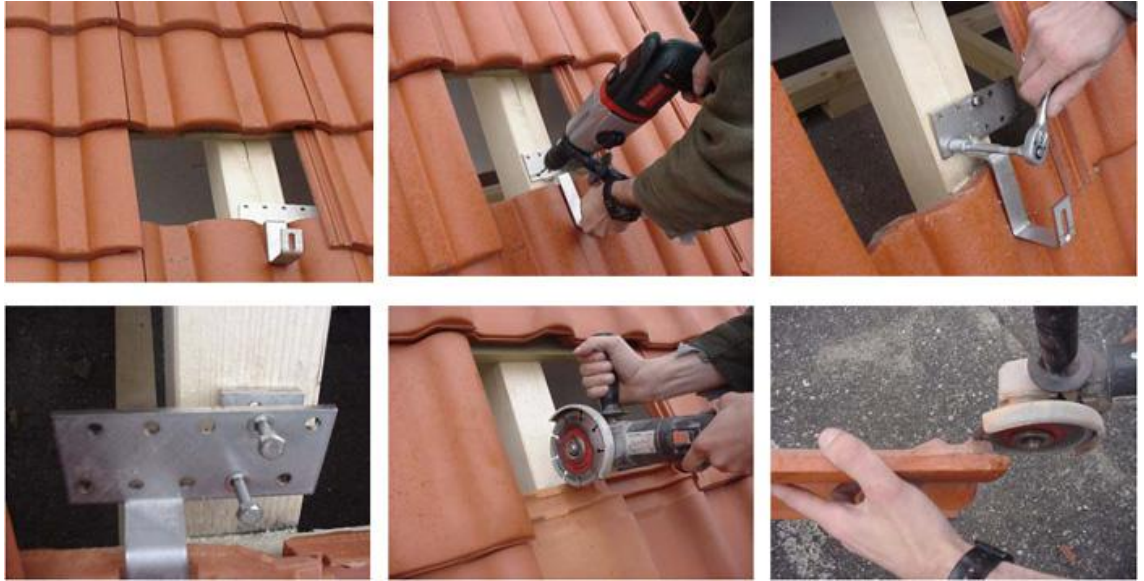


Foto: Schletter Solar Montagesysteme

Zuerst entfernt der Monteur an den Montagestellen einzelne Ziegel, um an den Sparren oder die Pfetten des Dachstuhls heranzukommen. In die Holz-Dachsparren bohrt er dann zwei Löcher für die Befestigungsschrauben der Dachhaken. Dabei sollte der Bügel des Dachhakens möglichst in einer Mulde des darunterliegenden Dachziegels liegen. Der Fachmann bezeichnet die Bohrungen als Befestigungspunkte. Die Anzahl dieser Befestigungspunkte und die der Dachhaken sind vom Montagesystem-Anbieter genau statisch berechnet, um Schnee- und Windlasten auszuhalten. Bei geringen Schnee- und Windlasten im Flachland könnten das zum Beispiel 1 bis 1,5 Dachhaken pro Quadratmeter Dachfläche sein. Hohe Schneelasten bis zu 5 Kilo-Newton pro Quadratmeter (kN/m<sup>2</sup>) und darüber gibt es in zum Beispiel in Gebirgsregionen. Hohe Windlasten können sowohl an der Küste als auch im Bergland bestehen. Bei einer Eigenmontage darf auf keinen Fall von der statisch geprüften Anzahl der Dachhaken abgewichen werden.

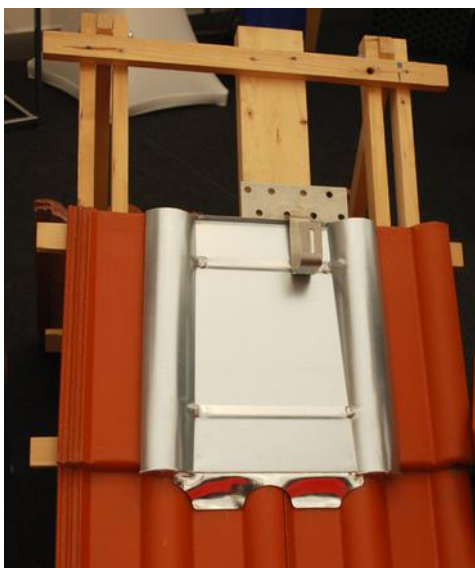


Foto: C. Hilgers

Die Dachhaken werden mit Sechskantschrauben am Sparren befestigt. Damit der Dachhaken nicht auf dem Dach aufliegt, muss der Installateur eine Aussparung aus dem Dachziegel oder Dachbetonstein mit einer Schleifmaschine ausflexen. Danach wird der Ziegel wieder eingehangen. Flexarbeiten und eventuellen Ziegelbruch kann man vermeiden, wenn statt des Dachziegels ein spezieller Ersatz-Dachziegel aus Stahlblech montiert wird. Für Kabeldurchführungen der DC (Gleichstrom)-Leitungen müssen Lüftungsziegel- oder Pfannen gesetzt werden.



Verlegen der Montage-schienen – Foto: Schletter Solar Montagesysteme

Sind alle Dachhaken befestigt, werden die Montageschienen (Querträger) daran befestigt. DC-Profilschienen werden zum Beispiel auf Dachhaken aufgelegt und nach dem Ausrichten verschraubt. Wird ein Kabelkanal für die Solarkabel genutzt, sollte er mit Gefälle verlegt werden oder an der tiefsten Stelle eine Bohrung erhalten, damit sich kein Wasser im Kanal ansammeln kann. Das ist vor allem wichtig, wenn sich Stecker im Kabelkanal befinden.

## Modulmontage

Module können vertikal als auch horizontal verlegt werden. Der Modulhersteller muss die Montageart aber freigeben.

Meist werden die Module auf die Montageschienen am Boden vormontiert und die Verkabelung vorbereitet. Das erste Modul wird auf der Rückseite an die ankommende Leitung angeklemt, bei jedem folgenden Modul wird der „Kabelschwanz“ (mit oder ohne Stecker) weiter verlegt. Anschließend hievt die Montagefirma (oder Sie) die Module auf Ihr Dach. Es gibt aber auch Systeme, wo die Module einzeln auf dem Dach montiert werden. Die vormontierten Module werden dann auf die Schienen aufgelegt und mit Modulklemmen fixiert. Am Ende jeder Modulreihe verwendet der Monteur sogenannte Klemmwinkel / Modulendklemmen zur Befestigung. Die unterste Reihe der Module wird gegen Abrutschen gesichert.



Mit zwei Klemmplatten werden jeweils zwei Module miteinander auf der Montageschiene befestigt. Am Ende jeder Modulreihe werden Klemmwinkel eingesetzt. Die meisten Montagesysteme lassen eine Anordnung der Module für hochkant stehend und/oder querliegend zur Dachkante zu. Achten Sie darauf, die Module bei der Montage nicht zu betreten.

Foto: [www.aercon-solar.de](http://www.aercon-solar.de)

Die Modulmontage endet damit, dass Sie oder die beauftragte Firma das Dach auf offene (Tritt-) Stellen und vergessene Ziegel – auch unter den montierten Modulen – überprüfen. Schließen Sie alle offenen Löcher in der Dachhaut, damit es später nicht herein regnet. Bevor Sie Ihr Solarkraftwerk dem Elektroinstallateur überlassen, überprüfen Sie, dass Sie kein Werkzeug auf dem Dach vergessen haben. **Wichtig:** Wenn die Dacharbeiten beendet sind, muss Ihr Handwerker - oder bei Eigenleistungen Sie – kontrollieren, ob die Dachhaut wieder wetterdicht verschlossen ist wie vorher!

## Häufige Montagefehler in der Praxis

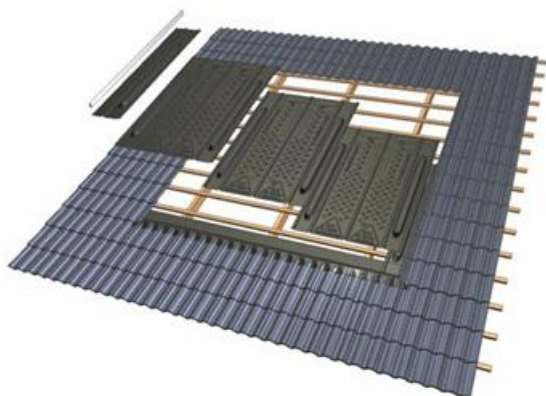
Der häufigste Montagefehler dürfte der Ziegelbruch sein. Folge davon ist, dass Feuchtigkeit durch die Dachhaut ins Gebäudeinnere dringt. Verursacht wird der Ziegelbruch meist durch Aufliegen der Dachhaken auf den Ziegel bei zu großen Lasten, z. B. bei hoher Schneelast. Er wird dadurch regelrecht zerdrückt. Eine weitere Ursache ist unsachgemäßes Bearbeiten des Ziegels mit dem Winkelschleifer, dass der Ziegel Risse bekommt und so seine Festigkeit verliert. Dem Ziegelbruch und Feuchteschaden kann vorgebeugt werden, wenn Sie ein statisch korrekt ausgelegtes Montagesystem nutzen und die Montageanleitung genau beachten. Ein weiterer Montagefehler sind aufliegende und lose verlegte Gleichstromkabel. Stürmt es oft, dann bewegen sich die Kabel durch Windeinwirkung ständig hin und her und scheuern die Isolierung auf. Kommt es ganz ungünstig, entsteht dadurch ein Lichtbogen und es brennt. Achten Sie deshalb darauf, dass die DC-Kabel mit UV-beständige Kabelbinder fixiert, nicht gequetscht werden oder aufliegen.

### Unser Tipp: TÜV-zertifiziertes Montagesystem einsetzen



**K**aufen Sie von Ihrem Anbieter ein TÜV-zertifiziertes Montagesystem ein. Damit liegen Sie auf der sicheren Seite. Das TÜV-Zertifikat bietet Ihnen Sicherheit, eine einfache Montage, eine verständliche Bedienungsanleitung, Qualität der Systemteile und die Umweltverträglichkeit der eingesetzten Materialien.

## Indach-Montage



Indach-Montage mit einzelnen Modulreihen,  
System Sundeck, Grafik: SolarWorld AG



Komplett-Dach mit Modulen,  
Foto: Ernst Schweizer AG, Metallbau

Die Indach-Montage, also die Integration der Solarmodule ins Schrägdach, gelten als besonders elegante, aber auch teure Lösung. Sie ist ideal für Neubauten und Dachsanierungen. Hier sollten sie am besten den Profi auf Ihr Dach lassen, besonders wenn das komplette Dach als Solarkraftwerk ausgeführt wird. Im Nachrüstfall müssen bei der Indach-Montage vorher die Dachziegel entfernt werden, um Platz für die Solardachziegel zu schaffen.

Für die Indach-Montage gibt es unterschiedliche Montagesysteme, die die Module entweder teilweise ins Dach integrieren oder gleich das gesamte Dach mit „Solarziegeln“ bedecken. Die Systemanbieter haben vorkonfektionierte Montagesysteme im Programm, die einen sicheren Dachaufbau garantieren. Bei dem Indach-Montagesystem einzelner Module werden Bleche mit der Dachlattung verschraubt und bilden eine Art Wanne für die weiteren Anlagenteile. Bei der Indach-Montage ist besonders auf die Hinterlüftung der Module zu achten. Fragen Sie Ihren Montagesystemanbieter oder Ihren Handwerker danach, wie die Hinterlüftung bei Ihrem Dachsystem funktioniert. Gegebenenfalls muss die bei der Verkabelung der Module untereinander, auf das Freibleiben der Lüftungsöffnungen geachtet werden.

Hinterlüftete Dachkonstruktionen (Kaltdächer) eignen sich für die Indach-Montage einer Solarstromanlage besser als nicht hinterlüftete Dachkonstruktionen (Warmdächer). Bei Kaltdächern kann die Stauwärme, die sich hinter bzw. unter den Modulen bildet, abgeführt werden. Eine Überhitzung würde die Leistungsabgabe der Module senken.

Wenn eine komplette, nach Süden ausgerichtete Dachseite zum Kraftwerk werden soll, dann wird das Dach mit speziellen PV-Modulen wie mit Dachziegeln gedeckt. Kleinteilige Solarmodule erfordern aber gegenüber großflächigen Modulen einen deutlich höheren Montageaufwand bei der Verkabelung. Dafür sehen sieht dann aber die fertige, vollständig plane Oberfläche des Solardaches optisch besser aus.

## Flachdach-Montage



Foto: Schletter Solar Montagesysteme



Sollte Ihr Eigenheim im Bungalowstil gebaut sein und sie statt eines Schrägdach ein Flachdach besitzen, müssen Sie nicht auf Ihr eigenes Solarkraftwerk verzichten. Der notwendige Neigungswinkel der Module, damit diese für Sie wirtschaftlich Sonnenenergie einfangen, gewährleisten Flachdach-Montagesysteme. Dabei werden die Module der Sonne entgegen aufgeständert. Der typische Anwendungsfall für die Flachdachmontagen sind aber nicht Einfamilienhäuser, sondern die großflächigen Dächer von Industriebauten und Mehrfamilienhäusern.

Weil Flachdächer sehr unterschiedlich aufgebaut sind, gibt es kein Universal-Montagesystem für diese Dachart. Ihr Monteur wird bei einem Systemanbieter die geeigneten Komponenten für die Modulbefestigung auswählen. Bei den meisten Flachdach-Montage-Systemen werden eine oder mehrere Module in Reihe auf einem speziellen Querträger aufgestellt. Die Querträgerkonstruktion ist dabei auf einer Stützenreihe befestigt. Diese Stützen sind in verschiedenen Anstellwinkeln erhältlich. Für netzgekoppelte Anlagen sind 30-Grad-Anstellwinkel üblich. Sie gewährleisten einen optimalen Jahreswirkungsgrad.

Bei mehreren Modulreihen muss aufgepasst werden, dass sich die Module nicht gegenseitig verschatten, besonders im Winter, wenn die Sonne tiefer steht. Damit Wind und Wetter den Modulen nicht schaden, gibt es bei den Flachdachmontagen grundsätzlich zwei Systeme für die Stützenbefestigung: mit Dachdurchdringung und Beschwerungslösungen. Auf die Stützelemente kommen Montageschienen. Das Befestigen erfolgt mit gleichen oder ähnlichen Komponenten wie bei der Schrägdach-Montage.

Beschwerungslösung bedeutet, dass die Dachhaut nicht geöffnet wird, sondern die Stützen mit Ballast, zum Beispiel UV-beständige Kunststoffplatten oder Aluminium-Wannen, die mit Kies oder Betonsteinen beschwert werden. Bei dieser Lösung muss besonders die Statik des Flachdachs beachtet werden. Dafür führt der Montagesystem-Anbieter eine Beschwerungsrechnung nach den geltenden Regelwerken durch.

Ist die Beschwerungslösung zu schwer für das Flachdach oder ist das Flachdach auf einem Neubau, bieten sich Montagesysteme an, die wie bei der Schrägdachmontage auf der Dachunterkonstruktion befestigt werden. Hierbei muss der Monteur auf ein dichtes Verschließen der Dachhaut achten, um Feuchteindringen zu vermeiden. Hierbei raten Experten zu mehrlagigen Dachabdichtungen und zu Exaktheit beim Abdichten an den Durchdringungspunkten.

Auf dem Flachdach muss der Monteur für einen ebenen und festen Untergrund sorgen. Mögliche Unebenheiten sind auszugleichen. Sollte auf Ihrem Flachdach eine Kiesschicht liegen, sollten Sie darauf achten, keine zu großen Kieshaufen beim Freilegen aufschichten, um die Dachstatik nicht zu gefährden.

## **Fassaden-Montage**

Neben Dächern eignen sich auch unverschattete und nach Süden orientierte Fassadenflächen gut für die Integration von Photovoltaik-Modulen. Angewendet wird diese Montageart bisher überwiegend bei Hochhäusern oder größeren Wohn- oder Gewerbebauten. Bei Einfamilienhäusern spielt diese Montageart

wegen der hohen Kosten kaum eine Rolle. Doch zukünftig kann sich das ändern. Neue Häuser sollen ab 2020 europaweit so viel Energie selbst erzeugen, wie sie verbrauchen. Das ist neben Kraft-Wärme-Kopplung mit Mini-BHKW nur mit einer Solarstromanlage möglich. Falls dies nicht auf dem Dach möglich ist, dann werden die Sonnenmodule dann in oder an die Gebäudefassade montiert. Besonders dafür geeignet sind Fertighäuser, weil sich die Kosten für die PV-Integration durch die Massenfertigung von Bauteilen senken lassen.



Für fassadenintegrierte Solarstromanlagen erhielt der Betreiber laut EEG eine höhere Vergütung. Seit der EEG-Novelle 2009 gibt es diese Regelung aber leider nicht mehr. So werden Fassadenanlagen genauso vergütet wie zum Beispiel Aufdachanlagen.

*Foto: Lang Consulting/ hausderzukunft.at*

### Linksammlung Montagesystem-Anbieter:

[www.altec-solartechnik.de](http://www.altec-solartechnik.de)

[www.alustand.com](http://www.alustand.com)

[www.creotecc.de](http://www.creotecc.de)

[www.etasol-solar-zubehoer.de](http://www.etasol-solar-zubehoer.de)

[www.mounting-systems.de](http://www.mounting-systems.de)

[www.mp-tec.de](http://www.mp-tec.de)

[www.oberhauser-pv.de](http://www.oberhauser-pv.de)

[www.schletter.de/de/solar-montagesysteme-1.html](http://www.schletter.de/de/solar-montagesysteme-1.html)

[www.schweizer-metallbau.ch](http://www.schweizer-metallbau.ch)



## Diebstahlschutz



Photovoltaik wird nicht nur bei Einfamilienhaus-Besitzern immer beliebter, leider auch bei Dieben. Moduldiebstähle häufen sich jetzt in den Boomzeiten des PV-Anlagenbaus. Die Langfinger haben es besonders auf die wertvollen Anlagen auf abgelegenen Gebäudedächern abgesehen und verschwinden meist nachts mit der Diebesbeute auf Nimmerwiedersehen. Sollte Ihre Photovoltaik-Anlage in einer einsamen, schlecht von außen einsehbaren Gegend installiert sein, sollten Sie über eine Diebstahlsicherung nachdenken. Die Polizei hat festgestellt, dass nicht Einzeltäter sondern gut organisierte Diebesbanden die Technik

von Dächern holen. Mithilfe handelsüblicher Werkzeuge gelingt ihnen ein Moduldiebstahl in kürzester Zeit. Die Langfinger transportieren dann ihre Beute schnell auf Kleintransportern ab. Lag die Scheune oder das Wohnhaus in der Nähe einer Autobahn oder Bundesstraße, ist es für die Diebe besonders günstig.



Für den Betreiber einer Solarstromanlage ist ein Diebstahl eine ärgerliche Angelegenheit. Zum einen erhöhen sich Versicherungspolicen, zum anderen könnte es Ärger mit dem EVU geben, wenn das Einspeisen unterbrochen wird. Das Recht ist zwar auf der Seite der Solarstromproduzenten, doch die Lauferei nach einem Modulklau haben Sie. Deshalb sollten Sie einem Diebstahl vorbeugen.

Schutz gegen Diebstahl bieten mechanische Sicherungen der Verschraubungen, die den Tätern das Abmontieren erschweren. Sind die Verschraubungen der Module am Dach besonders gesichert, dann schrecken die Diebe vor dem Arbeits- und Zeitaufwand zurück. Dazu eignen sich beispielsweise mechanisch codierte Schrauben oder Schrauben mit speziellen Innensechskant- oder Vierrundformen (Handelsname Torx). Auch können Sie in die normalen Schraubköpfe Stahlkugeln oder Stahlstopfen einschlagen. Das hat aber den Nachteil, dass das, was die Diebe stört, auch Ihnen zum Verhängnis werden kann. Im Fall einer Reparatur können Sie oder der Handwerker die Anlagenteile nur mit einem Trennschleifer oder Bolzenschneidergerät wieder lösen.

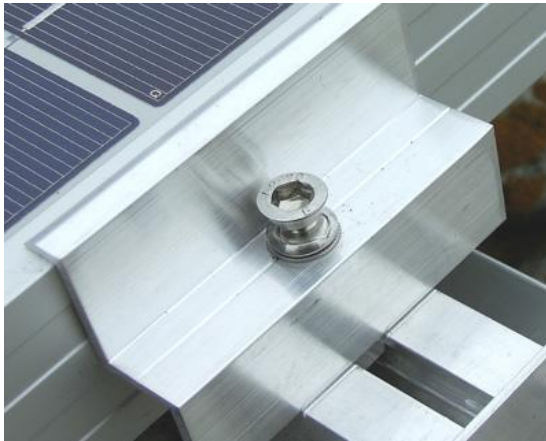


Foto: Frischkorn GmbH & Co. KG

Modulklemmen mit einer diebstahlhemmenden Schraube mit Abreißkopf. Beim Festziehen der Schrauben bricht der Kopf bei Erreichen eines definierten Anziehdrehmomentes weg, sodass der zurückbleibende Schraubenteil keine Angriffsfläche mehr für die gängigen Handwerkzeuge bietet.

Eine weitere Möglichkeit ist das so genannte Reißdrahtsystem. Hierbei werden durch die Modulrahmen dünne Drähte gezogen. Versucht ein Dieb die Solarmodule abzubauen, trennt er dabei den Draht durch und aktiviert dadurch ein Alarmsystem. Sie können ein einsam gelegenes Scheunen-Solardach mit einer Videoüberwachungsanlage schützen. Wenn sie nicht in teure Überwachungstechnik investieren wollen, können Atrappenkameras und einfache Bewegungsmelder zum Abschrecken der Diebe dienen. Auch Wegfahrbarrieren wie schwere Steine vor der Zufahrt können die Ganoven durch den erhöhten Transportaufwand abschrecken.

