

Jürgen Brück

FRANZIS
ENERGIETECHNIK

Photovoltaikanlagen

professionell planen
und installieren



161 Abbildungen

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 9

1	Grundlagen der Photovoltaik	11
1.1	Wie erzeugt die Solarzelle den Strom?	13
1.2	Netzgekoppelte Solaranlagen und Inselsysteme	16
1.3	Mit unterschiedlichsten Solarzellen auf du und du	20
1.4	Wechselrichter: Was sie können und worauf zu achten ist	30
1.5	Die Modulanschlussdose	37
1.6	Der Netzanschluss	38
1.7	Unterschiedliche Anlagentypen	40
2	Solarmodule optimal nutzen	47
2.1	Technische Daten im Griff haben	49
2.2	Auf höchsten Stromertrag ausrichten	52
2.3	Stromverbraucher anschließen	55
2.4	Solarmodule zusammenschalten	56
2.5	Bypassdioden fachgerecht einsetzen	59
3	Stromspeicher für Inselsysteme	63
3.1	Kapazität für Photovoltaikanlage berechnen	64
3.2	Akkus richtig laden	65
3.3	Solarakku oder Autobatterie?	69

4	Solkraftwerk systematisch planen	71
4.1	Solargenerator auf geneigtem Dach.....	71
4.2	Solargenerator auf Flachdach	82
4.3	Solarmodule als Dachbedeckung: Pro und Contra	88
4.4	Solargenerator an Hausfassade	94
4.5	Freistehende Solarkraftwerke	98
4.6	Die richtigen Solarmodule auswählen.....	100
4.7	Den geeigneten Standort finden	105
4.8	Größe des Solargenerators festlegen.....	107
4.9	Wechselrichter ertragsoptimal einsetzen	110
4.10	Welche Kabel sind die richtigen?.....	115
4.11	Generatoranschlusskasten und Gleichstromhauptschalter.....	117
4.12	Blitzschutz nicht vergessen.....	118
5	Solaranlage fachgerecht aufbauen und installieren.....	123
5.1	Eigenmontage oder Fachbetrieb?.....	123
5.2	Allgemeine Tipps und Hinweise	125
5.3	Photovoltaikanlage auf Schrägdach: Montageschritte im Detail	131
5.4	Montage auf Flachdach.....	146
5.5	Elektroinstallationen im Haus	148
5.6	Fachbetrieb auswählen	151
6	Photovoltaikanlage richtig finanzieren und versichern	153
6.1	Förderprogramme der Bundesregierung	153
6.2	Förderprogramme der Länder	168
6.3	Weitere Geldquellen	170
6.4	Kalkulation für Solarkraftwerk erstellen.....	173
6.5	Welche Versicherung ist die richtige?	178
6.6	Das Finanzamt verdient mit.....	180
6.7	Behördengänge und Kontakt zum Energieversorger	181
6.8	Photovoltaikanlagen auf fremden Dächern	183

7	Solarfonds als Kapitalanlage	185
8	Anhang	189
8.1	Fachwörter- und Abkürzungs-Verzeichnis	189
8.2	Adressen.....	197
8.3	Literatur	203
8.4	Normen und Richtlinien für Fotovoltaikanlagen	206
8.5	RAL-Güteschutz-Solar-Musterverträge.....	210
Index	219	

4 Solarkraftwerk systematisch planen

Nachdem Sie in den vergangenen Kapiteln die Komponenten einer Photovoltaikanlage kennengelernt und erfahren haben, wie diese zu handhaben sind, steht der systematischen Planung eines Solarkraftwerks nichts mehr im Wege. Um Ihnen das Planen zu erleichtern, stellen die ersten Unterkapitel einige grundlegende Montagesysteme ausführlich vor, bevor es ab Kapitel 4.6 um die konkreten Planungsschritte geht. Allerdings kann dieses Buch nicht alle denkbaren Montagelösungen berücksichtigen, im Zweifel sollten Sie deshalb einen Fachbetrieb konsultieren. Beim Planen des Solargenerators sollten Sie darauf achten, dass er sich bei Bedarf relativ schnell demontieren lässt. Das spart vor allem bei netzgekoppelten Anlagen Zeit und Geld. Reparatur- und Sanierungsarbeiten gehen zügig über die Bühne und die PV-Anlage kann schnell wieder Strom liefern. Bei der Planung gleichen sich Inselsysteme und netzgekoppelte Anlagen in vielen Punkten. Dieses Kapitel geht von einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage aus und erläutert an den erforderlichen Stellen die Unterschiede zum Inselsystem.

Computerprogramm hilfreich

Beim Planen der Solaranlage kann Planungssoftware gute Dienste leisten, auf die dieses Kapitel immer wieder eingeht.

4.1 Solargenerator auf geneigtem Dach

Für die Montage des Solargenerators kommt vor allem das Hausdach infrage. Dächer bilden meist eine relativ große Fläche, die noch ungenutzt ist, und sie sind meist relativ sicher vor zeitweiligem Schatten. Häufig anzutreffen ist die Aufdachmontage, bei der man die Module mit einer Metallkonstruktion auf dem Dach befestigt. Die Dachbedeckung bleibt dabei erhalten und behält so ihre wasserabweisende Funktion. Außerdem werden die Solarmodule gut gelüftet und so vor Überhitzung geschützt.