Notieren Sie sich vor der Montage der Anlage die Seriennummern der Module und Wechselrichter. Damit erleichtern Sie der Polizei im Falle eines Diebstahls das Identifizieren der Diebesbeute. Weil viele Module vom Hersteller nur mit einem Gerätedatenaufkleber versehen sind, können Sie die Module selbst individuell mit einem Code kennzeichnen. In Bayern, wo es wegen der Vielzahl der Photovoltaik-Anlagen auch oft zu Diebstählen kommt, bieten zum Beispiel die Beratungsstellen des Bayerischen Landeskriminalamtes spezielle Codierungen für Solarmodule an.

#### **Unser Tipp: Diebstahlregister online**

**D**amit Bauherren feststellen können, ob ihnen der Anlagenverkäufer ein gestohlenen Solarmodul anbietet, hat der deutsche Solarenergie-Förderverein (SFV) ein vorläufiges Diebstahlregister im Internet eingerichtet. Hier sind gestohlene Solarmodule mit Typbezeichnung, Fabrikationsnummer und Ort des Diebstahls gelistet.

<http://www.sfv.de/lokal/mails/phj/gestohle.htm>

## Elektroinstallation der PV-Anlage



Foto: © Ingo Bartussek - Fotolia.com

Wenn die Module auf das Dach montiert sind, schließt sich in der Montagefolge die Elektroinstallation an. Diese gehört in die Hände eines Fachmanns, sprich in die eines Elektroinstallateurs. Die elektrische Installation, das Anmelden beim Stromnetzbetreiber, der Anschluss der Anlage an das Niederspannungsnetz, die Abnahme und die Inbetriebnahme ist nur einem eingetragenen Elektriker vorbehalten. Mit der Abnahme der Anlage haftet dieser für die Elektroinstallation der gesamten Anlage.

### **Gleichstromleitungen: von den Modulen zum Wechselrichter**

Beim Verlegen der elektrischen Leitungen Ihrer Photovoltaik-Anlage, ist es sehr wichtig, dass der Installateur für den jeweiligen Zweck – außen oder innen, Gleichstrom oder Wechselstrom – die geeigneten Kabel verwendet (Siehe Kapitel 2) Wichtig ist, dass nur doppelt isolierte, UV-beständige Gleichstromkabel mit ausreichendem Querschnitt verwendet werden. Sind die Kabel nicht ausreichend ausgelegt, kommt es zu Verlusten auf der Leitungsstrecke, die Ihren Ertrag schmälern. Bei der Verlegung der Solarkabel im Dachstuhl achten Sie darauf, dass das Plus-leitende Kabel nicht zusammen mit dem Minus-leitenden Kabel verlegt wird.



Foto: Anja Neubert

Ihr erfahrener Installateur wird beim Verlegen der Solarkabel darauf achten, dass die Wege der Kabel so kurz wie möglich sind. Bei Neubauten können Sie viel Aufwand sparen, wenn im Rohbau gleich Leerrohre oder Kabelschächte für die PV-Installation vorgesehen werden. Wenn die Kabel alle befestigt sind, sollte so wenig wie möglich von den Kabeln zu sehen sein. Umso weniger kann sie Wind und Wetter angreifen und gleichzeitig sind die Kabel vor Nagetieren geschützt.

Auch für die Anschlusskontakte der Verkabelung sollte Ihr Elektrohandwerker hochwertige Kontaktbauteile verwenden, die er sorgfältig einbaut. So können Fehler vermieden werden, die erst nach Jahren bemerkt werden, aber dann schwer in der Anlage zu finden sind.

### Unser Tipp: Schornstein zum Kabelverlegen nutzen

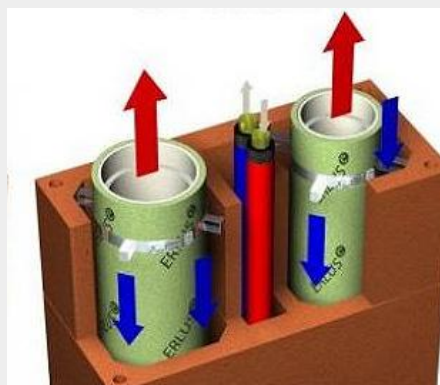


Foto: Erlus AG

Für das Verlegen der beiden, zu einer Gleichstromhauptleitung zusammengefassten Kabel, die von den Modulen kommen, kann auch ein stillgelegter Schornsteinzug oder bei Neubauten ein spezieller Schornstein mit einem Kabelkanal für die Solarkabel genutzt werden. In jedem Fall sollten Sie dann aber mit dem zuständigen Bezirksschornsteinfegermeister sprechen. Andernfalls erfolgt das Leitungsziehen in handelsüblichen Kabelkanälen. Hierzu sind Bohr- bzw. kleinere Stemmarbeiten notwendig.

## „Gleichstrom-Sicherungen“ der Solarstromanlage

Anders als die normale Elektroinstallation im Haus mit Wechselstrom stellt die Absicherung von Photovoltaik-Anlagen besondere Anforderungen an die zu wählende Sicherung. Denn für Gleichstrom-Anlagen sind Fehlerströme typisch, die nur wenig über dem Betriebsstrom liegen. Ihr Anlagenmonteur muss deshalb bei allen eingebauten Schaltelementen abklären, ob sie für Gleichstrom und für die anliegende Betriebsspannung geeignet sind. Drehsicherungen sind zum Beispiel ungeeignet, weil sie eine Brandgefahr hervorrufen könnten. Um die Schalter klein zu halten und spätere Servicearbeiten zu vereinfachen, ist es sinnvoll, die Solargeneratorstränge einzeln mit Trennschaltern abzusichern. Oberstes Gebot ist: Wechselstromdaten sind keine Gleichstromdaten! Einfaches umrechnen funktioniert nicht. Der Installateur muss sie durch Prüfungen ermitteln und bei den Herstellern erfragen.

## Anlage an den Potenzialausgleich anschließen

Der Potenzialausgleich für alle berührbaren metallischen Teile einer elektrischen Anlage ist nach DIN VDE 0100 Teil 712 vorgeschrieben. Das trifft nicht nur den Einbau Ihrer Badewanne zu, auch die Montagegestelle, die Modulrahmen und die Gehäuse der Wechselrichter müssen an eine Potenzialausgleichsschiene angeschlossen werden. Man spricht umgangssprachlich vom Erden der Anlage. Dadurch sind Sie vor Unfällen durch Stromspannung geschützt.

## Montage Generatoranschlusskasten

Sollte Ihr Solaranlage auf dem Dach aus mehreren Strängen (Strings) bestehen, zum Beispiel bei teilweiser Verschattung, dann werden diese Stränge vor dem Wechselrichter im Generatoranschlusskasten (GAK) zusammengeführt und mit den Gleichstromhauptleitungen verbunden. Der GAK sollte sich in der Nähe der montierten Module an einem leicht zugänglichen Ort befinden. Bei kleineren Anlagen übernimmt der Wechselrichter die Funktion des GAK.

## Gleichstromhauptschalter

Der Gleichstromhauptschalter, auch DC-Lasttrennschalter genannt, ist vorgeschrieben. Mit ihm kann der Installateur für Reparaturen und bei einer Wartung den Wechselrichter und die übrigen Wechselstromkomponenten vom Dach-Generator trennen. Der Schalter wird daher unmittelbar vor dem Wechselrichter eingebaut. Der Gleichstromhauptschalter kann auch im Wechselrichter integriert sein.

## Montage des Wechselrichters

Moderne Wechselrichter arbeiten flüsterleise. Trotzdem sollten sie nicht in Wohnräumen installiert werden. Damit die Geräte mit optimalen Wirkungsgraden Sonnen-Gleichstrom in Haushalt-Wechselstrom umwandeln, brauchen sie eine kühle Arbeitsumgebung. Deshalb sind unbeheizte Neben- oder Kellerräume als auch schattige Außenorte besser als Installationsort geeignet. Der Wechselrichter sollte so nah wie möglich am Einspeiseort hängen, um die Leitungsverluste klein zu halten. Der Platz, an dem Ihr Monteur den Wechselrichter einbaut, sollte für Wartungs- und Kontrollzwecke jederzeit gut erreichbar sein. Beachten Sie, dass Sie die elektronische Anzeige gut einsehen können. Sollte kein anderer Platz für den Wechselrichter als der Dachboden gefunden werden, müssen Sie das Aufheizen der Dachräume – je nachdem wie das Dach gedämmt ist – berücksichtigen. Für heiße Dachräume sind aber Wechselrichter mit eingebauter Ventilator Kühlung erhältlich.

## Netzüberwachung im Wechselrichter

Weil Ihre Photovoltaik-Anlage sofort Strom produziert, sobald Licht auf den Solargenerator fällt, muss sie für Service- und Wartungsarbeiten vom Stromnetz entkoppelt werden können. Sonst würde sie zur Gefahr für das Servicepersonal. Aus diesem Grund wird die Anlage automatisch vom Stromnetz entkoppelt, sobald dieses abgeschaltet wird oder definierte Mindestspannungen unterschreitet. Eine Netzüberwachungseinrichtung im Wechselrichter kontrolliert ständig, ob das Stromnetz funktioniert. Es gibt zwei gängige Systeme zur Netzüberwachung, die ENS und die dreiphasige Spannungsüberwachung. Die ENS ist eine **E**inrichtung zur **N**etzüberwachung mit einem jeweils zugeordneten allpoligen **S**chaltorgan in Reihe. Es ist eine Sicherheitseinrichtung für Anlagen bis 30 kWp. Entsteht beim Abtrennen eines Teilnetzes ein ungewolltes Inselnetz, erkennt die ENS dieses und trennt den Erzeuger vom Netz. Eine Photovoltaik-Anlage darf nur in ein einwandfrei funktionierendes öffentliches Stromnetz einspeisen. Ist das Netz defekt oder es gibt einen Stromausfall, muss der Wechselrichter automatisch abschalten. Liegt die Netzspannung wieder an, geht der Wechselrichter von selbst wieder in Betrieb.

## Installation des Einspeisezählers

Für das Einspeisen Ihres Sonnenstroms benötigen Sie einen Einspeisezähler, der in Ihren Hausanschlusskasten eingebaut wird. Bietet der vorhandene Schrank zu wenig Platz, tauscht Ihr Monteur ihn gegen ein größeres Modell. Üblicherweise findet der Einspeisezähler neben Ihrem vorhandenen Verbrauchszähler seinen Platz. Installiert wird der Zähler, der den Sonnenstrom zählt, nur von Ihrem Stromnetzbetreiber (EVU) oder einem Installateur, der im Besitz eines entsprechenden Befähigungsnachweises ist.

## Prüfung und Inbetriebnahme

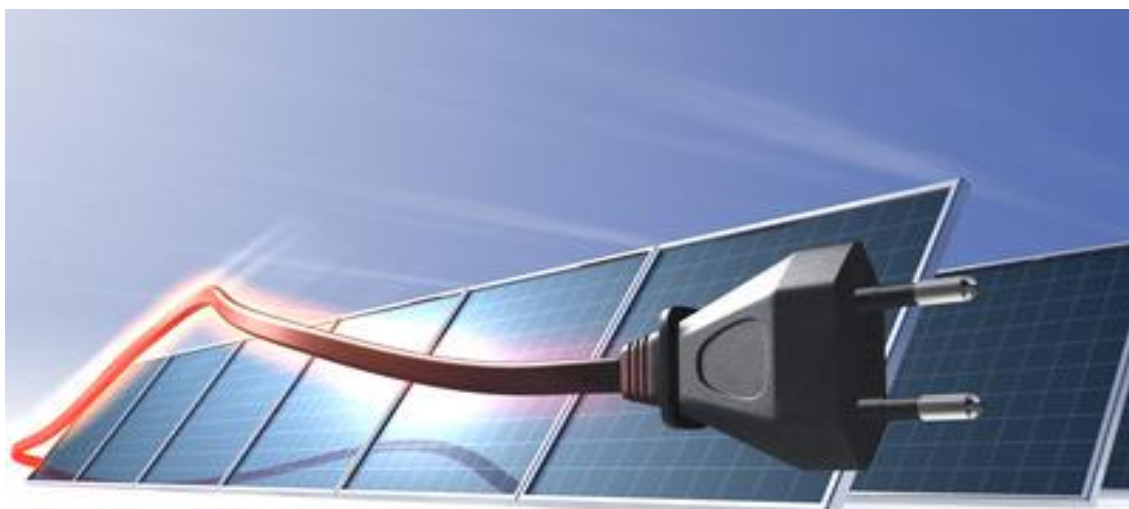


Foto: © Jörg Vollmer - Fotolia.com

Ist der Einspeisezähler montiert und alle anderen Anlagenteile an Ort und Stelle montiert, kann die Photovoltaik-Anlage in Betrieb gehen. Zur offiziellen Inbetriebnahme gehört das Anschalten der Anlage, das Prüfen und Kontrollieren aller Komponenten vom Installateur sowie die Abnahme der Anlage durch den Versorgungsbetreiber (EVU). Die Inbetriebnahme darf nur eine Elektrofachkraft durchführen. Die Abnahme erfolgt im Beisein eines Mitarbeiters Ihres Stromnetzbetreibers. Er sieht sich Ihre neue PV-Anlage an und vergleicht den Aufbau mit den beim EVU eingereichten Planungsunterlagen (siehe Kapitel 3).

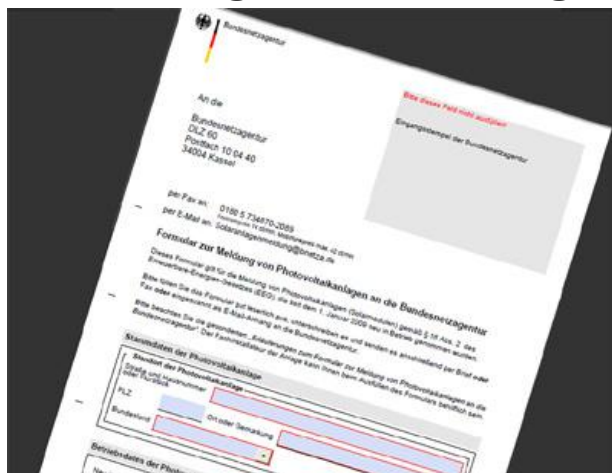
Bei der Funktionsprüfung Ihrer Anlage werden alle elektrischen Schutzeinrichtungen getestet. Der neu eingebaute Einspeisezähler wird ebenfalls einer Anlaufprüfung unterzogen. Die Ergebnisse des Anlagen-Checks müssen Sie oder der Installateur in einem sogenannten „Inbetriebsetzungsprotokoll für Eigenerzeugungsanlagen“ festhalten. Im Protokoll sollen alle Anlagendaten, Ausstattungsmerkmale und technische Daten festgehalten sein. Die Prüfung der ordnungsgemäßen Funktion Ihrer Solarstromanlage muss dokumentiert sein. Das bedeutet, dass alle Messungen der elektrischen Daten der Anlage, alle Zählerstände und das Prüfen der Netzabschaltung darin dokumentiert sind. Das Inbetriebnahmeprotokoll ist für spätere Reparatur- oder Wartungsarbeiten äußerst hilfreich. Das Protokoll wird am Ende der Abnahme von Ihnen als Anlagenbetreiber, vom Mitarbeiter des Netzbetreibers und vom Installateur unterschrieben – Letzterer bestätigt mit seiner Unterschrift, dass die PV-Anlage entsprechend der VDEW-Richtlinie "Parallelbetrieb von Eigenerzeugungsanlagen mit dem Niederspannungsnetz" ausgeführt wurde.

**Unser Tipp: Einweisung durch Ihren Elektrohandwerker nicht vergessen**



**Z**ur Inbetriebnahme gehört nicht nur, das Prüfen und Dokumentieren Ihres Sonnenkraftwerks, sondern auch eine ausführliche Einweisung. Der von Ihnen beauftragte Installateur muss Ihnen die Solaranlage erklären. Dafür lassen Sie sich von ihm das Ein- und Ausschalten zeigen ebenso wie Sie Ihre Anlage über die Anzeige am Wechselrichter kontrollieren können.

## Anmeldung Bundesnetzagentur



Als Anlagenbetreiber müssen Sie den Standort und die Leistung Ihrer Sonnenstrom-Anlage der Bundesnetzagentur melden. Diese Pflicht schreibt das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) im § 16 Abs. 2 S. 2 vor. Versäumen Sie die Anmeldung, bräuchte Ihnen Ihr lokaler Stromnetzbetreiber den eingespeisten Sonnenstrom nicht vergüten. Falls sie Ihren Sonnenstrom komplett selbst verbrauchen, wie es bei Inselanlagen üblich ist,

brauchen Sie die Anlage nicht anmelden. Melden Sie Ihre Anlage spätestens mit der Inbetriebnahme an. Sie können auch schon ein paar Tage eher melden, aber nur wenn Sie sicher den Inbetriebnahme-Termin kennen. Für die Anmeldung müssen Sie das Meldeportal der Bundesnetzagentur verwenden.



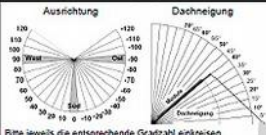

PV-Meldeportal bei der Bundesnetzagentur:  
<https://app.bundesnetzagentur.de/pv-meldeportal/>

## Dokumentation des Sonnenkraftwerks

Am besten sie heften alle relevanten Unterlagen in einen eigenen Aktenordner, den sie griffbereit haben, wenn eine Wartung oder eine Reparatur nötig ist. In den Aktenordner gehören folgende Unterlagen:

- ◆ Datenblätter der Module sowie Wechselrichter, Testzertifikate, Bescheinigungen der Hersteller
- ◆ das von Ihnen unterschriebene Angebot/Auftrag des Solar-Handwerkers
- ◆ Garantien der Hersteller für Module und Wechselrichter
- ◆ Montageanleitungen z. B. vom Montagesystem
- ◆ Betriebsanleitungen Wechselrichter
- ◆ Inbetriebnahmeprotokoll mit Schaltplänen und Kabelverlegeplänen
- ◆ Versicherungen Ihrer PV-Anlage
- ◆ Datenblatt mit Betriebsdaten, die Sie regelmäßig am Zähler ablesen
- ◆ Jahresabrechnung des Stromversorgers über die Vergütung
- ◆ Unterlagen vom Finanzamt zur Mehrwertrückerstattung
- ◆ Anmeldung bei der Bundesnetzagentur
- ◆ sonstiger Schriftwechsel

Unser Tipp: Fragen Sie nach einem Photovoltaik-Anlagenpass

 Photovoltaik-Anlagenpass Nr. _____		
<b>PHOTOVOLTAIKANLAGE</b>		
Installierte Anlagenleistung Nennleistung aller Module: _____ kWp Leistungstoleranz der Module: _____ %		Käufer der Anlage / Auftraggeber (Vorname, Name oder Firma) _____ Straße, Hausnummer _____ PLZ, Ort _____
Ausrichtung und Dachneigung  Bitte jeweils die entsprechende Gradzahl einzeichnen		Anlagenstandort Gebäude-/Grundstückseigentümer (Vorname, Name oder Firma) _____ Straße, Hausnummer _____ PLZ, Ort _____
Anlagenfoto/-beschreibung Foto oder Anlagenbeschreibung (Gebäudeart, Schrägdach / Flachdach, zusammenhängende oder mehrere Teilanlagen, aufdach / integriert, ...)		Inbetriebnahme, Einspeise-Stromzähler Tag der Inbetriebnahme: _____ Einspeise-Stromzähler Reg-Nr.: _____ Zählerstand bei Übergabe: _____ kWh Eigenstromverbrauch gemäß EEG <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Inbetriebnahmedatum: _____ Messeinrichtung PV, Zähler Nr.: _____ Zählerstand bei Übergabe: _____ Bei Eigenverbrauch gemäß § 33 (2) EEG 2009 zusätzlich: Messeinrichtung für Überschuss, Zähler Nr.: _____ Zählerstand bei Übergabe: _____ Prognostizierter Anlagenenergieertrag Erwarteter Stromertrag: _____ kWh/Jahr <sup>20</sup> <input type="checkbox"/> Es wurde keine Prognose erstellt
<b>AUSSTELLER ANLAGENPASS/INSTALLATEUR</b>		
Dieser Anlagenpass wurde ausgestellt von: Firma _____ Bearbeiter (Vorname, Name) _____ Straße, Hausnummer _____ PLZ, Ort _____		Mit dem Siegel wird bestätigt, dass der Betrieb registriert und daher im Handwerkerverzeichnis der Internetseite <a href="http://www.photovoltaik-anlagenpass.de">www.photovoltaik-anlagenpass.de</a> gelistet ist.  Firmenstempel _____

Quelle: BSW Solar/ photovoltaik-anlagenpass.de

Eine Hilfe beim Zusammenstellen Ihrer Unterlagen über Ihre Solarstrom-Anlage ist der PV-Anlagenpass. Er wurde vom Interessenverband der Solarindustrie BSW-Solar zusammen mit dem Elektro-Handwerk (ZVEH) erarbeitet. Der Anlagenpass ist ein vorgefertigtes, mehrseitiges Formular. In ihm trägt der Solar-Handwerker ein, welche Informationen und Dokumente bei der Übergabe Ihrer Photovoltaik-Anlage vorliegen und welche Richtlinien in der Planung und Installation der Anlage beachtet werden sollten. Er enthält auch ein Vorlage-Protokoll der Abnahmemessung.

Mit dem Pass bestätigt Ihnen Ihr Anlagen-Installateur, dass er nach den Regeln der Technik gearbeitet hat und Ihnen ein qualitativ hochwertiges Produkt übergibt. Der Pass ist nur eine Dokumentation der Handwerkerleistung, aber kein Qualitätszertifikat mit unabhängiger Prüfung. Garantien für Ihre Anlage kann Ihnen nur Ihr Handwerker und die Hersteller der Module oder Wechselrichter erteilen. Einige Solarversicherungen bieten bei der Vorlage des Photovoltaik-Anlagenpasses eine günstigere Versicherungsprämie an. Der ZVEH und BSW-Solar haben zu den Frühjahrsmessen 2010 eine elektronisch ausfüllbare Version des Anlagenpasses vorgestellt. Mehr Informationen und Handwerker, die den Pass schon ausstellen finden Sie im Internet unter: [www.photovoltaik-anlagenpass.de](http://www.photovoltaik-anlagenpass.de)



## Solaranlagen-Betrieb: Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser



Foto: BSW Solar

**W**enn Ihre Photovoltaik-Anlage läuft und Strom erzeugt, dann sollten sie Ihr Kraftwerk bei der Arbeit kontrollieren. Denn würde die Anlage unbemerkt für einige Tage oder sogar Wochen außer Betrieb gehen, dann verlieren Sie jeden Tag bares Geld aus Ihrer Einspeisevergütung. Je größer Ihre Photovoltaik-Anlage ist, desto größer ist auch das finanzielle Risiko unwiederbringlicher Ertragsausfälle. Deshalb ist eine regelmäßige und sorgfältige Überwachung der Anlage notwendig, um frühzeitig Anlagenfehler und mögliche Defekte zu erkennen. Für das Überwachen und Kontrollieren Ihrer Solarstrom-Anlage gibt es mehrere Möglichkeiten: Entweder überwachen Sie Ihre Anlage selbst oder Sie vertrauen auf moderne Technik.

### Manuelle Anlagenüberwachung

Die einfachste und preiswerteste Überwachung Ihrer Solarstrom-Anlage, ist das regelmäßige Ablesen und Notieren der Zählerstände Ihres Einspeisezählers mit Zettel und Bleistift. Das Erfassen können Sie wöchentlich oder monatlich durchführen. Je öfter, umso mehr sind Sie auf der sicheren Seite. Sie können die abgelesenen Ertragsdaten handschriftlich in eine Tabelle eintragen. Eine andere Möglichkeit ist das Eintragen am PC in eine Tabellen-Software wie zum Beispiel Excel. Im Internet finden Sie in verschiedenen Photovoltaik-Foren gute Excel-Vorlagen für spezielle Ertragstabellen, die Solarfreunde zum kostenfreien Download anbieten. Der Austausch mit anderen privaten Anlagenbesitzern ist wichtig. Er hilft Ihnen herauszufinden, ob Ihre Anlage optimal Strom erzeugt. Mittlerweile gibt es eine große virtuelle Solarstrom-Fangemeinde, die sich in verschiedenen Photovoltaik-Foren online trifft, wie zum Beispiel das Forum Solaranlagen-Portal.de. Hier können Sie sich mit anderen Anlagenbetreibern aus Ihrer Region über die Erträge auszutauschen. Beispiele für bundesweite Initiativen, die kostenfreie Ertragsvergleiche im Internet anbieten, sind die Internetsei-

ten des Solarfördervereins Aachen e. V. ([www.pv-ertraege.de](http://www.pv-ertraege.de)) oder die internationale Datenbank [www.sonnenertrag.eu](http://www.sonnenertrag.eu).

## Überwachen mit Datenlogger



Wechselrichter Sunny Boy 3000TL mit eingebautem Datenlogger: Das Display zeigt die Tageswerte der Solaranlage auch nach Sonnenuntergang an. Die Anlagenkommunikation erfolgt kabellos über Bluetooth.  
Foto: SMA Solar Technology AG



Beim „Personal Display“ erfolgt die Übertragung der Anlagendaten vom Wechselrichter über Funk zu einem mobilen Display, das in der Wohnung an beliebiger Stelle an die Wand montiert wird.  
Foto: Fronius Deutschland

Komfortabler als selbstgeführte Listen, aber auch teurer sind sogenannte Datenlogger. Das sind elektronische Datenspeicher, die permanent und automatisch die Erträge und andere Leistungswerte der Anlage überwachen. Viele Wechselrichter haben heute einen Datenlogger serienmäßig im Gerät. Sie sind aber auch separat erhältlich. Die Solar-Datenlogger überwachen und protokollieren die Leistung, die jeder einzelne Wechselrichter ins Stromnetz einspeist. Aus den Messwerten erstellt der Datenlogger einen Tagesbericht über den Ertrag Ihrer Solarstromanlage. Aus den Protokolldaten kann er zusätzlich eine Monats- oder Jahresauswertung generieren. Bei Unregelmäßigkeiten sendet der Datenlogger ein Signal, um den Anlagen-Betreiber darüber zu informieren. Je nach Datenschnittstelle kann der Datenlogger per Kabel oder kabellos (z. B. per Bluetooth) die Anlagendaten per SMS auf Ihr Handy, auf Ihren PC oder auf ein Internetportal senden. Weitere Möglichkeiten sind kleine Anzeigendisplays, die Funkweckern gleichen, die als Tischgerät oder als Wandgerät die Anlagendaten anzeigen. Bei größeren Anlagen können die Anlagendaten auf ein Großdisplay, für jedermann sichtbar übertragen werden.



Foto: SMA Solar Technology AG

Einige Wechselrichter-Hersteller bieten kostenlose Internetportale, auf denen sämtliche Daten der Solaranlage analysiert, präsentiert und visualisiert werden können. Datenlogger übertragen regelmäßig die Anlagendaten an das Portal. Die Informationsseiten lassen sich frei konfigurieren, auch der automatische Versand von Berichten oder Mitteilungen per E-Mail sind möglich.

## Manuell oder per Datenlogger die Anlage überwachen?

Bei kleinen Solaranlagen bis 5 kWp Leistung sollten Sie die Anschaffung einer komfortablen Anlagenüberwachung mit Webanschluss, die um die 500 Euro kostet, im Sinne der Rentabilität genau überlegen. Bei kleiner Anlagenleistung schlägt ein mehrtägiger Ausfall der Solaranlage finanziell nicht so zu Buche. Bei größeren Anlagen ab 10 kWp lohnt sich die Anschaffung bestimmt mehr.

## Was müssen Sie vor der Anschaffung eines Datenloggers beachten?

Wenn Sie Ihre Anlagendaten im Netz speichern wollen – einige Wechselrichter- und Datenlogger-Anbieter stellen Ihnen spezielle Internet-Portale dafür zur Verfügung – dann sollten Sie einen DSL-Anschluss, wenn möglich mit Flatrate, besitzen.

## Die Pflege ihrer Solarstromanlage: Wartung und Reinigung



Wartung eines Wechselrichters, Foto: G.A.I.A. GmbH

Wie Ihr Auto oder Ihre Heizungsanlage braucht auch Ihre Solarstromanlage eine regelmäßige Wartung. Schließlich soll sie mehr als 20 Jahre lang Solarstrom mit hohen Erträgen ins Netz speisen. Gegenüber dem Heizkessel ist der Wartungsaufwand aber gering. PV-Anlagen arbeiten in der Regel über mehrere Jahre fehlerfrei. Wenn Sie als Betreiber mit Sicht- und Ertragskontrolle – wie im vorherigen Abschnitt beschrieben – Ihre Anlage beobachten und kontrollieren, ist ein großer Teil der Wartung schon erledigt. Zusätzlich empfehlen Experten eine jährliche Wartung durch einen Fachhandwerker. Dieser kontrolliert z. B. auch das Montagesystem und die Elektroinstallation. Viele Hersteller der Solarmodule und Wechselrichter geben nur eine Garantie, wenn die Solaranlage regelmäßig von einem Profi gewartet wird.

Wenn Ihr Installateur Ihnen nach dem Einbau der Anlage einen Wartungsvertrag anbietet, sollten Sie darauf eingehen. Achten Sie auf die vereinbarten Wartungsfristen und dass Sie jederzeit den Wartungsvertrag kündigen können, wenn Sie mit dem Preis-Leistungs-Verhältnis nicht zufrieden sind. Der günstigste Zeitpunkt für die jährliche Wartung sind die ertragsstarken Monate Mai und Juni.

## Was passiert bei einer Wartung?

Der Handwerker prüft die Funktion des Wechselrichters und die Sicherheitseinrichtungen. Er misst den Stromfluss in den einzelnen Modulsträngen, falls vorher die ermittelten Sonnenerträge zu niedrig ausfielen. Er nimmt auf dem Dach eine Sichtprüfung des Solargenerators und der sichtbar verlegten Leitungen vor. Dabei prüft die Wartungsfirma, ob alle Verbindungen des Montagesystems noch fest sitzen und ob die Solarkabel unbeschädigt sind.

Zudem untersucht der Wartungsfachmann Ihre Anlage auf Glasbruch oder Bruchschäden an der Dachdeckung. Diese entstehen oft an Stellen, an denen die Dachhaken auf dem Dach aufliegen und für den Laien schwer einsehbar sind. Außerdem wird eine Überprüfung der elektrischen Bauteile, des Blitzschutzes der Photovoltaik-Anlage und des Netzanschlusses durchgeführt.

### Unser Tipp: Alle drei Jahre nachmessen lassen

**W**echselrichter ohne eingebautes ENS mit dreiphasiger Spannungsüberwachung müssen alle drei Jahre von einer Elektro-Fachkraft überprüft werden. Diese Prüfung muss der Handwerker schriftlich protokollieren. Bei dieser Gelegenheit sollten Sie den Monteur die Messungen aus dem Inbetriebnahme-Protokoll wiederholen lassen.

## Hilfe bei häufigen Photovoltaik-Anlagenstörungen

Im Normalfall dürfte Ihre Solaranlage problemlos arbeiten. Trotzdem kann es bei Solaranlagen, wie bei jeder anderen Technik auch, zu Betriebsausfällen kommen. Schatten, Schmutz oder Montagefehler können zur Ertragsminderung führen. Bei vielen Problemen können Sie selbst Abhilfe schaffen. Bei größeren Ausfällen behebt der Fachbetrieb die Störung.

### 1. Störung des Wechselrichters

Der Ausfall oder eine Störung des Wechselrichters ist eine häufige Fehlerquelle bei einer Photovoltaik-Anlage. Dieses Gerät reagiert sensibel auf Hitze, Staub oder Feuchtigkeit ebenso wie auf Spannungs- oder Stromschwankungen aus dem eigenen Haushalt oder anderen Störungsquellen wie zum Beispiel nahe gelegene Starkstromanlagen. Liegt eine Störung vor, dann zeigt das Display des Wechselrichters einen Fehlercode an. Welche Störung sich hinter dem Code verbirgt, verrät die Bedienungsanleitung. Sollten häufig Abschaltungen protokolliert werden, sollten Sie einen Installateur hinzuziehen. Experten empfehlen, von Zeit zu Zeit den Betriebsbeginn der Anlage morgens zu prüfen. Beginnt die Netzeinspeisung erst eine Stunde nach Sonnenaufgang, dann könnte der Wechselrichter falsch ausgelegt oder falsch eingestellt sein.

### 2. Ausfall/Teilausfall der Photovoltaik-Anlage

Einen Totalausfall Ihrer Anlage erkennen Sie daran, dass der Wechselrichter bei Sonnenschein außer Betrieb ist. Entweder ist dann Ihre Anlage gestört oder es gab im öffentlichen Stromnetz einen Stromausfall. Denn auch bei diesem ärgerlichen Ereignis geht Ihr Wechselrichter sofort auf Störung und unterbricht das Einspeisen. Alles, was mit der Elektroinstallation Ihrer Anlage zu tun hat, überlassen sie dem Fachhandwerker, der das Problem für Sie löst.

Wesentlich schwerer vom Laien zu bemerken, sind Teilausfälle von einzelnen Generatorsträngen bzw. einzelnen Modulen, da der Wechselrichter trotzdem arbeitet. Diesem Fehler kommen Sie nur mit dem Vergleichen der Ertragsdaten mit Prognose-Erträgen bzw. von anderen PV-Anlagen in Ihrer Nähe auf die Spur.

### 3. Vermeiden von Hotspots

Hotspots (aus dem engl. „heiße Punkte“) sind in diesem Fall keine drahtlosen Internetverbindungen, sondern die Bereiche einer Solarzelle, die in der Reihenschaltung eines Moduls, bei teilweiser Verschattung auf dem Dach entstehen können. Die verschatteten Zellen wirken als Widerstand und erwärmen sich so sehr, dass sie beschädigt werden. Ein bräunlicher Fleck auf dem Modul zeigt den Hotspot an. Vermieden wird diese Beschädigung des Moduls, dass Sie darauf achten, dass keine nachwachsenden Äste oder die neu gebaute Antenne Ihres Nachbarn einen Schatten auf Ihre Solaranlage werfen.

### 4. Glasbruch der Module

Trotz Sicherheitsglas ist ein Glasbruch bei den Solarmodulen nicht völlig ausgeschlossen. Bei eindringender Feuchtigkeit verfärben sich die Module vor allem im Randbereich. Glasbruch bei den Modulen kann durch Verspannen der Module ausgelöst werden, wenn bei der Montage gefuscht wurde. Meist tritt dieser Fehler im zweiten Lebensjahr einer Solaranlage auf. Eine Kreuzschienenmontage hilft bei großer Modulfläche, diesem Phänomen vorzubeugen.

## Reinigung von Solarstrom-Anlagen

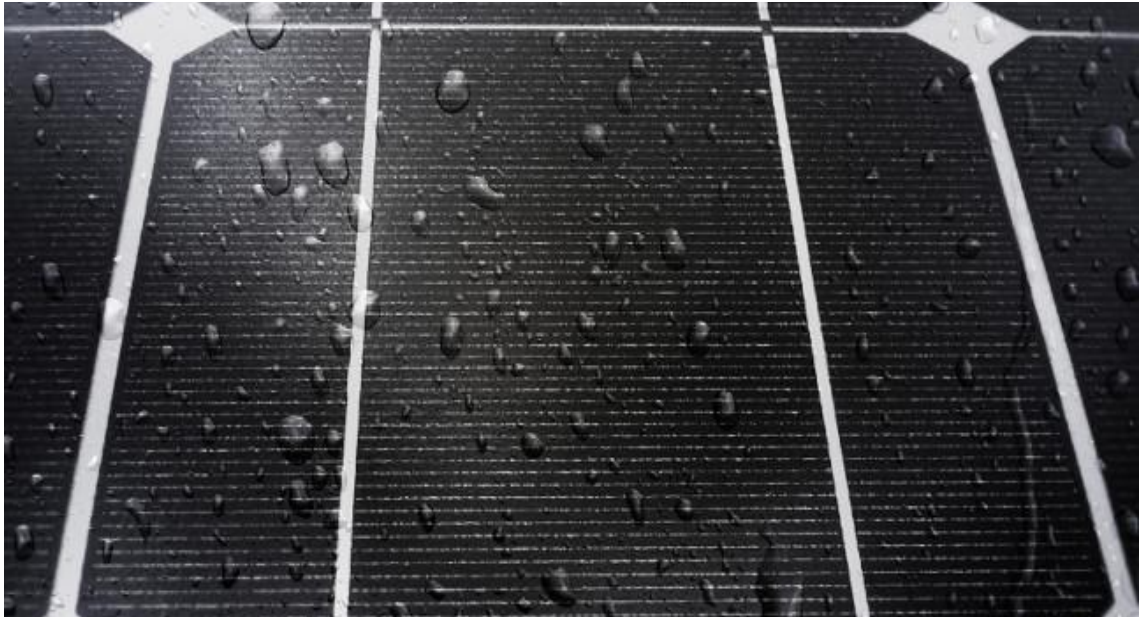


Foto: Sunny Clean

Staub auf den Solarmodulen auf einem Einfamilienhaus spült normalerweise der Regen vom Dach. Problematischer sind festhaftende Verschmutzung wie Vogelkot oder festgeklebtes Laub. Durch die dadurch ausgelöste Verschattung könnten die gefürchteten Hotspots entstehen. Deshalb sollten solche Verunreinigungen möglichst schnell entfernt werden. Das professionelle Reinigen der Photovoltaik-Anlage sollte möglichst immer ein Fachmann übernehmen, weil Dacharbeiten für Laien gefährlich

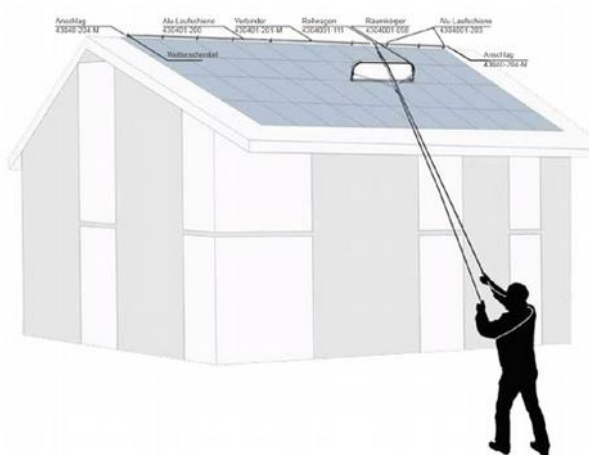
sind. Auch bei besonders flach geneigten Dächern unter 10 Grad Neigung sollten die Module sorgfältig mit einem Wasserschlauch gespült werden. Für größere Modulflächen wie auf Scheunen, die in der Umgebung eines landwirtschaftlichen Betriebes auch schneller verschmutzen können, gibt es professionelle und automatische Reinigungssysteme. Die Investition in so ein System lohnt sich nur für Großanlagen. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass die mechanischen Bürsten nicht die Oberfläche der Module zerkratzen.





## Module schneefrei räumen

In den letzten Wintern gab es nicht nur in den Bergregionen Deutschlands viel Schnee, was die Frage bei Solaranlagenbesitzern aufwirft, ob der Schneebeleg auf den Modulen zu Ertragsseinbußen führt. Zum Glück fallen die Schneeflocken in den ertragsschwachen Monaten auf das Dach und der Schnee rutscht bei Sonnenstrahlung schnell vom Dach. Länger liegen bleibt die weiße Pracht nur auf sehr flach geneigten Modulen. Würde Ihre Einfamilienhaus-Anlage in den Wintermonaten von Dezember bis Januar eingeschneit bleiben, was im Flachland relativ unwahrscheinlich ist, würden sich der Ertrag nur um 10 % mindern. Einige Firmen bieten Schneeberäumungstechnik für PV-Dächer an bzw. bieten den Service einer professionellen Dachräumung. Das lohnt sich aber nur für Großanlagen, bei denen sich Ertragsverluste schneller summieren.



Grafik: Schletter Solar Montagesysteme

In schneereichen Regionen können durch regelmäßiges Abräumen der Module Ertragsseinbußen und die Überlastung des Montagegestelles vermieden werden. Hilfestellung dabei kann ein mit installiertes Snow-Away-System geben. Über der obersten Modulreihe wird eine Alu-Führungsschiene über die gesamte Dachlänge eingebaut. Über ein Seilsystem führt eine Wartungsperson am Boden den Schneeschieber übers Solardach..

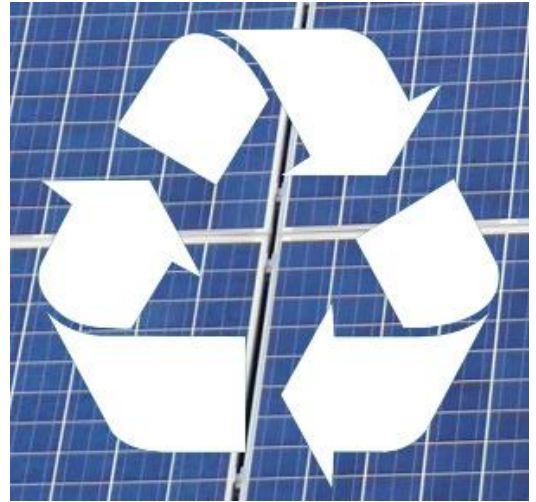
### Unser Tipp: Extreme Winter und Schneelast

**S**ollte in einem Winter extrem viel Schnee auf dem Dach liegen bleiben, kann nicht nur das Verschatten Probleme bereiten, auch die zulässige NormSchneelast für die Statik Ihres Montagesystems könnte überschritten werden. Dokumentieren Sie extremen Schneefall auf den Modulen,

falls sie eventuelle Schäden an der Anlage reklamieren wollen. Messen Sie die Schneehöhe auf den Modulen und fotografieren Sie, am besten die Schneesicht zusammen mit einem Zollstock, um die Extrembedingungen beweisen zu können. Wird die zulässige Schneelast nicht überschritten und es kommt trotzdem zu Schäden, muss der ausführende Betrieb dafür aufkommen bzw. nachbessern.

## Zum Schluss: Modulrecycling

Mit Ihrer eigenen Solaranlage können Sie sorgenfrei in Zukunft blicken. In den geschätzten 25 Jahren Lebensdauer haben Sie ordentlich Gewinn durch die Einspeiservergütung nach dem EEG gemacht. Sie können jederzeit Ihre Solaranlage, die nur einspeist auch zum Eigenverbrauch umrüsten lassen, wenn die Strompreise aus Atom- und Kohlestrom nicht mehr erschwinglich sind. Auch um das umweltfreundliche Verschrotten Ihrer alten Module brauchen Sie sich keine Sorgen zu machen, wenn die PV-Anlage in die Rente geschickt wird. 85 % der heutigen Modulhersteller in Europa haben sich freiwillig verpflichtet, PV-Abfälle kostenfrei zurückzunehmen und zu entsorgen. Durch automatisierte Recycling-Prozesse lassen sich über 95% des PV-Schrotts für neue PV-Technik verwenden.