Abb. 4.1: Privathäuser mit Photovoltaik-Aufdachanlagen (Fotos: Solarworld)

Die Aufdachmontage hat allerdings auch Nachteile. Alle Bauteile, einschließlich der Befestigungen, elektrischen Anschlüsse und Kabel, sind auf dem Dach verlegt und so Witterungseinflüssen ausgesetzt. Trotzdem ist die Aufdachmontage bei einem bereits gebauten Eigenheim zu empfehlen, da sie recht kostengünstig und ohne großen baulichen Aufwand zu realisieren ist. Die Metallkonstruktion, die die Solarmodule trägt, besteht aus Dachhaken, Trag- oder Profilschienen und Modulklemmen (Abb. 4.2).



Abb. 4.2: Schema einer Aufdachanlage: Die Dachhaken tragen die Profilschienen, an denen über Klemmen die Solarmodule befestigt sind. (Foto: Schüco)

Welche Befestigungen für die Montage infrage kommen, hängt auch vom Dach ab. So gibt es beispielsweise sparrenabhängige und sparrenunabhängige Lösungen. Letztere sind an den Dachleisten zu befestigen und bieten daher mehr Spielraum, um die Module auf dem Dach zu positionieren. Diese Lösungen sind allerdings statisch nicht so belastbar wie die sparrenabhängigen.

Dachhaken und Befestigungsziegel

Die meisten Anwender befestigen die Solarmodule stabil auf dem Dach, indem sie Dachhaken verwenden. Je nach Bauart können Sie die Haken an die Sparren schrauben oder einfach einhängen. Daran schrauben Sie die Profilschienen, die die Solarmodule tragen. Die Dachhaken können Sie zwischen den Ziegeln durchführen. Wie man bei der Montage der Haken genau vorgeht, beschreibt Kapitel 5.3.3.



Abb. 4.3: Dachhaken (Foto: Schletter)

Einige Hersteller haben auch Befestigungsziegel im Lieferprogramm. Das sind veränderte Dachziegel aus Kunststoff oder Blech, die ursprünglich dazu dienten, Schneefanggitter oder Dachlaufstege zu befestigen. Sie eignen sich auch hervorragend, um die Tragschienen einer Photovoltaikanlage zu montieren. Die Befestigungsziegel setzt man anstelle der normalen Ziegel aufs Dach und schraubt sie an die Sparren, damit die Solarmodule auch bei größeren Belastungen an Ort und Stelle bleiben.

Wie viele Dachhaken oder Befestigungsziegel in welchem Abstand erforderlich sind, hängt vom Typ der Solarmodule, vom Montagesystem sowie von Ort und Abstand der Dachbalken ab. Wenn Sie mit einer Planungssoftware arbeiten, können Sie sich einen Plan für das Dach und die ausgewählten Module ausdrucken (vgl. Kapitel 5.3.1).

Profilschienensysteme: Welche für ebene und welche für unebene Dächer?

Man unterscheidet zwei Systeme: Beim ersten schraubt man eine Lage von Tragschienen an die Haken, auf der man die Solarmodule über Klemmen befestigt (Abb. 4.4). Beim zweiten System sind zwei Lagen von Schienen kreuzweise verschraubt, auf der oberen sind die Solarmodule montiert (Abb. 4.5). Diese Montageart eignet sich für sehr unebene Dächer, weil sie größere Unebenheiten ausgleicht – ein wichtiger Punkt bei der Planung Ihrer Photovoltaikanlage, den Sie bereits im Vorfeld klären sollten. Empfehlenswert sind in diesem Fall auch verstellbare Dachhaken, um die Module so optimal befestigen zu können. Manchmal helfen auch Unterlegscheiben, um den Aufbau zu realisieren. Einige Systeme benötigen eine spezielle Unterfütterung oder besondere Distanzstücke. Kapitel 5.3.4 beschreibt ausführlich die Montage der Profilschienen. Wie Sie darauf die Solarmodule montieren, erläutert Kapitel 5.3.5.



Abb. 4.4: Montierte Profil- oder Tragschiene auf einem Dach mit Biberschwanzziegeln. (Foto: Schletter)



Abb. 4.5: Solargenerator auf kreuzweise montierten Tragschienen. Diese Montageart eignet sich vor allem für sehr unebene Dächer. (Foto: Schletter)

Wenn Sie eine große PV-Anlage planen, kann die sogenannte Gruppenmontage von Solarmodulen interessant sein. Dabei montiert man mehrere Solarmodule bereits am Boden auf den Tragschienen vor und verkabelt sie. Die so vorbereiteten Modulgruppen können Sie auf das Dach hieven und dort auf einer bereits montierten unteren Schienenanlage befestigen. Je nach Abmessungen der Modulgruppen ist dafür allerdings manchmal ein Kran oder ein Schrägaufzug erforderlich.

Trapezdächer

Für Metalldächer, die auf Privathäusern nur wenig anzutreffen sind, führt der Handel spezielle Klauen, die sich an den Falzstegen des Dachs anschrauben lassen. In seltenen Fällen kann man die Tragschienen direkt aufs Metalldach schrauben (Abb. 4.8). Es gibt noch weitere Speziallösungen für besondere Dächer. Sie können auf jeden Fall davon ausgehen, dass es ein Montagesystem gibt, das auch für Ihr Dach passend ist.