Fotos: Solarworld

## Kapitel 5 – Rentabilität und Wirtschaftlichkeit

### Lohnt sich eine Solaranlage?



© reinobjektiv - Fotolia.com

Ökostrom zu produzieren ist für viele Photovoltaik-Anlagenbetreiber eine Herzensangelegenheit. Umweltschutz und Rentabilität stehen im Mittelpunkt einer Kaufentscheidung. Da Umweltschutz auch ein Ziel der Politik ist, fördert der Staat die Produktion von Strom mit erneuerbaren Energien und vergütet den produzierten Sonnen-Ökostrom mit festen Entgelten. Die Investition in eine Photovoltaik-Anlage ist daher auch eine Geldanlage. In der Planungsphase sollten Sie genau prüfen bzw. vom Anbieter prüfen lassen, ob Ihre Anlage auch für Sie rentabel ist. Trotz der sinkenden Vergütungen lohnt sich in den meisten Fällen ein Solarkraftwerk auf dem Dach. Denn durch die fallenden Vergütungssätze sind auch die Anlagenpreise gesunken. Darüber hinaus ist der Strompreis seit 2012 höher als die gezahlte Vergütung für Sonnenstrom. Daher lohnt macht der Eigenverbrauch des Sonnenstroms eine PV-Anlage besonders rentabel. Einige Solarstrom-Anlagen werden über einen Kredit finanziert (siehe Kapitel 3). Die Geldinstitute prüfen vor Kreditvergabe ebenfalls die Rentabilität Ihrer Anlage. Eine umfassende Ertrags- und Liquiditätsplanung muss durchgeführt werden, damit die Rückzahlung des Darlehens im Voraus abgesichert ist. Eine übersichtliche und gut strukturierte Planung dient zum einen der eigenen Sicherheit, zum anderen hilft sie bei Finanzierungsgesprächen mit der Bank. Stellen Sie sich ihre Solaranlage als Wirtschaftsunternehmen vor, von dem Sie die Bank überzeugen müssen.

#### **Rentabilitätsfaktoren einer Solarstrom-Anlage**

Für die Analyse der Rentabilität der PV-Anlage müssen Sie alle kosten- und ertragsbeeinflussenden Faktoren berücksichtigen. Bei der Frage, welche Erträge die Anlage abwerfen wird, geht es zunächst darum, wie viele Kilowattstunden (kWh) pro Kilowatt installierter Leistung produziert werden können. Der Standort ist wichtig: ideal ist eine nach Süden ausgerichtete Fläche mit einer Neigung

von 28°. Aber auch Flächen mit anderen Eigenschaften können sehr gute Erträge bringen. Da die optimalen Bedingungen für den Standort selten erfüllt werden können, müssen alle Faktoren beachtet werden, die sich auf die Erträge der Anlage auswirken.

### **Voraussetzungen für eine rentable Anlage sind:**

- ◆ gute Ausrichtung / Neigung der Module
- ◆ Verschattungsfreiheit
- ◆ moderne Anlage nach Stand der Technik
- ◆ fehlerfreier Betrieb

Wie viel Strom die Anlage tatsächlich produziert, kann man aufgrund von Klimaschwankungen nicht 100%ig genau vorhersagen. Man schätzt, dass Solarstromanlagen in Deutschland pro Kilowatt peak (kWp) bei 700 bis 1000 Kilowattstunden liegt. Für die Berechnung der Rentabilität sind nicht Spitzenergebnisse entscheidend, sondern das über 20 Jahre zu erwartende Mittel. Die Modulhersteller geben in der Regel eine Leistungsgarantie von 80 Prozent der Nennleistung über 20 Jahre.

Ein weiterer Einflussfaktor, der Ihre Stromerträge bestimmt, ist die technische Umsetzung der Anlage. Der Wechselrichter spielt hier eine zentrale Rolle. Hier sollte man auf maximalen Wirkungsgrad und hohe Lebensdauer achten. Mangelhafte Verkabelung kann zu Verlusten führen. Jedes technische System zur Energieumwandlung erleidet Verluste. Zehn Prozent Verlust können schon dadurch entstehen, dass die Wirkungsgrade der Solarzellen mit steigender Temperatur sinken (Experten meinen daher, dass Anlagen in Norddeutschland genauso rentabel arbeiten können wie im Süden der Republik). Ein weiteres Prozent kann die Verkabelung, weitere fünf bis zehn Prozent der Wechselrichter verursachen. Sie sollten bei der Planung darauf achten, diese Verluste mit einzukalkulieren. Bei einer Jahreseinstrahlung von 1.000 kWh kommt es also nicht zu einer Produktion von 1.000 kWh/kWp. Ein Ertrag von etwa 850 kWh/kWp ist eher als realistisch anzusehen.

Neben der Ertragsseite müssen natürlich die Kosten berücksichtigt werden. Folgende Faktoren sollten demzufolge in die Kalkulation einbezogen werden:

- ◆ Anschaffungs- und Betriebskosten
- ◆ Steuerlast / Steuererleichterung
- ◆ Vergütung für Einspeisung und Kostenersparnis durch Eigenverbrauch

Die Anschaffungskosten stellen den größten Teil der Kosten dar. Diese werden nicht nur durch die sinkenden Einspeisevergütungen, sondern auch durch das globale Wirtschaftsgeschehen beeinflusst. Steigt die Nachfrage in anderen Ländern, dann steigen auch in Deutschland die Preise. Außerdem sind gegenüber deutschen Modulen preiswertere Modelle aus China lieferbar. In den vergangenen Jahren sind die Preise für Photovoltaik-Anlagen gesunken. Durch den Preisnachlass bleibt Ihre Rendite trotz der sinkenden Einspeisevergütung erhalten.

Neben den Anschaffungskosten sollten diverse Nebenkosten bei der Kalkulation berücksichtigt werden. Zu den Betriebskosten rechnet man die Ausgaben für die Wartung, Reparaturen und Rücklagen für einen neuen Wechselrichter oder

anderen Ersatzteilen. Außerdem ist die Versicherung Ihrer Anlage zu berücksichtigen.

## Wie kann ich die Wirtschaftlichkeit prüfen?



© Marina Lohrbach - Fotolia.com

Die Rentabilität einer Solaranlage hängt vom Zusammenspiel zwischen Investition, Finanzierung, Sonnenertrag und Betriebskosten ab. Zusätzlich kommen Steuervorteile durch die mögliche Abschreibung und die Mehrwertsteuer-Erstattung dazu. Zunächst einmal müssen Sie wissen, welche Größe Ihre Anlage haben wird. Als Faustformel nimmt man an, dass für eine Leistung von 1 kWp eine Fläche von ca. 7 bis 10 m<sup>2</sup> benötigt wird. Den Ertrag pro Kilowatt können Sie bei verschiedenen Auskunftsdiensten im Internet erfahren. Beim Deutschen Wetterdienst kann man eine Analyse der Globalstrahlung für seinen Standort anfordern. Wenn Sie an Ihrem Standort eine Jahreseinstrahlung von 1000 kWh haben, sollten Sie für Ihre Kalkulation mit dem geringsten Daten - etwa 900 kWh/kW jährlich rechnen. Damit sind Sie auf der sicheren Seite, auch wenn der tatsächliche Ertrag größer ausfällt.

Die folgende Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaik-Anlage ist eine einfache statische Berechnung. Sie berücksichtigt weder Zins- noch Inflationenwirkungen oder Strompreis-Erhöhungen, ist aber ausreichend, um die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu ermitteln. Hier wird angenommen, dass jedes Jahr wie das nächste ist. Derzeit wird bei einer kleinen Anlage (< 10 kWp), wie sie für Ein- und Zweifamilienhausdächer üblich ist, eine Vergütung von 12,69 (September 2014) Cent / kWh gezahlt. Für Anlagen dieser Größe muss außerdem die EEG-Umlage nicht gezahlt werden. Der Einkaufspreis für Strom wurde mit Brutto 29 Cent / kWh angesetzt (Durchschnittswert laut Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft für 2014).

**Rendite-Berechnung einer Beispiel-Photovoltaikanlage**

Inbetriebnahme der Anlage	September 2014
Mindest-Lebensdauer der Anlage	20 Jahre
Für 20 Jahre garantierte Vergütung	12,69 Cent / kWh
Stromeinkaufspreis vom Versorger	29 Cent / kWh
Anlagengröße	5 kWp
Stromproduktion pro Jahr	4.500 kWh
Stromproduktion in 20 Jahren	90.000 kWh

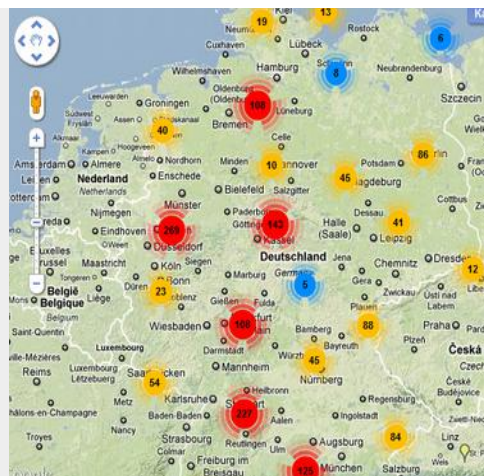
<b>Erträge</b>	davon 70% vergütet für Einspeisung	7.994,70 €
	davon 30% Eigenverbrauch (eingesparter Strom 29 Cent / kWh)	7.830,00 €
	<b>Einspeisevergütung + Stromeinsparung</b>	<b>15.824,70 €</b>

<b>Kosten</b>	Investitionskosten / kWp	1.500,00 €
	Investitionskosten gesamt	7.500,00 €
	Wartung / Instandhaltung (1% der Investition)	75 € / Jahr
	Anlagenversicherung	60 € / Jahr
	<b>Gesamtkosten in Lebensdauer</b>	<b>10.200,00 €</b>

**Gewinn in Lebensdauer 5.624,70 €**

**Unser Tipp: Solar-Karte der Solaranlagen in Deutschland**

Auf [www.solaranlagen-portal.de](http://www.solaranlagen-portal.de) bieten wir Ihnen eine Karte mit Strahlungsdaten, wo Sie Ihre Anlage und Ihre Daten überprüfen können.



## Vergütung Ihres Stroms

### Erfolgsgeschichte des EEG



© Simon Kraus - Fotolia.com

**D**ie Vergütung für den eingespeisten Sonnenstrom ist im „Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien“, dem sogenannten Erneuerbare-Energien-Gesetz (kurz EEG) festgeschrieben. Dieses Gesetz und sein Vorläufer, das Strom-Einspeisungsgesetz, dienen dazu, politische Klima- und Umweltschutzziele zu erreichen und die Nutzung fossiler Energieträger zu verringern.

Das Grundprinzip ist einfach. Dem Betreiber einer Anlage zur Gewinnung erneuerbarer Energie – das sind neben Solarstromanlagen zum Beispiel auch Windräder – wird über einen festgelegten Zeitraum ein bestimmter Vergütungssatz für den erzeugten Strom gewährt. Dabei besteht eine staatliche Anschlusspflicht für die Stromkonzerne: jede Kilowattstunde Sonnenstrom muss der Energieversorger auch abnehmen. Der Vergütungssatz in der Zeit der Inbetriebnahme der Anlage wird für 20 Jahre lang garantiert. Monatlich sinkt der Vergütungssatz um einen bestimmten Prozentsatz (Degression). Damit wird ein Anreiz gesetzt, die Preise für die Anlagen zu senken.

Das deutsche EEG ist ein Erfolgsmodell und wurde mittlerweile von 61 Staaten in angepasster Form übernommen. Mit dem Vorgänger des heutigen EEG, dem Stromeinspeisungsgesetz von 1991, wurden die großen Stromerzeuger erstmals verpflichtet, den Strom von kleinen Erzeugern in die öffentlichen Netze einzuspeisen und diesen zu vergüten. Damals waren die Vergütungssätze für Solarstrom noch nicht kostendeckend. Das Gesetz führte aber zu einem ersten Boom der Windenergie in Deutschland.

Erst im EEG, welches im Jahr 2000 in Kraft trat, wurde die Förderung von Photovoltaikanlagen umgesetzt. Besonders kleinere Anlagen wurden mit diesem Gesetz gefördert. Durch die Überarbeitung des Gesetzes im Jahr 2004 wurden Verbesserungen für die Anlagenbetreiber durchgesetzt. Sie wurden gegenüber

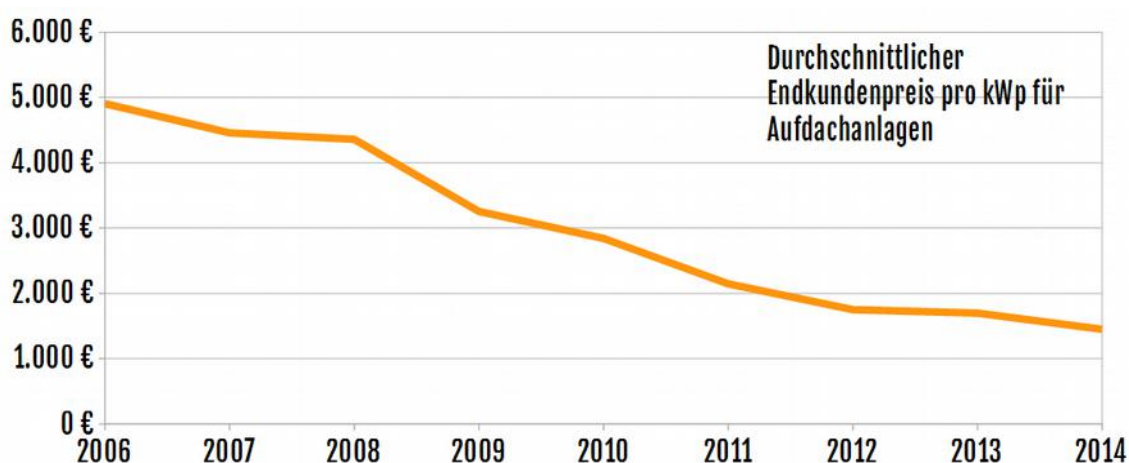
den Netzbetreibern juristisch besser gestellt. Das Gesetz wurde im Jahr 2009 erneut überarbeitet. Unter anderem wurden die Meldepflichten erweitert: Betreiber von Photovoltaik-Anlagen müssen der Bundesnetzagentur die Leistung und den Standort ihrer Anlage melden. Außerdem wurde kurzzeitig eine Förderung eingeführt, die den Eigenverbrauch des produzierten Stroms steigern soll. Danach gab es im Jahr 2012 und zuletzt im August 2014 eine weitere EEG-Novelle. Letztere soll die ausufernden Kosten für die Allgemeinheit kontrolliert reduzieren.



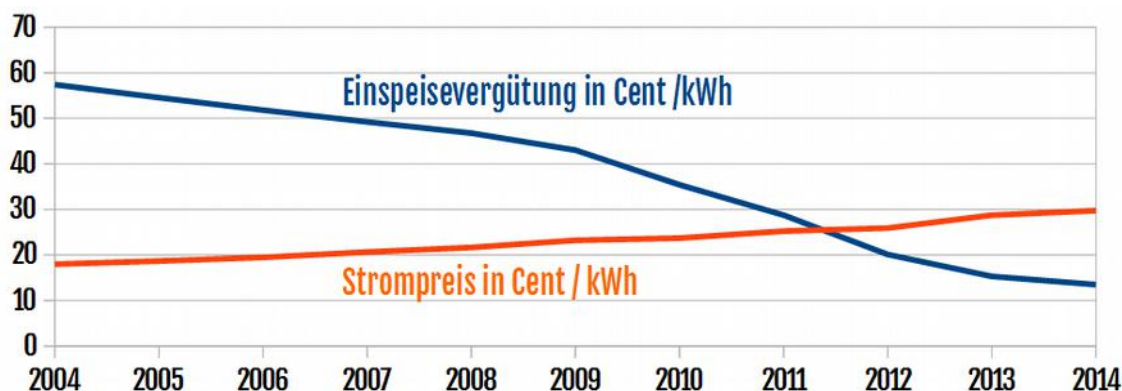
Das EEG ist ein wirksames Instrument, die Umweltschutzpolitik voranzutreiben. Die Netzbetreiber sind verpflichtet den Strom, der von in Deutschland betriebenen Anlagen erzeugt wird, mit Vorrang in öffentliche Netze einzuspeisen. Es schafft Investitionsanreize. Auch Investoren, die sich nicht für Umweltschutz interessieren, sehen den Betrieb einer Photovoltaik-Anlage als eine sichere Geldanlage an. Durch die

Verpflichtung der Netzbetreiber, den Strom abzunehmen, und die Garantie der Vergütung, hat der Staat Investitionssicherheit für Solaranlagen geschaffen. So konnte sich die Stromerzeugung aus der Sonne in Deutschland innerhalb weniger Jahre verzweifachen.

Eine weitere Wirkung des EEG ist der Innovationsdruck, der auf Hersteller von Solarmodulen und -anlagen, ausgeübt wird. Durch die Degression der Vergütung sind Photovoltaik-Anlagen nur rentabel, wenn die Anschaffungskosten auch sinken. Dadurch wird ein Kostendruck auf Hersteller ausgeübt. So sind die Preise für schlüsselfertige Anlagen in den letzten Jahren auch stark gefallen. Nach den Plänen der Bundesregierung kommt die Photovoltaik ab dem Jahr 2017 komplett ohne Förderung aus.







## Solarstromvergütung im Jahr 2014

Die Einspeisevergütung wird 2014 und auch in den kommenden Jahren weiterhin sinken und zwar jeden Monat um 0,5% im Vergleich zum Vormonat. Doch letztlich hängt die Kürzung davon ab, wie viele Photovoltaikanlagen neu installiert werden. Man geht davon aus, dass pro Jahr zwischen 2,5 und 3,5 GW neue Photovoltaik-Leistung installiert wird. Bleiben die Neuinstallationen tatsächlich in diesem Zielkorridor, wird die Einspeisevergütung um 0,5% verringert, ansonsten wird schwächer bzw. drastischer gekürzt. Dieses Prinzip nennt sich „Atmender Deckel“.

## EEG-Novelle 2014

### Gelten die nachfolgend aufgeführten Neu-Regelungen für ALLE Photovoltaikanlagen?

**N**ein. Besitzer von Photovoltaikanlagen, die vor dem 01. August 2014 in Betrieb genommen wurden, können aufatmen. Denn ihre Anlagen sind von den Neu-Regelungen befreit. Dies nennt der Gesetzgeber "Bestandsschutz". Allerdings nur unter der Voraussetzung, dass die Leistung einer Bestandsanlage nicht um mehr als 30% erhöht wird.

Zweitens wurde eine Bagatellgrenze von 10kWp eingerichtet. Das heißt, für PV-Anlagen, die nach diesem Stichtag installiert werden, braucht man die EEG-Umlage auch nicht zu zahlen. Mit dieser Bagatallgrenze möchte man den typischen Ein- bis Zweifamilienhaus-Besitzer schützen, denn diese Anlagen sind meist unter 10kWp.

### EEG-Umlage auf Solarstrom-Eigenverbrauch

Für Strom, der aus Photovoltaikanlagen in das öffentlich Stromnetz eingespeist wird, erhält der Besitzer vom Netzbetreiber eine Einspeisevergütung. Der Netzbetreiber verkauft diesen Strom wiederum an der Strombörse - allerdings zu einem günstigeren Preis. Diese Differenz zahlt jeder Deutsche über die EEG-Umlage.

Besitzer neu installierter PV-Anlagen, müssen seit dem 01. August 2014 auch die EEG-Umlage zahlen - zumindest anteilig:

<b>Zeitraum</b>	<b>Zu zahlender Anteil der EEG-Umlage</b>
01. August 2014 bis 31. Dezember 2015	30%
01. Januar 2016 bis 31. Dezember 2016	35%
Ab 01. Januar 2017	40%

### *Einschneidende Änderungen für große Photovoltaikanlagen: Direktvermarktung und Marktprämie*

Bei allen Kürzungen gibt es auch eine Anhebung: Solarstrom aus PV-Anlagen mit einer Leistung von 10 kWp bis 1GWp, wird seit dem 01. August 2014 mit 0,3 Cent je eingespeister Kilowattstunde mehr vergütet.

Allerdings wird für gewerbliche Photovoltaikanlagen, welcher größer als 500kWp sind, seit August 2014 keine Einspeisevergütung mehr gezahlt - ab 2016 gilt diese Regelung sogar schon für gewerbliche PV-Anlagen ab einer Größe von 100kWp. Natürlich der Solarstrom aus diesen Anlagen komplett selbst verbraucht werden. Wer dies nicht schafft, muss daher dann seinen Strom selbst an der Strombörse verkaufen. Dies nennt die Bundesregierung "verpflichtende Direktvermarktung".

Der Preis pro Kilowattstunde Solarstrom aus der Vermarktung an der Strombörse wird erwartungsgemäß geringer ausfallen, als die Einspeisevergütung. Damit solche Solarstromanlagen nicht gänzlich unrentabel werden und um die Betreiber für den Mehraufwand zu entschädigen, zahlt der Staat eine Marktprämie aus.

### *Ökostrom-Privileg entfällt*

Der ein oder andere Photovoltaikanlagen-Betreiber hat seinen Strom an Mieter oder umliegende Nachbarn verkauft. Da der Solarstrom als Grünstrom (Ökostrom) behandelt wurde, galt eine um 2 Cent reduzierte EEG-Umlage. Dieses Privileg gilt seit dem 01.08.2014 leider nicht mehr.

## **Einspeisevergütung 2014**

Solaranlagen, die an das öffentliche Netz gekoppelt sind, können ihren Strom zu 80% Prozent – bzw. 90% bei mittelgroßen und zu 100% bei sehr großen Anlagen – einspeisen. Die nicht geförderten 20% sollen direkt selbst verbraucht werden, was ungefähr dem durchschnittlichen Eigenverbrauchsanteil eines Haushalts entspricht. Der Solaranlagen-Betreiber erhält für seinen an die Netzbetreiber gelieferten Strom eine Einspeisevergütung. Den Verbrauchsstrom wiederum bezieht er für einen festgelegten Tarif, der durchschnittlich etwa 29 ct/kWh beträgt. Diese Vergütung wird ab der Inbetriebnahme für 20 Jahre gezahlt. Sie ist garantiert, kann also nicht gekürzt werden. Nach den 20 Jahren ist die Festschreibung der Einspeisevergütung ausgelaufen. Danach richtet sich die Höhe der Vergütung nach den zu dieser Zeit zu erwartenden Strompreisen. Schätzungen gehen von einer jährlichen Energiepreissteigerungsrate von 4 bis 9 Prozent aus. Allerdings sollten Ertragsschätzungen für die Zeit nach dem garantierten Vergütungszeitraum nicht in Wirtschaftlichkeitsberechnungen einbezogen werden. Einige Anbieter sprechen zwar davon, dass ihre Anlagen anstatt der 20 auch 30 Jahre laufen, aber niemand kann sagen, wie realistisch das ist.

### Aktuelle Vergütungssätze

Die Vergütungssätze werden immer nur für drei Monate im Voraus bekannt gegeben. Die aktuellen Sätze der Vergütung erfahren Sie unter:  
<https://www.solaranlagen-portal.de/photovoltaik-foerderung/eeg-photovoltaik.html>

### Eigenverbrauch

Die Bundesregierung hat in der EEG-Novelle im Jahr 2009 erstmals eine Regelung eingeführt, die das Verbrauchsverhalten der Photovoltaik-Anlagen-Betreiber nachhaltig verändern sollte. Sie will den Eigenverbrauch für Erzeuger von Solarstrom attraktiver machen. Daher wurde von 2009 bis Anfang 2012 für neu in Betrieb genommene Anlagen zusätzlich zur Einspeisevergütung eine Vergütung für den Strom gezahlt, den der Betreiber selbst verbraucht oder der von Dritten in unmittelbarer Nähe verbraucht wird.

Foto: © arsdigital.de – Fotolia.com



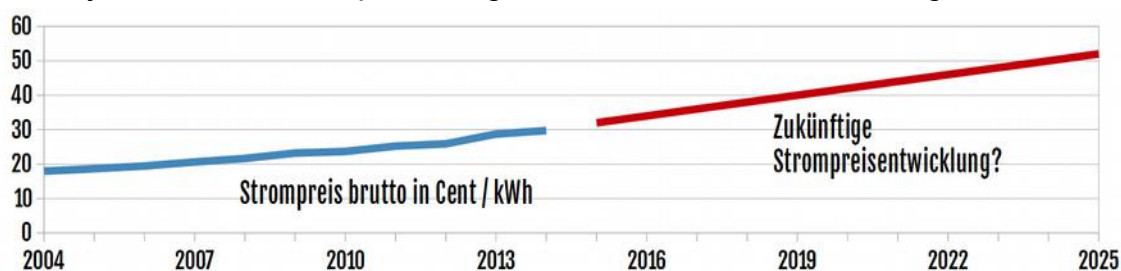
Warum wurde die Eigenverbrauchsregelung in der EEG-Novelle 2012 entfernt? Dies liegt daran, dass die gezahlte Einspeisevergütung erstmals unter den durchschnittlichen Strompreis gerutscht ist. Trotzdem bleibt weiterhin folgender Fakt bestehen: je größer der Eigenverbrauchsanteil meiner Anlage, desto rentabler ist sie!

### Warum ist es rentabler den Strom selbst zu nutzen?

Tendenziell steigen die Strompreise weiter. Beim Strom-Selbstverbrauch erhält der Betreiber der Photovoltaikanlage zwar nicht die Einspeisevergütung, spart sich aber den Zukauf von konventionellem Strom aus dem öffentlichen Netz.

Daher gilt:

- ◆ je weiter die Einspeisevergütung sinkt, desto attraktiver wird der Eigenverbrauch
- ◆ je weiter der Strompreis steigt, umso mehr lohnt sich der Eigenverbrauch



Vergleich zweier im September 2014 installierter PV-Anlagen:



**Nachbar A**

- ◆ erhält für die Einspeisung von 1 kWh Solarstrom 12,69 Cent
- ◆ zahlt für 1 kWh Strom vom Energieversorger 29 Cent



**Fazit:** letztlich hat der Betreiber den Einkauf seines Stroms durch den Betrieb der Solaranlage reduziert und zahlt nur **16,31 Cent** pro Kilowattstunde



**Nachbar B**

- ◆ verbraucht 1 kWh Solarstrom selbst
- ◆ spart den Zukauf von konventionellem Strom vom Energieversorger



**Fazit:** obwohl ihm 12,69 Cent Einspeisevergütung entgehen, hat er insgesamt **29 Cent** für den Strom-Zukauf gespart

*Weiteres Beispiel*

Einfamilienhaus mit 5 kWp-Anlage, Inbetriebnahme im September 2014 (Wartungskosten, Versicherung, Strompreis-Erhöhungen, etc. nicht berücksichtigt):

	<b>kein Eigenver- brauch</b>	<b>25 % Eigenver- brauch</b>	<b>50 % Eigenver- brauch</b>
produzierter Strom	4.500 kWh	4.500 kWh	4.500 kWh
Einspeisung	4.500 kWh	3.375 kWh	2.250 kWh
Einspeisevergütung 12,69 ct/kWh	<b>571,05 €</b>	<b>428,29 €</b>	<b>285,53 €</b>
Eigenverbrauch	-	1.125 kWh	2.250 kWh
Ersparnis durch Eigen- verbrauch bei einem Strompreis von 29 ct/kWh	-	<b>326,25 €</b>	<b>652,50 €</b>
<b>Gesamtertrag + eingesparte Kos- ten</b>	<b>571,05 €</b>	<b>754,54 €</b>	<b>938,03 €</b>

**Fazit:** Je mehr Solarstrom selbst verbraucht wird, desto rentabler wird eine Photovoltaikanlage!

Durch die Eigennutzung des solaren Stroms gibt es jetzt einen Anreiz für den sonnenbewussten Energieverbrauch. Der gestaltet sich allerdings zum Beispiel bei Eigenheimen schwierig, wenn die Bewohner tagsüber aus dem Haus sind und in dieser Zeit kaum Strom verbraucht wird.



Die Eigenverbrauchsmöglichkeit fängt die weitere Senkung der Einspeisevergütung auf und stärkt die dezentrale Nutzung des Stroms. Die öffentlichen Netze werden dadurch entlastet.

## Verschiebepotenziale nutzen

Sie als Betreiber einer Photovoltaik-Anlage haben nun ein Interesse daran, Ihren Stromverbrauch in die Zeit mit hohem Solarangebot zu verschieben. Je mehr Verbrauch Sie in die „solarintensive“ Zeit schieben, um so wirtschaftlicher ist die Investition auf dem Dach für Sie. Es gibt ein gewisses Verschiebepotenzial, welches jeder Nutzer von Solarstrom umsetzen und nutzen kann. Zum Beispiel können Sie Ihre Waschmaschine und Spülmaschine dann laufen lassen, wenn die Sonne scheint. Die Gefriertruhe können Sie per Zeitschaltuhr in den frühen Morgenstunden für einige Stunden ausschalten. Gute Geräte kommen ohne Weiteres für 5 bis 7 Stunden ohne Strom aus, ohne dass die Temperatur um mehr als unbedenkliche 3 bis 5 Grad steigt. Damit könnten Sie auch die Kühlung der Gefriertruhe in die sonnenintensive Zeit verschieben.

Es gibt in jedem Haushalt noch mehr Verschiebepotenzial. Die Betreiber von Photovoltaik-Anlagen besitzen durch den Verbrauch der selbst produzierten Energie einen besonderen Anreiz, diese Potenziale zu nutzen und auszubauen. Aber auch die Industrie ist jetzt gefordert. Der Anreiz zum sonnenbewussten Energieverbrauch ist vorhanden und wird in Zukunft auch von den Verbrauchern stärker nachgefragt werden. Nun müssen Technologien geschaffen werden, die diese neuen Verbrauchsgewohnheiten unterstützen können. Die Ideen und Ansätze dafür sind vorhanden und vielfältig.

So wird eine Box entwickelt, die es dem Betreiber einer Photovoltaik-Anlage ermöglicht, den Anteil des selbst genutzten Stroms zu maximieren. Dieses Gerät soll anzeigen, wann die Solarerträge am größten sind. Zu diesen Zeitpunkten sollten dann die großen Stromfresser, wie beispielsweise Waschmaschine und Spülmaschine angeschaltet werden. Mit der Nutzung dieses Verschiebepotenzials lässt sich der Eigenverbrauch auf etwa 40 Prozent steigern.

Durch den Anreiz den produzierten Strom selbst zu verbrauchen, könnten auch Smart-Grid-Techniken für die Betreiber von Solaranlagen interessant werden. Smart-Grid heißt „intelligentes Stromnetz“. Der Begriff beschreibt die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischer

Verbraucher und Netzbetriebsmitteln. Diese Techniken ermöglichen eine Überwachung und Optimierung der miteinander verbundenen Bestandteile. Sie könnten also zu einer verbesserten Nutzung der Solarenergie durch den Hersteller beitragen. Die Industrie und Forschungsinstitute sind hier gefordert, verbraucherfreundliche und kostengünstige Geräte zu entwickeln.

## Eigenverbrauch für Gewerbebetriebe

Die Möglichkeit des Eigenverbrauchs ist besonders für Gewerbebetriebe, die gerade in den Sonnenstunden einen hohen Verbrauch haben, sehr interessant.

Die Eigenverbrauchsregelung erlaubt es, dass Dritte den von Ihnen produzierten Strom abkaufen. Das ist auch für Mehrfamilienhäuser geeignet. Eine vom Vermieter betriebene Photovoltaik-Anlage könnte zur anteiligen Versorgung der Mieter genutzt werden. Gleichzeitig könnte man den umweltfreundlichen Strom im Haus als Marketing-Instrument nutzen. Viele Verbraucher legen Wert auf Umweltschutz und sehen es als Vorteil, wenn sie auch in einer Mietwohnung Sonnenstrom nutzen können.

Die Regelung kann aber nicht nur für Mehrfamilienhäuser angewendet werden. Auch über Häuser- und Grundstücksgrenzen hinweg kann die räumliche Nähe versorgt werden. Sie können als Betreiber einer Photovoltaik-Anlage also auch Ihre Nachbarschaft versorgen. Dafür muss ein eigenes Versorgungskabel gelegt werden. Eine andere Möglichkeit ist, das öffentliche Netz zu benutzen. Dafür fallen dann allerdings Durchleitungsgebühren an. Diese beiden Varianten sind wiederum mit Kosten verbunden. Vor der Umsetzung müsste also zunächst geprüft werden, ob die Versorgung der Nachbarn die Anlage unrentabel macht.



Foto: © Lupico - Fotolia.com

## Vom Eigenheimbesitzer zum Energieunternehmer

Durch die Stromeinspeisung in die öffentlichen Netze gilt jeder Betreiber einer Photovoltaik-Anlage als Wirtschaftsunternehmer. Das Betreiben einer Solaranlage wird als nachhaltige unternehmerische Tätigkeit angesehen. Dies ermöglicht Ihnen, die Investitionskosten und Anlagenerträge steuerlich geltend zu machen. Allerdings haben Sie auch unternehmerische Pflichten zu erfüllen.

Als Betreiber einer Solaranlage kann man sich beim Finanzamt als Unternehmer einstufen lassen. Die auf die Investitionskosten anfallende Umsatzsteuer kann als Vorsteuer geltend gemacht werden. Das be-

deutet, dass Sie als Betreiber die Vorsteuer mit der eingenommenen Umsatzsteuer verrechnen können oder sie vom Finanzamt erstattet bekommen.

Die steuerrechtlichen Überlegungen sind für die Rentabilität nicht unerheblich und sollten schon in der Planung und Kalkulation bedacht werden.

Selbstständige Unternehmer kennen den Umgang mit dem Finanzamt in Bezug auf unternehmerische Tätigkeiten. Sie können nun auch die Solaranlage in ihre Buchhaltung und Steuerangelegenheiten einbeziehen. Für Arbeitnehmer wird es eventuell etwas schwieriger, in die steuerrechtlichen Fragen einzuarbeiten, deshalb soll hier eine ausführliche Erläuterung folgen.

### **Kleinunternehmerregelung**

Die Einnahmen aus der Einspeisung von Strom aus einer Photovoltaik-Anlage in das öffentliche Netz sind einkommensteuerpflichtig und müssen in der Steuererklärung angegeben werden. Der Betreiber einer Solaranlage kann sich beim Finanzamt als Kleinunternehmer registrieren lassen. Die Voraussetzungen dafür: Bei Betriebseröffnung wird der Gesamtumsatz für das Gründungsjahr kleiner als

17.500 € geschätzt und im Folgejahr wird der Umsatz kleiner als 50.000 € geschätzt. Wenn diese Bedingungen gegeben sind, kann das Unternehmen umsatzsteuerrechtlich als Kleinunternehmen geführt werden.



Es gibt sowohl negative als auch positive Konsequenzen der Kleinunternehmerregelung. Der wohl größte Nachteil ist, dass man die Umsatzsteuer, die für Anschaffung, Wartung und Reparatur der Anlage anfällt, nicht beim Finanzamt geltend machen kann. Dies macht einen erheblichen Kostenfaktor aus, der zur Rentabilität der Anlage beitragen kann.

Der Vorteil der Kleinunternehmerregelung ist die einfache Handhabung. Die Formalitäten sind weniger anspruchsvoll. Auf die Umsätze aus der Solaranlage werden keine Steuern erhoben. Die Rechnungen an den Netzbetreiber über die Einspeisevergütung dürfen zum Beispiel keine Mehrwertsteuer enthalten. Für das Finanzamt muss lediglich eine Einnahme-Überschuss-Rechnung erstellt werden.

Von Experten wird allerdings empfohlen, auf die Kleinunternehmerregelung zu verzichten. Der geringe Mehraufwand für die Umsatzsteuererklärung gegenüber dem Finanzamt zahlt sich durch eine höhere Rendite aus. Wenn Sie auf die Kleinunternehmerregelung verzichten, gelten Sie beim Finanzamt als Unternehmer. Dann können Sie die Mehrwertsteuer für den Kauf der Anlage zurückerhalten.

ten. Sie müssen dann zusätzlich zur Einspeisevergütung eine Mehrwertsteuer erheben, die später an das Finanzamt abgeführt wird.

Alle Ausgaben, die durch den Betrieb der Anlage entstehen, sind Werbungskosten. Dazu zählen unter anderem laufende Betriebskosten der Anlage, die Kosten für die Wartung oder Reparatur, Finanzierungs- und Versicherungskosten sowie die Kosten für eine Stromzählermiete und die Anschaffungskosten. Die Anschaffungskosten können die Nutzer über 20 Jahre abschreiben.

### **Muss ein Gewerbe angemeldet werden?**

Es besteht keine einheitliche Regelung, ob eine Gewerbeanmeldung nötig ist. Die Frage nach der Gewerbeanmeldung ist unabhängig vom Steuerrecht. Ist Ihr erstrebter Gewinn aus der Photovoltaik-Anlage gering, liegt ein sogenannter Bagatellfall vor. Dieser entspricht nicht den Vorstellungen über die Ausübung eines Gewerbes und erscheint somit nach den Zielsetzungen der Gewerbeordnung als nicht regelungsbedürftig. Das bedeutet, dass der Betrieb von Photovoltaik-Anlagen auf Privathausdächern und kleineren Gewerbebetrieben in dabei üblichen Größenordnungen (lt. Bundesfinanzministerium bis 5 kW) keine gewerbliche Tätigkeit ist. Denn hier wird nach einer langen Refinanzierungsphase nur ein unerheblicher Kostenüberschuss erwirtschaftet.

Bei größeren Anlagen ist eine Einzelfallentscheidung anhand einer vorgelegten langfristigen Ertragsprognose des Ordnungsamtes erforderlich. Hierzu wurde die Auffassung formuliert, dass in der Anfangsphase, in der keine Gewinne erzielt werden, eine Gewerbeanmeldung nicht in Betracht kommt, sondern erst, wenn der erstrebte Gewinn die eigenen Kosten deutlich überschreitet. Für Betreiber kleinerer Anlagen ist es sinnvoll, beim örtlichen Gewerbeamt schriftlich nachzufragen, ob auf eine Gewerbeanmeldung verzichtet werden kann.



Foto: © Dron – Fotolia.com

### **Hinweise zum Finanzamt**

Da Sie mit Ihrem kleinen Energieunternehmen Einnahmen aus der Vergütung der Einspeisung erzielen wollen, müssen Sie das Finanzamt über Ihr Unternehmen informieren. Um den Betrieb erstmals zu erfassen, füllen Sie den „Betriebseröffnungsbogen“ zur steuerlichen Erfassung einer gewerblichen Tätigkeit beim Finanzamt aus.

Neben allgemeinen Angaben zur Person wird eine Kurzbeschreibung des ausgeübten Gewerbes abgefragt. Auf dem Bogen kann man sich auch als Kleinun-



ternehmer anmelden. Der Unternehmer kann aber auch auf diese Umsatzsteuerbefreiung verzichten. An diese Entscheidung ist er dann 5 Jahre gebunden. Der Betreiber bekommt vom Finanzamt eine Steuernummer für den Anlagenbetrieb. Lassen Sie sich vor dem Bau Ihrer Photovoltaik-Anlage von dem zuständigen Finanzamt eingehend beraten, da die steuerliche Beurteilung im Einzelfall den örtlichen Finanzbehörden obliegt.

## Umsatzsteuervoranmeldung

Wenn Sie sich dafür entschieden haben, auf die Kleinunternehmerregelung zu verzichten und die Vorteile der Vorsteuer-Rückerstattung zu nutzen, müssen Sie in den ersten beiden Jahren nach Inbetriebnahme der Solaranlage monatlich eine Umsatzsteuer-Voranmeldung beim Finanzamt abgeben. Die sich daraus ergebende Steuervorauszahlung ist bis zum 10. Tag des Folgemonats an das Finanzamt zu zahlen. Die regelmäßige Übermittlung der Umsatzsteuer-Voranmeldung kann auf dem elektronischen Wege erfolgen, zum Beispiel mithilfe des Programms „ELSTER“, welches Sie beim Finanzamt oder im Internet als Download kostenfrei bekommen.



Das Finanzamt legt für die folgenden Jahre je nach Umsatzsteueraufkommen größere Abgabezeiträume fest. Bei einem Umsatzsteueraufkommen bis 512 € pro Jahr genügt eine Umsatzsteuererklärung am Ende des Jahres. Dies trifft auf Photovoltaik-Anlagen bis etwa 6 kW zu. Für den Anlagenbetreiber entsteht durch die Umsatzsteuererhebung keine zusätzliche finanzielle Belastung. Die Umsatzsteuer wird dem Stromabnehmer zusätzlich zur gesetzlichen Einspeisevergütung in Rechnung gestellt. In der Umsatzsteuer-Voranmeldung müssen Sie den Nettobetrag als Bemessungsgrundlage sowie die darauf entfallende Steuer mit dem vollen Mehrwertsteuersatz getrennt ausweisen. Die für die Anlagenerrichtung und deren Wartung ausgewiesene Mehrwertsteuer kann als abziehbarer Vorsteuerbetrag als Rückforderung geltend gemacht werden. Einige Finanzämter verlangen die Vorlage eines Einspeisevertrags zur Anerkennung der Unternehmereigenschaft. Laut § 12 Abs. 1 EEG ist kein Einspeisevertrag erforderlich. Darauf sollte Sie in diesem Fall verweisen.

### Unser Tipp: So bekommen Sie ihre Buchhaltung in den Griff

**D**ie Einnahmen und Ausgaben aus einem gewerblichen Betrieb einer Solaranlage müssen Sie bei Ihrer Einkommenssteuer berücksichtigen. Dazu erstellen Sie eine sogenannte Gewinn- und Verlustrechnung (Formular Finanzamt). Wenn Sie sich für die Kleinunternehmerregelung entschieden haben, ist es ausreichend, wenn sie dem Finanzamt eine Einnahme-Überschuss-Rechnung vorlegen. Diese formlose Gewinnermittlung, z. B.

eine Word-Datei, enthält die Summe aller im Kalenderjahr zugeflossenen Einnahmen aus der Einspeisevergütung vermindert um die im Kalenderjahr abgeflossenen Ausgaben, zum Beispiel Planungskosten, Anschaffungskosten, Reparatur- und Wartungskosten, Zählermiete, Versicherung und Kreditzinsen. Das Ergebnis der Einnahme-Überschuss-Rechnung ist im Rahmen der jährlichen Einkommenssteuererklärung unter Einkünfte aus Gewerbebetrieb aufzuführen, die zugrunde liegende Einnahme-Überschuss-Rechnung ist als Anlage beizulegen.