Abb. 4.6: Klaue, mit der Sie auf einem Metalldach Solarmodule befestigen können.
(Foto: Schletter)



Abb. 4.7: Die an den Falzstege angeschraubten Klauen halten Metallschienen, die die Konstruktion mit den Solarmodulen tragen. (Foto: Schletter)



Abb. 4.8: Seltener Fall: Die Tragschiene kann der Anwender direkt aufs Metaldach schrauben, weil dieses ohne Falzstege auskommt. (Foto: Schletter)

4.1.1 Gute Statik schützt vor Sturm- und Schnee-Schäden

Auf Dächern montierte Photovoltaikanlagen sind bei Stürmen bisweilen enormen Belastungen ausgesetzt. Deshalb ist bei der Planung der Anlage auf eine gute Statik zu achten. An den Modulen wirken zusätzlich zu ihrem eigenen Gewicht noch externe Druck- und Sogkräfte. Diese zusätzlichen Kräfte entstehen durch Sturm und böigen Wind und – je nach geographischer Lage – durch Schnee, der sich auf den Modulen ablagern kann.



Abb. 4.9: Sturm hat bei schlecht gesicherten Modulen leichtes Spiel. (Foto: Schletter)

Starker Wind und Böen können dem Solargenerator unterschiedlich zusetzen. Drückt der Wind gegen die Module, bremsen diese die Windgeschwindigkeit und sind so einem erhöhten Staudruck ausgesetzt. Auf der windabgewandten Seite nimmt die Windgeschwindigkeit jedoch zu und sorgt so für einen Unterdruck, den Windsog. Dieser Effekt ist derselbe wie beim Flugzeug. Was dort erwünscht ist, damit sich der Flieger überhaupt in die Luft erheben kann, kann bei einem schlecht gesicherten Solarmodul dazu führen, dass es vom Dach gerissen wird. An den Kanten zwischen Wänden und Dachflächen ist dieser Windsog besonders hoch. In den Eckbereichen des Dachs erreicht er seine

Spitzenwerte. Zur Mitte nimmt der Sog wieder ab. Gerade in diesen sensiblen Dachbereichen ist es deshalb wichtig, eine besonders hohe Zahl von Dachbefestigungen pro Quadratmeter zu verwenden. Die folgende Tabelle informiert zusammen mit der Windzonenkarte über den Geschwindigkeitsdruck, dem Gebäude abhängig von ihrer Höhe ausgesetzt sind – 1 Kilonewton (kN) entspricht dabei 1 kg.



Abb. 4.10: Die verschiedenen Windzonen in Deutschland. (Foto: Wikipedia)

Geschwindigkeitsdruck in kN/m² für Bauwerke nach DIN 1055-4

Windzone	Gebäudehöhe bis 10 m	10 m bis 18 m	18 m bis 25 m
1 Binnenland	0,50	0,65	0,75
2 Binnenland	0,65	0,80	0,90
2 Küste und Inseln der Ostsee	0,85	1,00	1,10
3 Binnenland	0,80	0,95	1,10

Geschwindigkeitsdruck in kN/m² für Bauwerke nach DIN 1055-4

Windzone	Gebäudehöhe bis 10 m	10 m bis 18 m	18 m bis 25 m
3 Küste und Inseln der Ostsee	1,05	1,20	1,30
4 Binnenland	0,95	1,15	1,30
4 Küste und Inseln der Ostsee	1,25	1,40	1,55
4 Inseln der Nordsee	1,40	-	-

In schneereichen Gebieten ist die Schneelast die größte Herausforderung. Das zusätzliche Gewicht, das durch den Schnee auf die Module und das Montagesystem wirkt, kann erheblich sein – vor allem dann, wenn dieser nass ist. Um die mittlere Schneebelastung pro Jahr zu bestimmen, ist die Bundesrepublik in vier Schneelastzonen eingeteilt. In der niedrigsten Zone, der Zone I, ist laut Tabelle mit einer durchschnittlichen Belastung von 0,75 kN pro Quadratmeter zu rechnen. Dieser Wert kann sich in Schneelastzone IV bis auf 5,5 kN pro Quadratmeter erhöhen. Je nach Dachneigung fallen die Werte der Tabelle allerdings etwas geringer aus. Besitzt das Dach beispielsweise eine Neigung von 30 Grad, müssen Sie die Zahlen aus der Tabelle mit dem Faktor 0,8 multiplizieren. Bei einer theoretischen Dachneigung von 70 Grad geht man gar von einem Faktor 0 aus, da der meiste Schnee von den Modulen abrutschen würde.

Durchschnittliche Schneelast nach DIN 1055-5

Schneelastzone	Gelände- höhe über NN bis 200 m	300 m	400 m	500m	600m	700m	800m	900m	1000m
I Küste Flachland	0,75	0,75	0,75	0,75	0,85	1,05	1,25	-	-
II Mittel- gebirge	0,75	0,75	0,75	0,90	1,15	1,5	1,85	2,30	-
III Gebirge	0,75	0,75	1,00	1,25	1,60	2,00	2,55	3,10	3,80
IV Hoch- gebirge	1,00	1,20	1,55	2,10	2,60	3,25	3,90	4,65	5,50



Abb. 4.11: Das zusätzliche Gewicht durch Schnee, das auf den Modulen lastet, kann vor allem in schneereichen Gebieten enorm sein. (Foto: Schletter)

Tipps zur windgerechten Aufdachmontage des Solargenerators

- Je größer der Abstand zwischen Modulen und Dachoberfläche ist, desto mehr Angriffsfläche bekommt der Wind. Deshalb sollte dieser Abstand so gering wie möglich sein – aber nicht zu gering, damit die Module ausreichend gekühlt werden.
- Die Module sollten nicht über First, Traufe oder Giebel hinausragen, da der Wind hier besonders stark wirkt.
- Der Abstand der Solarmodule zum Dachrand sollte mindestens fünfmal so groß sein wie der Abstand zwischen den Modulen und der Dachoberfläche.
- Die Module sollten möglichst die gleiche Neigung wie das Dach besitzen.
- Wenn Sie die Module nicht bündig, sondern mit einem kleinen seitlichen Abstand montieren, werden Windkräfte verringert und Pfeifgeräusche vermieden.