## Abschreibungen



Als Kosten können Sie auch die Abschreibung für Abnutzung anführen. Bei der Abschreibung für Abnutzung können Sie die Herstellungs- bzw. Anschaffungskosten ab Fertigstellung der Anlage auf einen Zeitraum von 20 Jahren abschreiben. Dabei wählen Sie, ob Sie eine gleichmäßige lineare oder eine degressive Abschreibung mit fallenden Jahresbeträgen in Anspruch nehmen wollen. Bei der linearen Abschreibung können jährlich 5 Prozent der Anschaffungskosten Gewinn mindernd abgesetzt werden. Bei der degressiven Abschreibung wird im ersten Jahr maximal das Doppelte der linearen Abschreibung abgeschrieben. Das heißt 10 Prozent. Der jeweils ver-

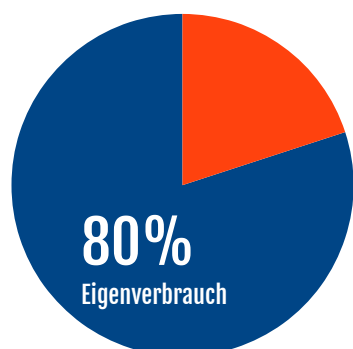
bliebene Restwert wird in den Folgejahren mit 10 Prozent abgeschrieben. Bei der degressiven Abschreibung wird im drittletzten Jahr ein Wechsel zur linearen Abschreibung empfohlen. Im Jahr der Inbetriebnahme wird die Abschreibung nur monatsanteilig ab Fertigstellung berechnet.

## Kapitel 6 – Den Solarstrom speichern

### Warum Solar-Akkus?

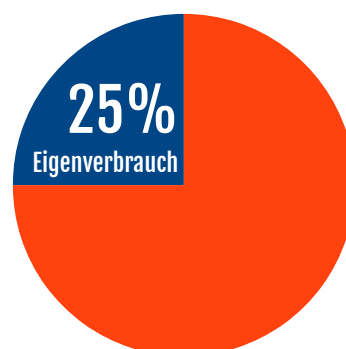
Im vorigen Kapitel haben wir es bereits erwähnt: Je höher man den Eigenverbrauch bei einer Photovoltaikanlage schrauben kann, desto rentabler lässt sich die Anlage betreiben. Dennoch wird sehr viel Strom erzeugt, wenn er nicht gebraucht wird. Aus diesem Grund gibt es Solar-Akkus, so dass der Strom dann abgerufen werden kann, wenn er benötigt wird – was in den meisten Haushalten abends ist.

Der Traum vieler Photovoltaikanlagen-Besitzer: weitestgehend unabhängig sein von Energieversorgern und Strompreisen! Mit einem Solarspeicher könnte dieser Traum Wirklichkeit werden. Durch sie kann der Eigenverbrauch des Solarstroms sehr hoch getrieben werden.



**Mit Photovoltaik-Batteriespeicher**

**Ohne Photovoltaik-Batteriespeicher**



Aber sind die Solar-Akkus schon soweit entwickelt, dass ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist?



### Sind Solar-Akkus wirtschaftlich?

Zur Rentabilität von Solar-Akkus befragt man am besten einen Experten. Prof. Dr. Volker Quaschnig ist einer der bekanntesten Experten auf dem Gebiet der regenerativen Energien und der Photovoltaik. Wir befragten ihn Mitte 2014 zu Solarspeichern.

Foto: Wikipedia

**Solaranlagen-Portal.de:** *Laut einer Umfrage von EuPD Research erwägen rund 90% aller Photovoltaikanlagen-Besitzer die Nachrüstung eines Solar-Akkus. Woran scheitert derzeit die Umsetzung?*

**Quaschnig:** Batteriespeicher für Photovoltaikanlagen befinden sich immer noch am Anfang der Entwicklung. Die Kosten sind noch relativ hoch, sodass meist ein System ohne Speicher bei der Wirtschaftlichkeit besser abschneidet. Auch technologisch sind bei den Speichern noch Verbesserungen möglich.

Schließlich ist das Förderprogramm für viele Kunden nicht wirklich attraktiv. Mit sinkenden Preisen für die Batteriesysteme wird künftig der Markt aber schnell wachsen.

**Solaranlagen-Portal.de:** *Es gibt verschiedene Technologien um Solarstrom zu speichern. Welche Systeme haben Ihre Einschätzung nach das größte Zukunftspotenzial?*

**Quaschnig:** Wir brauchen langlebige und wartungsfreie Systeme. Aus heutiger Sicht hat da die Lithiumbatterie die Nase vorne. Deren Kosten müssen aber noch spürbar fallen. Mittelfristig haben auch thermische Speicher ein großes Potenzial. Diese sind vergleichsweise preiswert und können Überschüsse der Photovoltaikanlage günstig speichern und damit Brennstoffe bei der Heizungsanlage einsparen.


**Wir können also festhalten: im Jahr 2014 lohnen sich Solar-Akkus noch nicht!**

Dennoch kaufen einige Kunden Solar-Batterien. Dies geschieht aber in erster Linie aus Umweltbewusstsein.

Vermutlich in 1 bis 2 Jahren werden die Anschaffungspreise so weit gesunken sein, dass man sie wirtschaftlich betreiben kann. Und dann wird einer Art zweiter Solarboom losgehen!

**Solar-Akku VS. Einspeisevergütung**

Wer seinen Solarstrom speichert und selbst verbraucht, lässt sich die Einspeisevergütung entgehen. Dies ist allerdings nur dann schlimm, wenn Ihre Photovoltaikanlage schon viele Jahre in Betrieb ist und Sie eine sehr hohe Einspeisevergütung erhalten (welche mindestens über dem aktuellen Strompreis liegt). In diesem Fall ist Volleinspeisung die gewinnträchtigste Art eine PV-Anlage zu betreiben. Wenn überhaupt, dann lohnen sich Photovoltaik-Akkus nur unter bestimmten Voraussetzungen.

<b>Für welche Photovoltaikanlagen lohnen sich Solar-Batterien?</b>		
<p><b>Inbetriebnahme vor 2011</b></p> <p>hohe Einspeisevergütung</p> <p>Ziel: möglichst viel Solarstrom einspeisen</p> <p><b>Solar-Akku empfohlen?</b></p> 	<p><b>Inbetriebnahme ab Mitte 2011</b></p> <p>Einspeisevergütung geringer als Stromeinkaufspreis</p> <p>Ziel: möglichst viel Solarstrom selbst verbrauchen</p> <p><b>Solar-Akku empfohlen?</b></p> 	<p><b>Erhalt einer Einspeisevergütung? (gezahlt für Anlagen zwischen 2009 und 2012)</b></p> <p>Ziel: möglichst viel Solarstrom selbst verbrauchen</p>  <p><b>Solar-Akku empfohlen?</b></p>

### Solarthermie-Speicher und Solarspeicher

**E**in Solarthermie-Speicher ist etwas anderes wie ein Solarspeicher; genauso wie die Solarthermie nicht dasselbe wie die Photovoltaik meint. Die Photovoltaik dient dazu Solarstrom zu produzieren, die Solarthermie erzeugt mithilfe von Sonnenkollektoren Warmwasser und Heizwärme.

Da beide Solarsysteme einem anderen Zweck dienen, benötigen auch beide unterschiedliche Speichersysteme: ein Solarthermie-Speicher sammelt warmes Wasser, der Solarspeicher versorgt den Haushalt mit Strom.

Andere Bezeichnungen für den Solarspeicher sind Solar-Akku oder Solar-Batterie.

### Förderungen für Solarspeicher

Wer eine Förderung für einen Solarspeicher erhalten möchte, muss sich vor der Anschaffung und Installation an seine Bank wenden. Diese prüft ob derjenige die Voraussetzungen für einen KfW-Förderkredit erfüllt.



Foto: Bundesverband Solarwirtschaft

Es werden nur folgende Anlagen gefördert:

- ◆ die zugehörige Photovoltaikanlage wird neu installiert oder wurde nach dem 31.12.2012 in Betrieb genommen
- ◆ die Nennleistung der Anlage beträgt maximal 30 kWp
- ◆ die PV-Anlage wird netzgekoppelt betrieben (reine Inselanlage sind nicht förderfähig)

Für die Nachrüstung eines Solar-Akkus zu einer bestehenden PV-Anlagen fördert die KfW bis zu 600€ pro Kilowatt Leistung. Bei Speichern, die direkt für eine neu installierte Anlage gekauft werden, beträgt der Förderbetrag sogar 660€ pro kWh.

## Solar-Tagebuch

### So eine Idee

#### 2. Juli:

Ute, Ralf und Söhnchen Karl-Anton genießen die warmen Sommertage in vollen Zügen – im eigenen Gärtchen. Große Sprünge sind nicht mehr möglich – Ute ist hochschwanger. In drei Wochen ist es soweit: Die Familie bekommt Zuwachs. Utes Schwangerschaft, das ist für Ralf irgendwie immer eine Zeit der großen Projekte, der Visionen – zukunftsweisend, nachhaltig: Bei Karl-Anton vor vier Jahren baute er das Haus. Dieses Mal, beim Blättern in der Zeitschrift Finanztest kommt Ralf Funke eine neue Idee: Warum nicht eine Photovoltaik-Anlage auf das Dach des neuen Eigenheims bauen? Denn Sonnenstrom, so heißt es in dem Magazin, erlebt gerade goldene Zeiten: die Anlagen werden billiger, bleiben aber durch staatliche Förderungen rentabel. Die Zeitschrift verspricht eine nahezu risikolose Rendite von 3 bis 5 Prozent. Eine gute Idee findet Ralf. Er fragt Ute beim Abendessen so ganz nebenbei, was sie denn davon hält. Keine schlechte Idee, meint sie, und denkt an ein künftiges Zubrot für die Kinder, deren Ausbildung, die Rente ...



eigene Grafik+ © Noel Powell – Fotolia.com

### Recherchezeit

#### 27. Juli bis zum 31. Juli :

Ralf möchte erst einmal weitere Informationen zur Photovoltaik. Ein Freund empfiehlt ihm die Webseite **Solaranlagen-Portal.de**. Neben hilfreichen Informationen findet er dort viele Videos, die die Zusammenhänge der Photovoltaik einfach erklären. Auf der Webseite füllt die junge Familie das kostenlose Preisvergleichsformular aus. Es heißt: innerhalb weniger Tage melden sich die ersten Solarteure.

Solaranlagen-  
Portal.de

## *Erste Kontakte*

### **3. August:**

Mittlerweile haben fünf Firmen Kontakt aufgenommen – einige per Mail, andere per Telefon. Allerdings betonen alle fünf Firmen, dass ein Vor-Ort-Termin notwendig sei, um ein korrektes Angebot machen zu können. Mit drei Firmen werden Termine vereinbart.

### **4. August:**

Es ist heiß und sonnig. Bei knapp 30 Grad knallt auch um 18 Uhr noch die Sonne aufs Dach. Ortstermin: **Die erste Firma** hat einen Mitarbeiter vorbei geschickt. Er fotografiert das Dach, zählt die Ziegelreihen, kontrolliert die Dachausrichtung und schaut sich die Räume an, in denen die Wechselrichter montiert werden können. Der Mitarbeiter spricht verschiedene Empfehlungen aus, scheint aber bei der Frage nach der Modulherkunft auszuweichen.

### **5. August:**

Ein **weiteres Solar-Unternehmen** erscheint zum Vor-Ort-Termin. Doch Ute hat ein komisches Bauchgefühl. Irgendwie kann sie kein Vertrauen zu dem guten Mann fassen. „Will man uns vielleicht über den Tisch ziehen?“, überlegt sie. Die Berechnungen ergeben eine Rendite von 7,5%. Das klingt zu schön um wahr zu sein. Ralf erinnert sich an die Worte seines Großvaters: „Klingt etwas zu schön um wahr zu sein, ist es meist auch nicht wahr.“ Die junge Familie entscheidet sich gegen das zweite Unternehmen.

### **10. August:**

Der **erste Anbieter** kommt abermals ins Haus. Die Sonne versteckt sich hinter dicken Wolken. Es ist ungemütlich. Bei der Begehung bemerkt der Installateur, dass die Dachziegel des Hauses ungewöhnlich seien. Im Garten stehen ein paar Bäume – der Anbieter kontrolliert auch die Schattenlage ums Dach herum. Er spricht mit den Eheleuten über Eigennutzung oder Einspeisung ins Stromnetz. Für den nächsten Tag verspricht er, dass eine Kollegin anruft und über steuerrechtliche Fragen berät. Doch sie ruft nicht an, auch die nächsten Tagen nicht. Also ein Aus für die erste Firma.

## *Wieder ein Bauchgefühl ...*

### **15. August:**

Die Sonne scheint wieder, es ist 30 Grad heiß. Ute kontrolliert noch einmal die Krankenhaustasche. Schließlich ist das Baby schon zwei Tage überfällig. Heute soll der **dritte Installateur** kommen. Endlich, das Telefon klingelt. „Sind Sie denn noch zu Hause oder schon auf den Weg in den Kreißaal?“, fragt der Installateur. Ute muss schmunzeln: „Nein, bin ich nicht.“ Weil es aber doch jederzeit soweit sein kann, kommt der Fachmann prompt vorbei. Er misst das Dach auf, fotografiert, schaut sich die Räume an. Er bringt eine Checkliste mit, trägt sämtliche Kenngrößen ein und kann sofort Leistungs- und Kostendaten angeben. Ute ist beeindruckt.

Auf der Terrasse schauen sie sich Referenzprojekte an, Söhnchen Karl-Anton vergnügt sich derweil auf der Schaukel unterm Apfelbaum, es gibt kühles Wasser für alle. Bei der Hitze kann man nicht genug trinken. Gemeinsam sprechen

sie alles durch, reden auch über die Verwendung des Stroms. Sie sprechen über poly- und monokristalline Module und über Qualität.

Uta gefällt was sie sieht und hört. Endlich einer, der qualitativ hochwertige Module mit positiver Leistungsbilanz anbietet – da weiß man, was man kauft. Mit seiner offenen Art hat der Solaranlagenbauer das Vertrauen der Familie erobert. Und noch etwas überzeugt: Er bietet eine kostenfreie Beratung bei seinem Steuerberater und eine Inspektion der Anlage nach einem Jahr. Drei Tage später haben sie das Angebot im Briefkasten – über 36 polykristalline PV-Module à 180 W mit einer Anlagenleistung von 6,48 kWp.

### *Zukunft gesichert*

#### **21. August:**

Ute und Ralf haben sich für den dritten Anbieter entschieden. Sie stellen bei der Sächsischen Aufbaubank (SAB) einen Förderantrag, um 1.600 Euro Fördergeld von der EU zu erhalten. Am Nachmittag steckt Ute den Umschlag in den Briefkasten und in ihrem Bauch, spürt sie mehr Bewegung als sonst. Kurz vor Mitternacht machen sich die zukünftigen Eltern tatsächlich auf den Weg ins Krankenhaus.

#### **22. August:**



Sohn Lukas erblickt das Licht der Welt. Und selbst an diesem Tag lässt Ute und Ralf ihr Solar-Projekt nicht los. Ralf bringt ein weiteres Angebot des zweiten Anbieters ans Bett seiner Frau und bringt damit erneut beide ins Grübeln, denn damit würden sie Geld sparen. Eine schwierige Entscheidung, doch in ihrem glückseligen Zustand jetzt, genießen sie erst einmal das neue Leben zu viert.

### *Finanzen, Formulare und ...fast Aufgeben*

#### **3. September:**

Jetzt ist wieder Kraft für mehr, der Alltag mit dem Baby hat sich eingespielt. Ute fragt bei der SAB nach ihrem Förderantrag: Kommt er durch? Denn nur bei einem „Ja“ dürfen die zukünftigen Solaranlagen-Besitzer den Bau beauftragen. Doch umsonst: Der Antrag ist noch nicht bearbeitet.

#### **14. September:**

Die Dame von der SAB aus Dresden ruft an. Die Anlage darf keinen Cent teurer werden als geplant, sonst gibt es keine Förderung. Heute flattert auch noch ein neues Angebot von Firma 2 ins Haus. Die Installation der PV-Anlage ist noch einmal billiger geworden. Trotzdem, Ute und Ralf bleiben bei ihrem Entschluss: Firma 3 hat das Vertrauen der jungen Familie und soll den Auftrag bekommen.



**15. September:**

Endlich Post von der SAB! Die Förderung ist durch! Die EU fördert die neue Photovoltaik-Anlage mit 1.600 Euro. Nun kann sich Ralf um einen Kredit für die Anlage kümmern. Doch das ist gar nicht so einfach. Zuerst reagiert die Hausbank nicht. Ralf teilt der beauftragten Firma mit, dass sie sich für sie entschieden haben. Die Fach-Elektrofirma muss die Anlage aber umplanen, denn die Bauherren haben ein Problem: Rufen sie die Fördergelder nicht bis zum 15. November ab, verlieren sie die EU-Förderung. Schwierigkeiten macht aber die Hausbank. Nicht wegen der Kreditwürdigkeit der Familie, sondern wegen der Rechnungen. Denn beide Banken - SAB und Hausbank - wollen die Originale. Das ist unmöglich. Ute trägt zwischen Stillen, Wickeln und Haushalt einen erbitterten Kampf mit den Banken aus. Kurz vor der Auftragsunterzeichnung hat sie immer noch keine Zusage von der Bank – hat sich aber inzwischen entschlossen, für das Projekt alle Reserven zu mobilisieren.

*Das gibt's noch? Das Material ist knapp.***21. September:**

Ute und Ralf lernen das Staunen: In der Solarbranche gibt es teilweise Engpässe wie anno dazumal in der DDR. Sie mussten ihre Ertragskalkulation umstellen, denn ihr Modulbauer kann bis Ende des Jahres keine 180-W-Module mehr liefern. Doch es gibt ein neues Angebot: 170-W-Module und ein Rabatt. Ralf reicht das nicht. Er besteht auf seiner Maximalleistung. Die Firma legt noch zwei weitere Module nach.

**23. September:**

Die Sache mit der eigenen Solaranlage wird jetzt rund. Der Vertrag mit Firma 3 ist unterzeichnet. Der Handwerker nimmt den Bauherren einiges an Papierkram ab. Das entlastet die junge Familie mit dem Neugeborenen und dem quirligen Geschwisterkind Karl-Anton gewaltig. Ein Steuerberater spricht mit ihnen die steuerlichen Aspekte durch. Die Anlage soll am 5. Oktober installiert werden und am 9. ans Netz gehen. Ist das zu schaffen?

*Es geht voran***26. September:**

Aufatmen! Die Hausbank gewährt den Kredit für die Solaranlage.

**28. September bis 2. Oktober:**

Ute erledigt den Papier- und Steuerkram.

**3. Oktober:**

Ralf legt selbst Hand an und bereitet den Raum für den Wechselrichter vor. Die Arbeiten können endlich beginnen ...

**5. Oktober: 8:30 Uhr:**

Die Installateure rücken an. Sie bauen das Gerüst auf. Elektriker verlegen die Kabel für Zähler und Wechselrichter im Haus. Der Zählerschrank wird montiert. Ralf und ein Monteur ziehen die Kabel vom Dach durch Leerrohre in den Hauswirtschaftsraum. Ute kocht inzwischen Kaffee für die Handwerker. Nach fünf

Stunden gehen die Elektriker, jetzt kommt der Krach nur noch von oben, vom Dach. Dort bringen Dachdecker die Unterkonstruktion auf. Derweil füllt Ute schon einmal das Formular für die Gewerbesteueranmeldung aus.

### **7. Oktober:**

Die Photovoltaik-Module rollen auf einem LKW an. Die Arbeiter stellen sie erst einmal im Garten unter. Danach gehen die Arbeiten auf dem Dach weiter. Bis 16:00 Uhr sind 36 Module montiert – das Gerüst wird abgebaut und der Boden gefegt.



Foto: Anja Neubert

### **8. Oktober:**

Der nächste Engpass lässt das Projekt stoppen: Der Energieversorger kann keinen Einspeisezähler liefern. Ute nutzt die Zeit und zeigt der Versicherung inzwischen die Installation der PV-Anlage an. Der Solaranlagenbauer kümmert sich inzwischen um einen Einspeisezähler.

## *Es ist soweit*

### **12. Oktober:**

Der Himmel ist grau. Doch das macht nichts. 80 Tage nach dem ersten Gedanken an einen Solargenerator legt der Anlagenmonteur den Schalter im Wirtschaftsraum um. Es ist still. Völlig geräuschlos fließt der erste Strom ins Netz. Und weil er ohnehin vom nächsten Endverbraucher, also von Ute und Ralf, genutzt wird, gleich wieder in ihr Haus zurück. Zwei Fliegen mit einer Klappe.

## Anhang

## Checklisten

**Check 1: Angaben für den Installateur für ein PV-Angebot zu erstellen**

- Besitze ich eine Dachfläche, die nach Süden ausgerichtet ist? Geringe Abweichungen nach Westen oder Osten lassen noch wirtschaftliche Erträge zu. Sollten Sie sich unsicher sein, schauen Sie auf Ihre Baupläne. Im Zeitalter moderner Medien benötigen Sie nicht mal einen Kompass zum Einordnen Ihres Grundstücks. Mit GPS-Software, bei Google Maps oder Google Earth können Sie die genaue Lage Ihres Haus ermitteln.
- Passt die Anlage auf das Süd-Dach? Pro kW elektrische Leistung benötigen Sie ungefähr 10 m<sup>2</sup> Dachfläche. Achten Sie auf Schattenwurf durch Antennen, Schornsteine, Bäume oder Nachbargebäude. Diese Fläche sollten Sie aussparen.
- Wie hoch ist Ihr Dach? Für den Installateur ist die sogenannte Traufhöhe - der Abstand von zwischen Erdboden im Grundstück bis zur Dachrinne - wichtig, um die Montage und die Kabellänge zu kalkulieren.
- Welche Neigung hat das Dach? Die Angabe finden Sie in vorhandenen Bauplänen. Falls nicht, kann der Installateur mit einem Messgerät die Dachneigung bestimmen.
- Wie wurde Ihr Dach eingedeckt? Häufig anzutreffen, sind Betondachsteine, die sogenannte Frankfurter Pfanne. Wichtig ist – egal, welche Dachziegel oder Dachsteine (Steine sind größer als Ziegel) auf Ihrem Dach liegen – dass die Ziegel für die Modulunterkonstruktion abgehoben werden können.
- Sind „Lüftungspfannen“ vorhanden, um die Solarkabel nach innen zu führen (Lüftungspfannen oder spezielle Ziegel für Solarkabel-Durchführungen können auch nachträglich eingebaut werden)?
- Ist Ihr Dach frei zugänglich?
- Besitzen Sie im/am Haus für das Anbringen des Wechselrichter eine freie Wandfläche von etwa 1m x 1m?
- Ist noch Platz im Zählerkasten für den Einspeisezähler? Wenn nicht, muss der Installateur einen neuen Hausanschlusskasten montieren. Für das Planen der Kabellängen ist der ungefähre Abstand vom Wechselrichter zum Zählerkasten zu nennen.