4.2 Solargenerator auf Flachdach

Auf einem Flachdach können Sie den Solargenerator mithilfe einer Metallkonstruktion auf der Dachhaut befestigen. Diese Ständer stellen die Module hoch und ermöglichen so einen optimalen Neigungswinkel. Diese Montageart scheidet allerdings wegen des Gewichts bei Dachkonstruktionen aus, die eine sehr geringe Tragkraft haben. Ein Ausweg sind amorphe Dünnschichtzellen (vgl. Kapitel 4.3.2).



Abb. 4.12: Mit Ständern hochgestellte Solarmodule auf einem Flachdach. (Foto: Schletter)

Ein Flachdach hat meist viel Platz, um die Solarmodule aufzubauen, deshalb sind mehrere Reihen von Solarmodulen nicht selten. Bei Planung und Aufbau ist auf einen genügend großen Abstand der Reihen zu achten, damit sich die Module nicht gegenseitig Schatten spenden und so den Stromertrag des Solarkraftwerks empfindlich schmälern.



Abb. 4.13: Bei einer Flachdachanlage ist auf genügend Abstand zwischen den Modulreihen zu achten. (Fotos: Schletter)

Optimalen Abstand der Modulreihen berechnen

Sie können den optimalen Abstand der Modulreihen auf einem Flachdach in Deutschland nach folgender Faustformel berechnen: $\text{Abstand} = 5 \times \text{Breite der Modulreihen}$. Bei diesem Abstand liefern die Solarmodule einen maximalen Stromertrag, wenn der Neigungswinkel bei 30 Grad liegt, was nach Kapitel 2.2 zu empfehlen ist. Wenn Sie dagegen die Dachfläche optimal nutzen möchten, gilt folgende Faustformel: $\text{Abstand} = 3 \times \text{Modulreihenbreite}$.

Da die Solarmodule auf einem Flachdach dem Wind eine große Angriffsfläche bieten, ist eine stabile Montage der Tragegestelle besonders wichtig. Die Hersteller führen mehrere Systeme. Welches für Ihr Dach optimal ist, hängt vom Dach ab. Wenn das Dach zusätzlich belastbar ist, können Sie die Gestelle im sogenannten Schwerlastverfahren aufstellen. Ansonsten müssen Sie die Metallkonstruktion fest dem Dach verbinden.

Schwerlastverfahren für belastbare Flachdächer

Bei diesem Verfahren stellt man die Metallkonstruktionen für die Solarmodule auf das Flachdach und beschwert sie mit Gewichten, damit sie Stürmen standhalten können (Abb. 4.14). Die Modulstände erreichen so schnell ein Gewicht von 90 kg bis 125 kg pro Quadratmeter. Die Statik des Daches muss deshalb einige Reserven besitzen, damit man die Module so aufbauen kann. Die Gestelle können Sie auf Betonsockel, Betonplatten oder -schwelle schrauben, die sich später weiter beschweren lassen. Günstig ist, wenn die Betonsockel bereits eine Form haben, die die spätere Montage der Module vereinfacht. Häufig sind Wannensysteme, bei denen Wannen aus Metall, UV-beständigem Kunststoff oder Faserzement auf dem Dach stehen und mit Kies oder Gehwegplatten gefüllt sind. Das System erhält so das nötige Gewicht, um bei starkem Wind nicht umzukippen. Am Wannengestell befestigen Sie die Montageschienen, die die Solarmodule tragen (vgl. Kapitel 5.4). Wannensysteme haben den Vorteil, dass sie recht leicht aufs Dach zu stellen sind, da sie ungefüllt kein großes Gewicht haben.



Abb. 4.14: Gehwegplatten halten die Modulständer an Ort und Stelle.
(Foto: Schletter)



Abb. 4.15: Wannengestell (Foto: Schletter)

Die Montage eines Solargenerators auf einem Flachdach ist heikel, weil man besonders auf eine gute Isolierung gegen Nässe und Feuchte achten muss. Sonst können schnell Schäden am Haus auftreten. Deshalb sollten Sie bei der Installation der Photovoltaikanlage die Dachhaut möglichst nicht beschädigen, was am einfachsten mit dem Schwerlastverfahren gelingt. Aus statischen Gründen ist dieses Verfahren aber nicht auf jedem Flachdach anwendbar. Wenn die zusätzliche Belastung durch das Gewicht der beschwerten Solaranlage zu groß wird, sind andere Lösungen gefragt, über die Kapitel 4.3.2 informiert.



Abb. 4.16: Mit Kies beschwerte Wannengestelle tragen die Solarmodule. (Foto: Conergy)

Tragständer fest mit Flachdach verbinden

Wenn Sie den Solargenerator fest an der Dachkonstruktion verankern müssen, weil das Schwerlastverfahren ausscheidet, montiert man das Gestell auf Tragständern. Diese Traversen sind an der obersten Geschossdecke oder der äußeren Kante des Daches, der sogenannten Attika, verankert. Die Stellen, an denen Sie die Dachisolierung durchstoßen müssen, sind später sorgfältig abzudichten. Bei der Planung sollten Sie deshalb versuchen, die Zahl der Durchstoßpunkte so gering wie möglich zu halten. Am einfachsten ist die Montage der Traversen, wenn ohnehin eine Sanierung des Daches ansteht.



Abb. 4.17: Unterkonstruktionen von Photovoltaikanlagen, die fest mit dem Flachdach verbunden sind. (Fotos: Schletter)

Statiker zurate ziehen

Ob fest verankert oder im Schwerlastverfahren aufgestellt: Um beim Aufbau der Flachdachkonstruktion auf Nummer sicher zu gehen, sollten Sie in der Planungsphase einen Statiker zurate ziehen. Das vermeidet, Dachhaut und Isolierung unnötig zu verletzen und stellt sicher, dass das Dach dem enormen Gewicht einer nicht verankerten Anlage standhält.

4.3 Solarmodule als Dachbedeckung: Pro und Contra

Unter optischen Gesichtspunkten ist die Indachmontage eines Solargenerators, bei der die Module zur Dachbedeckung werden, sicherlich die ansprechendste Variante. Allerdings sind die Solarmodule nicht so gut gekühlt wie bei Aufdachanlagen. Wegen der höheren Modultemperaturen müssen Sie mit etwas geringeren Stromerträgen rechnen. Außerdem ist diese Montageart deutlich aufwendiger als die bisher vorgestellten Konstruktionen. Wenn Sie Standardmodule verwenden, was in der Regel möglich ist, halten sich die zusätzlichen Kosten in Grenzen. Sollten Sie Ihr Dach neu eindecken müssen und überlegen sich, Solarmodule anstelle der Dachbedeckung zu montieren, reduzieren sich Aufwand und Kosten erheblich. Teuer kann es allerdings werden, wenn das Dach nicht für die Verwendung von Standardmodulen geeignet ist und Sie deshalb auf Spezialanfertigungen zurückgreifen müssen. Als preiswertere Alternative kommen eventuell Solardachziegel infrage (vgl. Kapitel 4.3.1).



Abb. 4.18: Haus ohne Dachziegel, dafür mit Solarmodulen als Dachbedeckung. (Foto: Schüco)



Abb. 4.19: Indachanlage auf einem Privathaus in Tauberbischofsheim.
(Foto: SMA Technologie AG)

Ein großer Vorteil von Indachanlagen besteht neben der reizvolleren Optik darin, dass sie kaum Stürmen und Windböen ausgesetzt sind. Außerdem liegen sämtliche Befestigungs- und Anschlussteile sowie alle weiteren elektrischen Installationen in der Dachhaut und sind so vor Witterungseinflüssen geschützt.

Solarmodule integrieren

Das Konstruktionsprinzip von Indachanlagen ist denkbar einfach. Sie bestehen aus einem Rahmenwerk aus Metall, das man auf der Dachunterkonstruktion anschraubt. Je nach Art der Unterkonstruktion ist es allerdings erforderlich, zusätzliche Dachleisten anzubringen, damit Sie die Profilschienen des Rahmens anschrauben können. In diesen Rahmen setzen Sie schließlich die Solarmodule ein. Die Module können Sie wie bei Aufdachanlagen nach Kapitel 4.1 entweder punktuell an vier Punkten oder linear mit durchgehenden Klemmenleisten befestigen. Bei einigen Indachsystemen sind die Solarmodule am Rahmen anzukleben.



Abb. 4.20: Bei der Indachmontage schraubt man einen Metallrahmen auf die Dachleisten, in die sich die Solarmodule einsetzen lassen. (Foto: Schüco)

Auf Dachisolation achten

Bei der Montage von Indachanlagen muss das Dach wetterdicht bleiben. Der Handel führt dafür verschiedene Lösungen. Einige Systeme arbeiten mit einer schindelförmigen Überlappung der einzelnen Solarmodule und leiten so das Regenwasser genauso ab wie Dachziegel. In den Profilen des Rahmens sammelt sich das Wasser außerdem meist in schmalen Entwässerungskanälen, die es in Richtung Traufe ableiten. In anderen Systemen erfüllen unterhalb der Modulewannen, Bleche oder Matten denselben Zweck. Manche Hersteller verwenden spezielle Profile, um die Fugen zwischen den Modulen komplett abzudichten.



Abb. 4.21: Anbringen einer Dichtung zwischen zwei Laminaten. (Foto: Schletter)

Nicht nur die Fugen zwischen den Modulen müssen dicht sein. Belegen Sie nur einen Teil der Dachfläche mit Modulen, müssen Sie auch dafür sorgen, dass der Übergang zur normalen Dachfläche gut abgedichtet ist. Auch hier kann man entweder mit einer Überlappung arbeiten oder man verwendet Bleche, die so ähnlich wie bei Dachflächenfenstern funktionieren.