**Check 2: So finden Sie einen geeigneten Installateur**

- Finden Sie heraus, wie viele Anlagen der Installateur schon gebaut hat: Ist er Neueinsteiger oder ein alter Fuchs? Viele Elektrofirmen wollen am Boom der Branche teilhaben – und gehen mit Halbwissen in den Markt.
- Kann er technische Fragen zufriedenstellend beantworten?
- Weiß der Installateur, von welchen Anbietern die wichtigsten Systemkomponenten, nämlich Module und Wechselrichter, stammen?
- Ist der Handwerksbetrieb transparent? Was hat er für Referenzen? Lassen Sie sich Referenzen in der Nähe nennen oder die Telefonnummern von Referenzkunden geben, um nachfragen zu können.
- Welche Rechtsform besitzt der Handwerksbetrieb? Ist er eine GmbH mit Haftung. Vorsicht bei „Limited“ (Ltd.) - Gründungen. Hier haftet im Schadensfall oder einer Pleite der Betrieb in nur geringem Maße.
- Fragen Sie nach der Qualifikation in Sachen Solartechnik. Hat der Handwerker eine spezielle Solarteurs-Weiterbildung absolviert? Nimmt er regelmäßig an Herstellerschulungen teil? Baut er ausschließlich Solartechnik ein oder ist das nur ein Nebengeschäft?
- Nimmt sich der Fachmann beim Vor-Ort-Termin ausreichend Zeit für Sie und kann er auf Ihre Fragen kompetent antworten?
- Vereinbart der Installateur vor Angebotserstellung einen Vor-Ort-Termin bei Ihnen? Handwerker, die per E-Mail eine Anlage planen wollen, sind auf das schnelle Geld aus. Eine gute PV-Anlage und ein genaues Angebot kann nur nach einem Aufmaß vor Ort kalkuliert werden.
- Sieht sich der Installateur beim ersten Besichtigungstermin das Dach genau an? Prüft er bei nahegelegenen Bäumen oder Gebäuden die genaue Verschattung (z. B. mit einem Sonnenbahnindikator)? Hat er geeignetes Messwerkzeug dabei, um die Traufhöhe des Daches, Dachlänge, Neigung des Daches zu berechnen?
- Wird die Anlage von Fachkräften (Solar, Dach, Elektro) montiert?

**Check 3: Angebot**

- Achten Sie in den Angeboten auf genaue Angaben. Legen Sie Wert auf eine ausgewiesene Gesamtleistung der PV-Anlage!
- Achten Sie auf Prüfzertifikate der Anlagenteile!
- Enthält die Anlage die Zusicherung einer Dokumentation? Das ist bei künftigen Wartungsarbeiten von Bedeutung.
- Enthält das Angebot versteckte Nebenkosten?
- Beinhaltet das Angebot die Vorbereitungen für den Einspeisezähler, das Gerüst, die Verkabelung und die komplizierte Beantragung der Anlage?
- Wenn mehrere Handwerksbetriebe zusammenarbeiten, dann müssen Aufgaben, Leistungen, Haftungen und Gewährleistungen festgeschrieben werden.
- Achten Sie auf Lieferbedingungen, Lieferzeit, Zahlungsbedingungen und Verbindlichkeitsfrist.
- Liefert der Anbieter eine Ertrags-, Rendite- und Liquiditätsprognose?
- Prüft der Installateur den Hausanschlusskasten? Übernimmt er gegebenenfalls die Beantragung eines neuen?
- Achten Sie darauf, ob den Angebot Datenblätter der angebotenen Komponenten wie Module und Wechselrichter beiliegen!
- Entsprechen alle Anlagenteile Ihren Qualitätsansprüchen, z. B. Markenmodule?
- Enthält das Angebot bereits die Mehrwertsteuer?
- Werden für die angebotenen Anlagenteile Garantien gewährt?
- Akzeptieren Sie nur einen Pauschalpreis für Montage und Installation, wenn darin alle anfallenden Arbeiten ausdrücklich eingeschlossen sind.
- Prüfen Sie, wie lange das Angebot gilt.

**Check 4: Auswahl Solarmodul**

- Achten Sie auf den Wirkungsgrad des auszuwählenden Solarmoduls. Bei kleineren Dächern empfehlen sich kristalline Module mit ihrem hohen Wirkungsgrad. Bei großen Flachdächern etc. bieten sich Dünnzellenmodule an. Werden diese auf dem ganzen Dach verlegt, fangen sie die Verluste des niedrigeren Wirkungsgrades wieder auf – zumal dabei keine Unterdachkonstruktion notwendig ist und sie weniger verschattungsanfällig sind.
- Achten Sie auf die Leistungstoleranzen der Module. Die Leistungstoleranzen sollen einen möglichst engen Bereich kennzeichnen. Gute Module besitzen eine Leistungstoleranz von  $\pm 5\%$ . Lassen Sie sich zudem die entsprechenden Messdaten-Aufkleber aushändigen.
- Machen Sie den Garantiecheck: Zwei Jahre sind vom Gesetzgeber für die Fertigungsqualität vorgeschrieben. Zusätzlich gewähren die meisten Anbieter auf das Modul eine freiwillige Leistungsgarantie, z. B. auf 80 % der Nennleistung oder manchmal nur auf die Mindestleistung für den Zeitraum von 10 bis 25 Jahren. Fragen Sie, welche Ersatzleistungen der Hersteller im Garantiefall anbietet.
- Kontrollieren Sie die Prüfsertifikate!
- Modulherkunft: Seriöse Anbieter geben nicht nur Auskunft über das Herstellungsland des Solarmoduls sondern auch, woher die Solarzellen stammen. Über die Produktion der Zellen in Asien werden oft keine oder nebulöse Angaben gemacht. Die Produktion in Asien muss nicht Qualitätsminderung bedeuten, kann es aber bei Billigproduktionen. Prüfen Sie, wie ausländische Modulhersteller im Garantiefall haften.
- Achten Sie auf die Stabilität der Glasabdeckung. Stabil gegenüber Hagelanschlag ist zum Beispiel eisenarmes Sicherheitsglas.
- Zeitschriften wie Öko-Test und Photon oder die Stiftung Warentest (Zeitschrift Test + [www.test.de](http://www.test.de)) führen neutrale Produkttest zu Solarmodulen durch. Informieren Sie sich bei einem aktuellen Test, bevor Sie die Module einkaufen.

**Check 5: Auswahl Wechselrichter**

- Die Nennleistung des Wechselrichters sollte nicht mehr als 10 Prozent unter der Anlagenleistung des Solargenerators liegen.
- Vergleichen Sie nicht den maximalen Wirkungsgrad, sondern den europäischen Wirkungsgrad von Wechselrichtern.
- Fragen Sie nach den optimalen Betriebstemperaturen für den Wechselrichter („Wechselrichter mögen es kühl“). Besonders bei Montage des Wechselrichters auf dem Dachboden könnte es im Sommer zu Überhitzung kommen und der Wechselrichter arbeitet mit zu niedrigen Wirkungsgrad, was zu Ertragseinbußen führt.
- Besitzt der Wechselrichter eine eingebaute ENS, die das Gerät von der Anlage trennt, wenn es zu Stromausfällen kommt?
- Besitzt der angebotene Wechselrichter ein Anzeige mit den Anlagendaten / Erträgen? Wie viel kostet eine Zusatzausstattung für die Datenanzeige auf dem PC, bzw. auf separaten Display im Wohnraum?
- Besitzt der Wechselrichter von Haus aus einen integrierten Überspannungsschutz?
- Fragen Sie nach der Gehäuseschutzart. Diese muss an die Außen- oder Innenmontage des Wechselrichters angepasst sein.
- Klären Sie Garantiezeiten und Wartung des Wechselrichters! Fällt der Wechselrichter aus, steht die Anlage still und Sie verdienen kein Geld mehr mit der Anlage. Bietet der Wechselrichterhersteller eine 24-Stunden-Hotline und wie schnell wird das Gerät ausgetauscht?

**Check 6: Anlagenwartung**

- Lesen sie mindestens monatlich die Zählerstände am Einspeisezähler / Display des Datenloggers ab und vergleichen sie die erzielte Anlagenleistung mit der errechneten Ertragsprognose. Nur so können sie eventueller Ertragsminderung auf die Spur kommen.
- Prüfen Sie am Wechselrichter das Status- bzw. Fehlerprotokoll. Treten häufige Fehlermeldungen auf, sollten Sie Ihren Installateur rufen.
- Prüfen Sie alle Sicherungen der Anlage. Sollten Sicherungen öfters auslösen, dann rufen Sie den Installateur zu Hilfe.
- Prüfen Sie hin und wieder, ob der Wechselrichter morgens nach Sonnenaufgang auch an ist. Sollten nach Sonnenaufgang mehr als Stunde vergehen, bis die Anlage Strom liefert, stimmt etwas nicht. Und der Installateur muss helfen.
- Kontrollieren Sie hin und wieder, ob kein Schatten auf die Anlage fällt, wenn zum Beispiel ein Ast zu weit gewachsen ist oder der Nachbar einen neue Antennen installiert hat.
- Checken Sie, ob der Regen die Module immer sauber wäscht. Sollten im Herbst Blätter auf den Modulen kleben bleibe, müssen diese entfernt werden.
- Prüfen Sie, ob die Module in Ordnung sind: Kein Glasbruch, keine Verfärbungen und keine Feuchtigkeit im Modul auftreten. Sollten Sie einen Schaden bemerken – er tritt meist im ersten Jahr nach der Neuinstallation auf – sofort beim Installateur reklamieren und ein Austausch veranlassen.
- Schauen Sie auf dem Dach nach, ob die Solarkabel alle befestigt sind und nicht scheuern sowie ob alle Steckverbindungen noch intakt sind.
- Ziehen Sie im Zweifelsfall immer einen Fachmann hinzu und vermeiden Sie Schäden durch Eigenreparaturen.



**Check 7: Weg zu Ihrer Photovoltaik-Anlage**

<input type="checkbox"/>	<b>Informationen</b> beschaffen	aus Internet, Büchern, Zeitschriften, Freunden, Verbänden (Kapitel 2)
<input type="checkbox"/>	<b>Fachliche Beratung</b> einholen, dazu gehören: • Bauliche Voraussetzung	vom Fachhandwerk (Kapitel 2)
	• Größe und Kosten ermitteln	
	• Ausstattung der Anlage festlegen	(Kapitel 2)
<input type="checkbox"/>	Baugenehmigung einholen	Bauamt / Kommunalverwaltung (Kapitel 2)
	Einspeisebedingungen klären	Stromnetzanbieter (Kapitel 2)
	Dachnutzung klären (bei Fremddächern)	Dach-Eigentümer (Kapitel 2)
<input type="checkbox"/>	Angebote einholen	Fachbetriebe oder über <a href="http://www.solaranlagen-portal.de">www.solaranlagen-portal.de</a> (Kapitel 3)
<input type="checkbox"/>	Finanzierung und Fördermöglichkeiten klären, Anträge stellen, Bewilligung abwarten	Kreditinstitute, Hausbank, Förderstellen bei Bund und Ländern (Kapitel 3)
<input type="checkbox"/>	Auftrag erteilen	an den Fachbetrieb
	Versicherung abschließen bzw. erweitern	mit dem Versicherungsbüro (Kapitel 3)
	Anmeldung für die Vergütung	bei Ihrem Stromanbieter (Kapitel 3)
<input type="checkbox"/>	Montage der Photovoltaik-Komponenten	Fachbetrieb (Kapitel 4)
	Elektroinstallation & Anschluss ans Netz	Fachbetrieb (oder Elektroinstallateur) (Kapitel 4)
	Fertigstellung melden	beim Stromanbieter,
<input type="checkbox"/>	Inbetriebnahme	Fachbetrieb, ggf. EVU (Kapitel 4)
	Anmeldung beim Anlagenregister	Bundesnetzagentur (Kapitel 4)
<input type="checkbox"/>	Strom erzeugen	Sonne :) )

## Adressen

### Solaranlagen-Portal.de



*Photovoltaik-Videos*

<https://www.solaranlagen-portal.de/videos/alle-photovoltaik-videos.html>



*Kostenloser Preisvergleich*

[https://www.solaranlagen-portal.de/preisvergleich\\_photovoltaik.html](https://www.solaranlagen-portal.de/preisvergleich_photovoltaik.html)



*Fragen und Antworten im Forum*

<https://www.solaranlagen-portal.de/forum.html>



*Umfragen zur Photovoltaik*

<https://www.solaranlagen-portal.de/Umfragen.html>



*Solaranlagen-Portal.de auf Twitter*

[https://twitter.com/solaranlagen\\_4u](https://twitter.com/solaranlagen_4u)



*Solaranlagen-Portal.de auf Facebook*

<https://www.facebook.com/SolaranlagenPortal.de>



*Solaranlagen-Portal.de auf Google+*

<https://plus.google.com/+SolaranlagenportalDe4u/posts>



*Solaranlagen-Portal.de auf YouTube*

<https://www.youtube.com/user/SconMarketing>

### Verbände und Vereine

*Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE)*

[www.bee-ev.de](http://www.bee-ev.de)

*Bund der Energieverbraucher*

[www.energieverbraucher.de](http://www.energieverbraucher.de)

*Bundesverband Solarwirtschaft*

[www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de)

*Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS)*

[www.dgs.de](http://www.dgs.de)

*Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. (SFV)*

[www.sfv.de](http://www.sfv.de)

### Behörden

*Clearingstelle EEG*

[www.clearingstelle-eeg.de](http://www.clearingstelle-eeg.de)

*Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)*

[www.bafa-foerderung.eu.ki](http://www.bafa-foerderung.eu.ki)

*Bundesnetzagentur*  
[www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de)

*Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)*  
[www.kfw-foerderbank.de](http://www.kfw-foerderbank.de)

## **Rechtsberatung zum Solarenergie-Recht**

*Maslaton Rechtsanwalts-gesellschaft mbH, Leipzig*  
<http://www.maslaton.de/rechtsanwalt/photovoltaik>

*Rechtsanwalt Martin Bieber, Freiburg*  
[www.rechtsanwalt-bieber.de](http://www.rechtsanwalt-bieber.de)

## **Sonstiges**

*Infoportal des Umweltministeriums*  
[www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)

*solid, gemeinnützige GmbH, Solarenergie Kompetenzzentrum*  
[www.solid.de](http://www.solid.de)

*Top50-Solar*  
[www.top50-solar.de](http://www.top50-solar.de)

*Photovoltaik-Experte Volker Quaschnig*  
[www.volker-quaschnig.de](http://www.volker-quaschnig.de)

*Solar-Strahlungsvorhersagen und Ertragsprognosen*  
[www.solar-wetter.com](http://www.solar-wetter.com)

*Informationen zu Blockheizkraftwerken*  
[www.ihr-bhkw.de](http://www.ihr-bhkw.de)

*Solaranlagen-News*  
[www.sunnetwork.org](http://www.sunnetwork.org)

*Umwelt-Online-Award*  
[www.umwelt-online-award.de](http://www.umwelt-online-award.de)

## Glossar

### AC

AC ist die englische Abkürzung (**a**lternating **c**urrent) für Wechselstrom. Im europäischen Stromnetz beträgt die Frequenz des Wechselstroms 50 Hz. Solarzellen produzieren Gleichstrom (engl. DC; **d**irect **c**urrent), den ein Wechselrichter in Wechselstrom (AC) umwandelt, damit der Sonnenstrom ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden kann.

### Amorphe Solarzellen

Diese, auch Dünnschichtzelle genannten, Solarzellen benötigen bei der Herstellung weniger kostbares Halbleitermaterial als die heute weit verbreiteten kristallinen Solarzellen. Sie sind gegenüber den kristallinen Solarzellen etwa 100-fach dünner. Das stromleitende, nichtkristalline (amorphe) Material – Silizium (Si), Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) oder Cadmium-Tellurid (CdTe) - wird auf Glas oder Edelstahlfolie aufgedampft. Die produzierten Dünnschicht-Solarmodule besitzen einen geringeren Wirkungsgrad (7-9%) gegenüber kristallinen Solarzellen. Dünnschicht-Solarmodule erkennt man an ihrer dunkelbraunen bis schwarzen Farbe.

### Blitzschutz

Beim Einbau einer Photovoltaik-Anlage müssen die Installateure die geltenden Blitzschutznormen einhalten. Ihre Solar-Anlage wird somit im Falle eines Blitzeinschlages vor Schäden durch Überspannung geschützt.

### Datenlogger

Datenspeicher, der die Betriebsdaten der Solar-Anlage speichert und dem Anlagenbesitzer eine Funktionskontrolle der Solarstrom-Anlage über einen längeren Zeitraum ermöglicht.

### DC

DC ist die englische Abkürzung (**d**irect **c**urrent) für Gleichstrom. Solarmodule erzeugen Gleichstrom. Bei netzgekoppelten Anlagen wandelt ein Wechselrichter den Solar-Gleichstrom in netzfähigen Wechselstrom um.

### Degradation

Als Degradation (Alterung) wird die Leistungsabnahme eines Solarmoduls durch Alterung bezeichnet. Viele Modulhersteller garantieren, dass ihre Module nach 20 Jahren noch 80% der angegebenen Leistung bringen. Erfahrungswerte zeigen, dass die tatsächliche Leistungsminderung jedoch bei guten Modulen weniger (z. B. 10%) nach 20 Jahren beträgt.

### Dotierung

Durch die gezielte Zugabe von einer geringen Menge an Fremdatomen, so genannter Dotier-Atome, wird die elektrische Leitfähigkeit eines Halbleiters gesteigert. Dotierte Halbleiter werden u.a. zur Herstellung von pn-Übergängen in Solarzellen verwendet.

**Dünnschichtsolarzelle**

Siehe *amorphe Solarzellen*

**Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)**

Das deutsche „Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien“, kurz Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) genannt, regelt seit 1. April 2000 die Vergütung, Anschlussbedingungen und weitere Bedingungen beim Stromeinspeisen aus erneuerbarer Energie wie der Photovoltaik ins öffentliche Stromnetz.

**Einspeisevergütung**

Gesetzliche Vorgabe zur Förderung von Photovoltaik-Anlagen nach EEG. Die Einspeisevergütung erhalten Solar-Anlagen-Besitzer von ihrem örtlichen Stromnetzbetreiber. Voraussetzung ist, dass ihre Solar-Anlage über ein netzgekoppeltes System Strom in das öffentliche Netz einspeist. Für jede Kilowattstunde Sonnenstrom erhält der PV-Betreiber einen staatlichen Festpreis garantiert 20 Jahre lang. Die Höhe der Vergütung – Cent pro Kilowattstunde (ct/kWh) - legt das EEG fest. Die Vergütungssätze sind je nach Anlagenart (Aufdachanlagen, Freiflächenanlagen oder Fassadenanlagen) unterschiedlich.

**Einspeisezähler**

Misst die ins öffentliche Netz eingespeiste Solarstrommenge in Kilowattstunden. Er wird neben dem bereits vorhandenen Verbrauchszähler installiert. Der Einspeisezähler bleibt Eigentum des örtlichen Stromnetzbetreibers, der dafür eine Gebühr (25 bis 30 Euro) erhebt. Auf Grundlage dieser Messung wird ermittelt, wie viel Strom Sie Ihrem Stromnetzbetreiber in Rechnung stellen können (Einspeisevergütung).

**Ertrag**

Der Energieertrag der Solaranlage ist abhängig vom Stand der Sonne und schwankt deshalb gemäß dem Strahlungsangebot am Standort und mit den Jahreszeiten. Der Ertrag ist weiterhin abhängig vom Anlagenaufbau (Ausrichtung, Neigung), Umgebungseinflüssen (Verschattung, Verschmutzung, Reflexionen) und anlagenspezifischen Faktoren (Wirkungsgrad der Module und Wechselrichter, Wechselrichterleistung, Leitungsverluste). In Deutschland liegt der Anlagenertrag im Durchschnitt bei 850 bis 950 kWh pro 1 kWp installierter Leistung. Der Ertrag wird direkt am Einspeisezähler in kWh abgelesen.

**Europäischer Wirkungsgrad**

Der europäische Wirkungsgrad stellt einen gemittelten Wirkungsgrad eines Wechselrichters dar. Er wird berechnet, indem verschiedene Teillastwirkungsgrade und der Vollastwirkungsgrad nach der Häufigkeit ihres Auftretens gewichtet werden. Handelsübliche Wechselrichter haben europäische Wirkungsgrade von ca. 90 bis 98 %.

**EVU**

Abkürzung für **E**nergie**v**ersorgungs**u**nternehmen

**GAK - Generatoranschlusskasten**

Photovoltaik-Verteilerkasten, in dem die Kabel der gesamten Module zusammenlaufen. Zusätzlich können Sicherungen für die Modulstränge, Blitzüberspannungsschutz und weitere Schalter eingebaut sein.

**Globalstrahlung**

Strahlungsenergie der Sonne, welche pro Zeiteinheit auf eine horizontale Fläche fällt. Sie ist die Summe aus diffuser, direkter und reflektierter Sonnenstrahlung. Die mittlere jährliche Globalstrahlung auf die Horizontale beträgt in Norddeutschland etwa 950 kWh/m<sup>2</sup> (Hamburg) und in Süddeutschland etwa 1100 kWh/m<sup>2</sup> (München).

**Grid Parity**

Grid ist der englische Name für ein Stromnetz. Grid Parity, deutsch Netzparität / Netzgleichheit, wird erreicht, wenn der erzeugte Strom einer PV-Anlage zum gleichen Preis wie der Endverbraucherstrompreis angeboten werden kann.

**Hotspot-Effekt**

Zerstörung einer Solarzelle durch extreme Hitzeentwicklung bei Teilverschattung eines Solarmoduls. Der Effekt kann durch den Einsatz von Bypass-Dioden vermieden werden.

**Inbetriebnahme**

Anschluss einer Solarstromanlage ans öffentliche Stromnetz durch eine Elektrofachkraft. Nach dem Prüfen und Kontrollmessungen der neu errichteten Anlage wird sie vom Netzbetreiber abgenommen.

**Inselanlagen**

Solarstromanlage ohne Netzkopplung ans öffentliche Stromnetz. PV-Inselanlagen werden vor allem eingesetzt, wo ein Anschluss an das Stromnetz nicht möglich ist, wie auf Berghütten oder mobil auf Schiffen. Die erzeugte Sonnenenergie wird in Batterien zwischengespeichert und danach verbraucht.

**Kilowatt peak (kWp)**

Einheit, welche die Spitzenleistung (engl. peak- Spitze) eines Solarmoduls oder eines Solargenerators unter genormten Testbedingungen angibt. In der Praxis arbeiten Solarmodule oft bei höheren Betriebstemperaturen als beim Test. Deshalb bleibt Modulleistung im Betrieb meist unter der Spitzenleistung.

**Kilowattstunde (kWh)**

Maßeinheit der Arbeit und damit eine Energieeinheit. Eine Kilowattstunde entspricht der Energie, welche eine Anlage mit einer Leistung von einem Kilowatt in einer Stunde aufnimmt oder abgibt. In Kilowattstunden werden Strom-, aber auch Heizwärmekosten abgerechnet.

**Kristalline Solarzellen**

Bestehen aus hochreinem, kristallinen Silizium. Nach der Kristallstruktur unterscheidet man monokristalline (regelmäßige) Solarzellen und polykristalline (Eis-

blumenstruktur) Solarzellen. Grundsätzlich verfügen kristalline Solarzellen über einen höheren Wirkungsgrad als Dünnschicht-Solarzellen.

### **Leistungstoleranz**

Toleranzangabe der Nennleistung im Datenblatt oder auf dem Typenschild eines Solarmoduls. Sie gibt den Bereich an, in dem die Leistungen der einzelnen Solarmodule abweichen dürfen. Bei hochwertigen Modulen liegt die Leistungstoleranz nicht über  $\pm 5$  Prozent.

### **Maximum-Power-Point (MPP)**

Englisch für "Punkt maximaler Leistung". An diesem Punkt der Stromstärke-Spannungs-Kennlinie (I-U-Kennlinie) erzeugt ein Solarmodul seine maximale Leistung. Durch MPP-Tracking (tracking engl. für Nachführen oder Verfolgen) im Wechselrichter kann dieser Punkt in jedem Betriebszustand gefunden und eingestellt werden

### **Modul**

Siehe *Solarmodul*

### **Monokristalline Solarzelle**

Zellbasis besteht aus einem einzigen Siliziumkristall. Erkennt man an ihrer schwarzen bis bläulichen Farbe. Gegenüber polykristallinen Solarzellen besitzen monokristalline Solarzellen einen höheren Wirkungsgrad. Dafür ist die Herstellung energieintensiver.

### **Montagesystem**

Montagegestell aus Metallschienen und Zubehör zum Befestigen von Solarmodulen auf Dächern, Fassaden oder Freiflächen. Montagesysteme sind statisch geprüft, dass sie problemlos auch Sturm und Schneelasten aushalten.

### **Multikristalline Solarzelle**

Ausgangsmaterial für multikristalline Solarzellen – häufig auch polykristallin genannt – ist in Blöcke gegossenes Silizium. Beim Herstellen entstehen relativ große Kristalle mit sichtbaren Korngrenzen, erkennbar an der eisblumenartigen Oberflächenstruktur. Der Wirkungsgrad einer multikristallinen Solarzelle ist geringer gegenüber monokristallinen Solarzellen. Das Herstellungsverfahren ist jedoch billiger, weil weniger Energie gebraucht wird.

### **Neigungswinkel**

Winkel zwischen den Solarmodulen und der Horizontalen. Der optimale Neigungswinkel liegt bei ca. 30 Grad.

### **Netzbetreiber**

Stromnetzbetreiber ist der örtliche Energieversorger (Stadtwerke oder Energieversorgungsunternehmen). Nach dem EEG ist der Netzbetreiber verpflichtet, den eingespeisten Solarstrom abzunehmen und entsprechend dem EEG zu vergüten. Der Netzbetreiber kann gleichzeitig der Lieferant / Händler des anliegenden Haushaltstroms sein, muss es aber nicht. Seit Liberalisierung des deut-

schen Strommarktes darf jeder Haushalt seinen eigenen Stromanbieter wählen, wie zum Beispiel Ökostrom.

### Netzgekoppelte Anlage

Photovoltaik-Anlage mit Anschluss an das örtliche Stromnetz, wo sie den erzeugten Solarstrom einspeist. Im Gegensatz zur netzgekoppelten Anlage wird bei Inselanlagen der Solarstrom vor Ort verbraucht und in Batterien zwischengespeichert.

### Netzüberwachung

Trennt die PV-Anlage automatisch vom örtlichen Stromnetz, sobald es ausfällt. Eine Netzüberwachungseinrichtung im Wechselrichter kontrolliert deshalb ständig, ob das Stromnetz anliegt. Es gibt zwei gängige Systeme zur Netzüberwachung, die ENS und die dreiphasige Spannungsüberwachung.

### Netzeinspeisegerät (NEG)

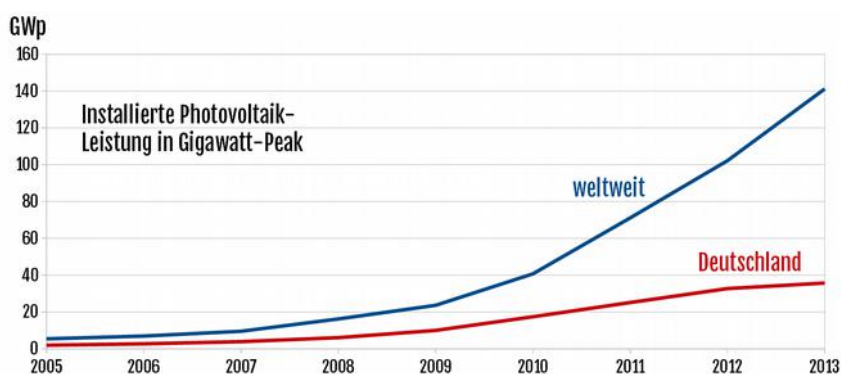
siehe *Wechselrichter*

### Photon

„Lichtteilchen“, die kleinste Energieeinheit des Lichts. Das Elementarteilchen Photon bewegt sich mit Lichtgeschwindigkeit, und wenn es auf eine Solarzelle trifft, wird seine Energie direkt in Strom umgewandelt.

### Photovoltaik

Beschreibt die Erzeugung von elektrischem Strom aus Sonnenenergie. Zusammensetzung aus dem griechischen Wort "Phos" (Licht) und der Einheit „Volt“ für die elektrische Spannung. Die Abkürzung für Photovoltaik lautet "PV" (deutsch und englisch).



### String

Englische Bezeichnung für "Strang"; bezeichnet die Zusammenfassung mehrerer elektrisch in Reihe geschalteter Solarmodule.

### Solargenerator

Alle Solarmodule einer Anlage bilden den Solargenerator, auch Solarstromgenerator, welcher z. B. auf dem Hausdach montiert wird.



**Solarmodul**

Bauelement einer Solaranlage, in dem viele Solarzellen elektrisch miteinander verschaltet sind. Zum Schutz vor Wetter und mechanischer Einwirkung sind die Solarzellen in Kunststoff oder Harz eingebettet und mit einer Glasfront und rückseitigen Abdeckung (Folienverbund oder Glas) versehen.

**Solarzelle**

Elektrisches Bauelement, in dem Sonnenlicht in Strom umgewandelt wird. Eine einzelne Solarzelle ist 10 x 10 cm oder 15 x 15 cm groß und hat eine Arbeitsspannung von ca. 0,5 bis 0,8 Volt. Viele Solarzellen zusammengeschaltet und wetterfest geschützt, bilden ein Solarmodul.

**Verschattung**

Als Verschattung (auch Abschattung) bezeichnet man den Schatten den Wolken, Bäume oder Gebäude auf einen Solargenerator werfen. Verschattung führt zu Ertragseinbußen und in seltenen Fällen zu Hotspot in den Modulen.

**Wafer**

Hauchdünn gesägte, meist quadratische Scheiben aus Silizium, aus denen Solarzellen hergestellt werden.

**Wechselrichter**

Wechselrichter sind das Herzstück zwischen Solargenerator und Stromnetz. Bei netzgekoppelten Anlagen wandelt der Wechselrichter (hier auch Netzeinspeisegerät - NEG genannt) den Gleichstrom der Solarmodule in netzkompatiblem Wechselstrom um. Bei Inselanlagen wandelt er den Gleichstrom für alle wechselstrombetriebenen Elektrogeräte um.

**Wirkungsgrad**

Verhältnis von zugeführter zu abgegebener Energie. Der Wirkungsgrad von Solarmodulen liegt bei 5 bis 18 Prozent. Bei Wechselrichtern liegen die Wirkungsgrade bei der Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom bei 90 bis 98 %. Da bei der Photovoltaik die Primärenergie durch die Sonne kostenfrei zur Verfügung steht, spielt – anders als z. B. bei Heizungsanlagen – der Wirkungsgrad der Solarmodule eine untergeordnete Rolle.

## 10 Mythen und Fakten zur Photovoltaik

Man hört ziemlich viel zur Photovoltaik. Was stimmt und was stimmt nicht? Wir untersuchen 10 Mythen auf Ihren Wahrheitsgehalt und schaffen Fakten!



### Mythos 10

*"Die Sonne in Deutschland reicht nicht für die Photovoltaik"*

Fakt ist, dass 7-8 m<sup>2</sup> Dachfläche genügen um den durchschnittlichen Strombedarf eines Deutschen zu decken. Würde man 2% der Fläche Deutschlands mit Solarmodulen bedecken, wäre unser gesamter Strombedarf gedeckt.

Wichtig ist die richtige Dachausrichtung und -neigung, dann reicht die Sonne auf jeden Fall auch in Deutschland, auch wenn eine Photovoltaikanlage in Spanien mehr produziert.

### Mythos 9

*„Photovoltaik ist ineffizient“*

Das ist falsch. An sonnigen Tagen produzieren alle deutschen Photovoltaikanlagen zusammen mehr Energie als alle Atomkraftwerke Deutschlands.

### Mythos 8

*„Die Leistung von Photovoltaikmodulen lässt stetig nach“*

Ja, das stimmt. Allerdings nur sehr geringfügig. Das Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme stellte in einer Studie nur einen durchschnittlichen Leistungsabfall von 0,1% des Wirkungsgrades pro Jahr fest.

### Mythos 7

*„Photovoltaikanlagen lohnen sich nicht“*

Hier hilft nur ein Vergleich mit anderen Investitionen. Photovoltaikanlagen sind durch die auf 20 Jahre staatlich garantierte Einspeisevergütung eine sehr sichere Investition und erbringen eine Rendite von 3 bis 5%. Ob das gut oder schlecht, darf jeder selbst entscheiden.

### Mythos 6

*„Solarmodule sind nach 20 Jahren kaputt und müssen ersetzt werden“*

Wie kommt man auf diese Idee? Vielleicht weil die Einspeisevergütung für 20 Jahre gezahlt wird? Auf jeden Fall ist das Quatsch. Belastungstests haben ergeben, dass manche Solarmodule 30 bis 40 Jahre umweltfreundlichen Strom erzeugen können. Nach ca. 10 Jahren hat eine Photovoltaikanlage die eigenen

Investitionskosten wieder eingebracht. Sollten die Module 35 Jahre halten, befindet sich der Besitzer 25 Jahre lang in der Gewinnzone.

### Mythos 5

*„Die Photovoltaik ist zu teuer“*

Eine durchschnittlich große PV-Anlage kostet derzeit 10.000 EUR, was für die meisten Hausbesitzer bezahlbar ist. Dies wurde durch Technologie-Fortschritt und größere Konkurrenz erreicht. So waren die Preise vor einigen Jahren noch dreimal so hoch. Aber vielleicht meint das Argument „Die Photovoltaik ist zu teuer“ ja auch nicht Anschaffungskosten, sondern die Kosten für die Allgemeinheit. Was uns zum nächsten Mythos bringt.

### Mythos 4

*„Die Photovoltaik verteuert den Strom für Privathaushalte“*

Ja, das stimmt leider. Die EEG-Umlage wälzen die Energieversorgungsunternehmen über den Strompreis auf die Privathaushalte ab. Da hilft nur eins: nicht jammern, sondern selbst eine Photovoltaikanlage installieren und dadurch auch ein Empfänger der EEG-Umlage werden. So zahlt man nicht ausschließlich in den Topf ein, sondern ist auch Nutznießer. So als nimmt man sein Geld aus der rechten Hosentasche und steckt es in die linke.

### Mythos 3

*„Die Photovoltaik wird viel zu stark subventioniert“*

Die Einspeisevergütung wird über die EEG-Umlage gezahlt, was per definition keine Subvention, sondern eben nur eine Umlage ist. Vielleicht mag man das als reine Wortklauberei abtun. Fakt ist, dass die Photovoltaik aber ohne eine gewisse finanzielle Unterstützung nicht das wäre, was sie heute ist. Beachtenswert ist dazu das Ergebnis einer Studie des Forums Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft:

*„(Die) konventionellen Energieträger Atomenergie, Steinkohle und Braunkohle profitieren seit Jahrzehnten in erheblichem Umfang von staatlichen Förderungen in Form von Finanzhilfen, Steuervergünstigungen und weiteren begünstigenden Rahmenbedingungen. Würde man diese Kosten auch als Umlage auf den Strompreis umlegen, wäre diese heute mit 10,2 Ct/kWh fast dreimal so hoch wie die EEG-Umlage (des Jahres 2012).“ (Quelle: Greenpeace)*

Wer wird hier zu stark gefördert? Die Photovoltaik scheint es nicht zu sein...

### Mythos 2

*„Photovoltaikanlagen sind gar nicht wirklich umweltfreundlich, es wird mehr Energie bei der Produktion verbraucht, als sie selbst erzeugen“*

Natürlich braucht man Energie für die Produktion einer Photovoltaikanlage. Fakt ist aber, dass jedes Photovoltaikmodul 10 bis 15 mal mehr Energie erzeugt, als für seine Produktion benötigt wurde. Denn die Menge, die für die Herstellung benötigt wird, erzeugt ein Solarmodul schon in 2 Jahren.

Außerdem reduziert man durch die Solarstromerzeugung den CO<sub>2</sub>-Ausstoss erheblich und es entsteht kein Elektrosmog. Zusätzlich haben sich in Europa fast alle Hersteller selbst verpflichtet ausgediente Photovoltaikmodule zurückzunehmen und zu recyceln.

### Mythos 1

„Der Solarboom in Deutschland ist vorbei“

Definitiv nicht. Denn in wenigen Jahren werden Stromspeicher für die eigene Photovoltaikanlage technisch soweit sein, dass man sie wirtschaftlich betreiben kann. Und dann wird der Traum jedes Photovoltaikanlagen-Besitzers möglich sein: komplett unabhängig von den Stromkonzernen

## 10 Vorteile einer Photovoltaikanlage

Warum installieren so viele Hausbesitzer eine Photovoltaikanlage? 10 Vorteile einer Photovoltaikanlage!

### Vorteil 1

#### Umweltschutz

Der Strom aus der Sonne ist im Gegensatz zu fossilen Energieträgern unbegrenzt verfügbar - ein riesiger Vorteil der Photovoltaik und anderen erneuerbaren Energieträgern. Photovoltaikanlagen arbeiten wirklich umweltfreundlich: es kommt dabei zu keinerlei Freisetzen von Feinstaub wie zum Beispiel Rußpartikeln oder dem Treibhausgas CO<sub>2</sub>. Zum Vergleich: aus konventionellen Kraftwerken steigen dicke Rauchschwaden auf. Ganz zu schweigen von Katastrophen: selbst über 20 Jahre nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl sind immer noch weite Teile der Ukraine durch den Super-GAU nicht bewohnbar.

Energie wird zwar bei der Herstellung der PV-Anlage benötigt, innerhalb von 2 Jahren hat sie aber bereits die gleiche Menge selbst erzeugt.



Foto: Wikipedia

### Vorteil 2

#### Geräuschlose Stromerzeugung

Das Umwandeln von Sonnenenergie in Strom geschieht komplett geräuschlos - dieser Umstand ist nicht einmal im Bereich der erneuerbaren Energien selbstverständlich. Bei Windrädern beispielsweise wird nämlich genau das öfter mo-

niert: die Rotorblätter sind während des Betriebs ziemlich laut. Selbst ein Blockheizkraftwerk produziert eine gewisse Menge Lärm.

### Vorteil 3

#### *Wertsteigerung des Hauses*

Mit einer Solaranlage auf dem Dach erhöht sich der Wert Ihrer Immobilie bei Verkauf oder Vermietung. Insbesondere beim Verkauf ist nicht nur der Wert der Photovoltaikanlage an sich zu berücksichtigen, sondern auch die voraussichtliche Einnahme durch Stromerzeugung.

### Vorteil 4

#### *Satte Rendite*

Dank der Vergütung nach dem EEG haben Sie eine sichere Einnahmequelle, die Ihnen auf 20 Jahre garantiert ist. Der Solarstrom-Eigenverbrauch bringt noch mehr ein. Die Rendite ist wahrscheinlich der größte Vorteil der Photovoltaik und für die meisten Käufer das Hauptargument.

### Vorteil 5

#### *Unabhängigkeit von Stromkonzernen und -preisen*

Der solar erzeugte Strom kann durch Eigenverbrauch direkt im Haus genutzt werden. Für jede selbst verbrauchte Kilowattstunde Strom spart sich der Betreiber den Zukauf von Strom vom Versorger. Je mehr der Strompreis steigt, desto mehr lohnt sich die Photovoltaik. Ein weiterer großer Vorteil: die Preise für Stromspeicher sinken stetig, dadurch ist in einigen Jahren ein wirtschaftlicher Betrieb solcher Solar-Akkus möglich und der Photovoltaikanlagen-Besitzer wird über Strompreiserhöhungen lachen können.

### Vorteil 6

#### *Einfache Technik*

Photovoltaik-Anlagen sind unkomplizierte Kleinkraftwerke, die jeder Bauherr auf dem eigenen Haus errichten und betreiben kann. Es ist kein großer Umbau erforderlich, denn Solaranlagen können in die bestehende Haustechnik integriert werden.

### Vorteil 7

#### *Versorgungssicherheit*

In sonnenarmen Zeiten erhalten Sie trotzdem Strom und zwar über das öffentliche Netz aus anderen Kraftwerken. Auch im Falle einer Betriebsstörung Ihrer Anlage ist die Versorgung mit Elektrizität gesichert. Für die Zeit, in der die Photovoltaikanlage nicht in Betrieb ist, wird einfach kein Strom mehr erzeugt und damit keine Leistung ins Netz eingespeist.



Aber: sollte mal das Stromnetz zusammenbrechen, hat der Besitzer einer Photovoltaikanlage - zumindest tagsüber - immer noch Strom.

#### **Vorteil 8**

*Kaum Wartungsbedarf*

Eine Photovoltaik-Anlage erzeugt vollautomatisch Strom. Hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer sorgen für einen störungs- und wartungsfreien Betrieb. Auf einige Teile einer Photovoltaik-Anlage gibt es unter Umständen sogar über 20 Jahre Garantie.

Kleiner Wermutstropfen: der Wechselrichter macht nach einigen Jahren schlapp und muss leider ausgewechselt werden. Ein guter Solartechnikler wird dies aber bereits in der Renditeberechnung berücksichtigt haben.

#### **Vorteil 9**

*Modularer Aufbau*

Ein weiterer Vorteil von Photovoltaikanlagen ist, dass klein begonnen werden kann, so dass man nur wenig Solarmodule benötigt, und später verhältnismäßig einfach um weitere Solarmodule ergänzt werden.

#### **Vorteil 10**

*Keine Energiespeicher notwendig, aber möglich*

Da die eingespeiste Elektrizität sofort im Netz verbraucht wird, benötigen Sie keine teuren Stromspeicherakkus (Ausnahme: Inselanlagen). Dennoch werden Energiespeicher schon in wenigen Jahren einen zweiten Solarboom auslösen. Denn viele bestehende PV-Anlagen werden um einen Solar-Akku ergänzt werden und Neu-Anlagen werden direkt mit Batterie verbaut. Solche Energiespeicher machen die Photovoltaikanlagen noch rentabler.