Abb. 4.22: Ist nur ein Teil des Dachs mit Solarmodulen belegt, muss auch der Übergang zu den Dachziegeln abgedichtet sein. (Foto: Schletter)

4.3.1 Solardachziegel

kommen bei der Indachmontage infrage, wenn Standardmodule aus bautechnischen Gründen ausscheiden. Man unterscheidet zwischen Spezialmodulen und Dachziegeln mit integriertem Solarmodul. Die Spezialmodule sind Solar-dachelemente, die herkömmlichen Dachziegeln gleichen, allerdings meist etwas größer sind – ein Vorteil, weil sich der elektrische Verschaltungsaufwand so in überschaubaren Grenzen hält. Diese Module lassen sich an fast jedem Dach ohne Umbauarbeiten an vorhandenen Dachleisten befestigen. Sie können bei der Montage auf aufwendige Rahmensysteme verzichten. Auch die deutlich kleinere Modulgröße im Vergleich zu üblichen Solarmodulen vereinfacht die Montage auf dem Dach. Im Gegensatz zu herkömmlichen Dachziegeln sind diese Solarmodule allerdings etwas leichter. Man muss sie deshalb zusätzlich befestigen, damit das Dach sturmsicher bleibt. Wie herkömmliche Ziegel über-

lappen die Spezialmodule an zwei Seiten die darüber und danebenliegenden Dachsteine, damit das Regenwasser gut abfließen kann. Auch Flugschnee und Starkregen haben so keine Chance. Die Spezialmodule liefern meist eine Nennleistung um 50 W.

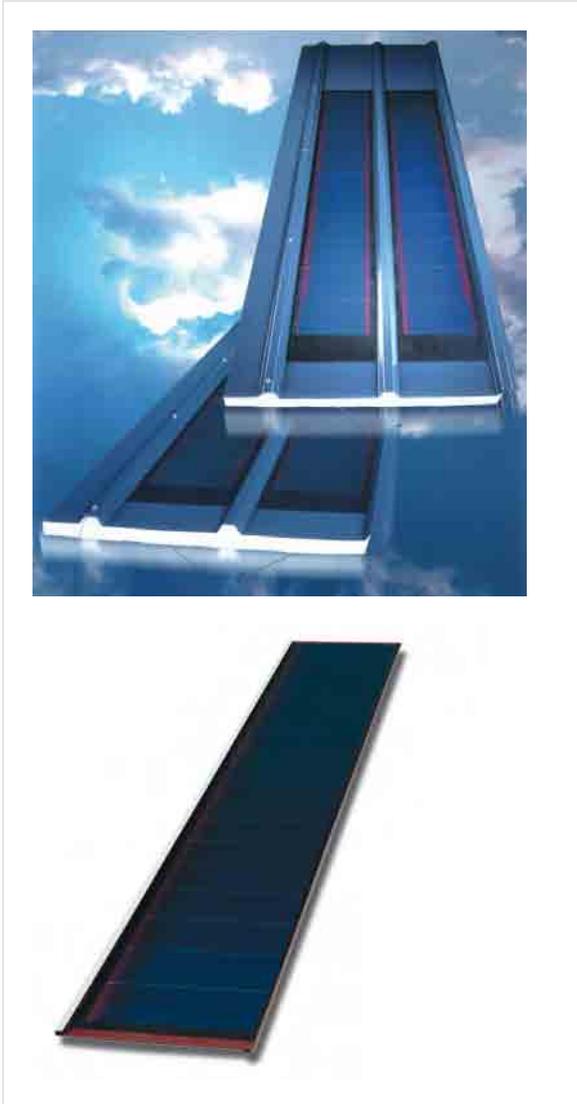


Abb. 4.23: Solardachziegel als Spezialmodule. (Fotos: ThyssenKrupp-Solartec)

In die zweite Variante von Solardachziegeln sind die Solarmodule integriert, meist eingeklebt. Diese Solardachelemente aus üblichem Bedachungsmaterial schützen außerdem vor Wittereinflüssen. Sie lassen sich wie herkömmliche Dachziegel befestigen und verursachen so kaum zusätzliche Arbeit. Da die Modulfläche teilweise sehr klein ist, müssen Sie allerdings viele Kabel verlegen. Auf der anderen Seite erlaubt dieses System, auf denkmalgeschützten Gebäuden Photovoltaikanlagen zu betreiben. Auch kleine und komplizierte Teilflächen auf Dächern, die Sie mit herkömmlichen Solarmodulen nicht bestücken können, lassen sich so zur Stromproduktion nutzen. Wenn Sie sich für diese Montageart interessieren, sollten Sie allerdings abwägen, ob dem hohen Aufwand ein vernünftiger Stromertrag gegenübersteht. Solardachziegel rechnen sich nicht immer.



Abb. 4.24: Nur durch die blaue Farbe sind die Solardachziegel von der übrigen Dachbedeckung zu unterscheiden. (Fotos: ThyssenKrupp-Solartec)

Index

A

Abruffrist 157
AC 189
Akku 189
All-Gefahren-Versicherungen 178
Amorphe Solarzellen 189
Amorphes Silizium 26, 189
Ampere (A) 190
Amperestunden (Ah) 190
Annuität 160
Anode 61
Antireflexionsschicht 190
Attika 86
Aufdachmontage 71
Äußerer Blitzschutz 120
Auszahlungsbetrag 157
Azimutwinkel 190

B

Baurecht 182
Bebauungspläne 182
Befestigungsziegel 73
Behördengänge 181
Betriebsdauer 64
Betriebskosten 175
Betriebstemperatur 49
Bezugszähler 16, 190
BINE Informationsdienst 153
Blei-Säure-Akkus 64
Bleiakkus 63
Bleigelakkus 64
Bleioxid 64
Blitzfangdrähte 120
Blitzfangstangen 120

Blitzkugel 121
Blitzschutz 118
Bricks 23
Bundesministerium für Umwelt-
nenschutz und Reaktor-
sicherheit 153
Bundesregierung 153
Bypassdiode 37, 190

C

C-Profile 138
Cadmium-Tellurid 14
Cadmiumsulfid 14

D

Dachanlage 40
Dachdeckerleitern 131
Dachdeckerstuhl 131
Dachhaken 73
Dachhaut 86
Dachneigung 190
Dachplan 132
Darlehen 157
DC 190
DC-Hauptschalter 190
Degradation 28, 190
Degression 173
Denkmalgeschützte Gebäude 182
Denkmalschutzgesetz 182
Dioden 61
Doppelfassade 97
Dotieren 14, 191
Dünnschichtzelle 26, 191

E

EEG oder Erneuerbare
Energien Gesetz 191
Effektivzinssatz 160
Eingangsspannung 37
Eingangsstrom 32
Einhängesysteme 144
Einkommenssteuer 181
Einphasige ENS 39
Einrichtung zum Netzschutz (ENS) 39
Einspeisevergütung 191
Einspeisezähler 16, 191
Einstrahlungsdaten 114
elektrischer Schaltplan 132
elektrisches Potenzial 15
Elektroden 64
Elektroinstallationsrohr 146
Elektroinstallations-schlauch 129, 146
Elektronen 13
Elektronischer Tiefentladeschutz 68
Endklemmen 144
Energetische Amortisation 191
Energie-Dächer 40
Energiebedarf 64
Energiespeicher 19
ENS 39, 191
Erdungsanlage 151
Erdungswiderstand 151
Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) 16
ERP-Umwelt- und Energiespar-
Programm 165

F

Fachbetrieb 151
Falldämpfer 131
Fanggerüst 130
Farbstoffzellen 29
Fassadenanlagen 43
Fassadenbonus 16

Finanzamt 180
Finanzieren 153
Förderprogramme 153
Freilandanlagen 98
Freischaltstelle 39
Freistehende Anlagen 45
Frequenz 31

G

Galliumarsenid 14
Gebäude-Haftpflichtversicherung 180
Gebäudeversicherung 178
Generatoranschlusskasten 117, 191
Germanium 14
Geschwindigkeitsdruck 79
Gewerbsteuer 180
Gleichrichterdiode 59
Gleichstrom 16
Gleichstromhauptschalter 58, 117
Gleichstromkabel 115
Globalstrahlung 45, 192
GLS-Bank 170
Grenzschicht 14
Grunddienstbarkeit 183
Gruppenmontage 76

H

Haftpflichtversicherung 179
Halbleiter 13, 192
Halteklammern 144
Hausbank 155
Hertz 31
Hot Spot 192

I

Inbetriebnahmeprotokoll 150
Indachanlagen 89
Indiumantimonid 14
Induktive Einkopplung 120

Ingots 23
Innerer Blitzschutz 119
Inselanlage 192
Inselsystem 16, 192
Investitionskosten 175
Isolationswiderstand 151

K

Kabel 115
Kabelbinder 129
Kabelführung 116
Kalkulation 173
Kaltfassaden 96
Kapazität 64
Kapitalanlage 185
Kathode 61
Kernfusion 12
KfW 192
KfW-Programm
 „Solarstrom erzeugen“ 157
KfW-Umweltprogramm für große
 Solarkraftwerke 162
KfW Förderbank, Kredite 154
Kilowatt peak (kWp) 107, 192
Klemmenleisten 144
Kreditlaufzeit 157
Kreditwürdigkeit 155
Kugelblitzverfahren 121
Kurzschlussicher 128
Kurzschlussstrom 52, 192
kWh 192

L

L-Profil 138
Laderegler 19, 192
Ladestrom 55
Länder 168
Landesbausparkasse 168
Lastwiderstand 51

Laufzeit 157
Lebensdauer 65
Leerlaufspannung 52, 193
Leistung 49
Leistungsregelung 114
Leistungstoleranz 193
Löcher 13
Lüftungsziegel 146

M

mA 193
Maschenverfahren 121
Maximum Power Point (MPP) 30
Mehrwertsteuer 181
Mismatching 193
Mittelklemme 142
Modulanschlussdose 37
Modulklemmen 73
Modulwechselrichter 33
Mono 20
Monokristallin 20
Monokristallines Silizium 193
Montage-Ort 105
Montagefehler 152
Montagesysteme 71
MPP 193
MPP-Tracker 30, 193
Multiplikatoranlagen 169

N

n-Schicht 14
Nachführung 193
Nenndaten 39
Nennleistung 49
Nennspannung 49
Nennstrom 32
Netzanschluss 16, 38
Netzbetreiber 194
Netzeinspeisung 194

Netzgekoppelte Anlage 16, 194
Nominalzinssatz 160
Normen 150
Nutzspannung 67

O

Organische Solarzellen 29

P

p-Schicht 14
Parallelschaltung 47
Photoeffekt 194
Photonen 11, 13
Photosynthese 194
Photovoltaik (PV) 194
Photovoltaikanlage 13
Polykristallin 20
Polykristallines Silizium 20, 194
Potenzialausgleich 194
Potenzialausgleichsleitung 122
Profilschienen 73, 74
progress.nrw 169
Prüfzertifikate 104
Punktförmige Verschraubung 142
PV-Anlage 11, 194
PV-Generator 194

R

Raten 158
Rechtsvorschriften 181
Renditen 185
Rückzahlung 157
Ruthenium 29

S

Schaltplan 116
Schneelast 80
Schulden Tilgungsplan 160

Schutzwand 130
Schwefelsäure 64
Schwerlastverfahren 84
Selbstmontage 123
Serienregler 68
Shuntregler 68
Sicherheitsgeschirr 131
Sicherungsleine 131
Silizium 14, 195
Solar-Dächer 40
Solarakku 19
Solaranlagenversicherungen 178
Solardachziegel 91
Solarfonds 185
Solargenerator 30, 195
Solarkonstante (S) 195
Solarmodul 16, 195
Solarzelle 11, 195
Solarzellenfläche 13
Sonneneinstrahlung 114
Sonnenstandanalysator 106
Spannung 49, 195
Spannungsabfall 151
Speicherkapazität 64
Spezialmodule 91
Spitzenleistung 195
Staebler-Wronski-Effekt 28
Standard Testbedingungen 50, 195
Standort 49
STC 195
Steuerrecht 180
Strang 34, 196
Strang-Wechselrichter 34
Strangleitungen 148
Strangsicherung 117
String 196
String-Wechselrichter 34
Strom 49, 196
Strombedarf 64, 67

T

Tiefentladeschutz 64
Tiefentladeschwelle 64, 68
tilgungsfreie Anlaufzeit 157
Tilgungssatz 160
Titandioxid 29
Totalgewinn 181
Tragschienen 73
Transformator oder Trafo 37, 196
Trapezdächer 76

U

U-Profile 138
Überlastbereich 114
Überspannungen 119
Überspannungsschutz 118
Umkehrdach 94
Umsatzsteuer 180
Umweltbank 171

V

Varistor 119, 196
VDEW 115
Verbraucherzentrale 161
Verschattung 196
Versichern 153
Versicherungskosten 178
Volt (V) 196
Vorsteuerabzug 180
Vorzeitige Rückzahlung 158

W

Wafer 21, 23, 196
Wannensysteme 84
Warmfassade 96
Watt (W) 196
Wechselrichter 16, 197
Wechselspannung 31

Wechselstrom 197
Wechselstromkabel 115
Wegerecht 183
Windsog 78
Wirkungsgrad 26, 33, 197

Z

Zellentemperatur 49
Zentralwechselrichter 34
Zinkselenid 14
Zinsbindungsfrist 157

Jürgen Brück

Photovoltaikanlagen

professionell planen und installieren

Photovoltaik kann sowohl für Privatleute als auch für Unternehmen interessant sein. Wer solch eine Solaranlage aufbauen möchte, ist mit vielen Fragen konfrontiert. Das beginnt mit einem Dickicht an Fördermöglichkeiten sowie versicherungsrechtlichen Dingen und endet mit vielen Fragen, die beim Aufbau eines Solarkraftwerks auftreten. Auf all diese Fragen gibt dieses Buch Antworten und greift dabei auf die langjährige Praxis vieler Fachleute zurück. Es erlaubt, die Photovoltaikanlage systematisch zu planen, um so Fehler, unnötige Arbeit und unnötige Geldausgaben zu vermeiden – egal ob Sie die Solaranlage auf dem Dach oder an der Hausfassade montieren, als freistehende Anlage aufbauen oder als autarkes Inselsystem betreiben möchten. Der Autor informiert über den geeigneten Standort und wie Sie die Solarmodule auf höchsten Stromertrag ausrichten. Sie lernen, die Module zusammenzuschalten, auf maximale Leistung zu prüfen,

eine gute Verarbeitungsqualität sicher zu erkennen und Wechselrichter stromertragsoptimal einzusetzen. Sie erfahren, wie Sie verschiedene Förderprogramme miteinander kombinieren, um die netzgekoppelte Solaranlage zu finanzieren. Sie erstellen eine Kalkulation für Ihr Solarkraftwerk, ermitteln die Kosten und berechnen die Rendite. Der Autor erläutert schließlich das A und O der fachgerechten Montage: von Aufbau und Installation der Solarmodule bis hin zu richtig verlegten Kabeln.

Dieses Buch informiert Sie bis ins letzte Detail über Photovoltaikanlagen und setzt dabei keine Vorkenntnisse voraus, sodass auch der interessierte Laie erfolgreich ans Werk gehen kann. Es ist außerdem eine Fundgrube für alle Leserinnen und Leser, die sich umfassend über Photovoltaik informieren möchten.

Aus dem Inhalt

- Solarkraftwerk systematisch planen
- Solarmodule auswählen und ertragsoptimal einsetzen
- Photovoltaikanlage fachgerecht aufbauen und installieren
- Fördergelder erhalten
- Anlage richtig versichern
- Kalkulation erstellen und Rendite berechnen
- Akkus für Inselsysteme richtig handhaben

Besuchen Sie uns im Internet: www.franzis.de

EUR 29,95 [D]

ISBN 978-3-7723-5396-3



9 783772 353963