

Ulrich E. Stempel

Photovoltaik- Solaranlagen

für Alt- und Neubauten selbst planen und installieren



Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

- ▶ Planung, Auswahl und Montage
- ▶ Sicher und fachmännisch installieren
- ▶ Geld verdienen mit dem eigenen Dach

Inhaltsverzeichnis

1	Planung der Solaranlage und Grundsätzliches	9
1.1	Sonnenenergie, eine kostenlose Energiequelle _____	10
1.2	Sinn und Nutzen von Solaranlagen _____	11
1.3	Solarenergie im Altbau _____	12
1.4	Voraussetzungen für die Solaranlage _____	13
1.5	Bedarfsermittlung _____	14
1.6	Bauliche Voraussetzungen _____	28
1.7	Wirtschaftlichkeit: mit der Solaranlage Geld verdienen _____	33
1.8	KfW-Programm _____	35
1.9	Steuerliche Belange _____	36
1.10	Versicherungen _____	37
1.11	Finanzierung _____	38
1.12	Einspeisevergütung (EEG) _____	39
2	Solaranlage konkret	41
2.1	Netzparallelsystem _____	43
2.2	Netzunabhängiges Inselsystem _____	58

Inhaltsverzeichnis

3	Montage der Solaranlage	71
3.1	Grundsätzliche Montageprinzipien	72
3.2	Einachsige Nachführungen	73
3.3	Zweiachsige Nachführungen	77
3.4	Indachmontage oder Aufdachmontage, Vor- und Nachteile	78
4	Das können Sie leicht selbst erledigen	87
4.1	Übersicht über die Arbeiten in 12 Schritten	89
5	Die Solaranlage steht still	105
5.1	Störungen, Ursachen, Behebung	107
5.2	Wartung der Solaranlage, Gewährleistung	110
6	Anhang	111
6.1	Förderung	112
6.2	Einstrahlungsscheibe	114
6.3	Sonnendiagramme	117
6.4	Projektierungsbeispiel	120
6.5	Quellenverzeichnis	125
6.6	Nützliche Adressen	126
	Register	127

1 Planung der Solaranlage und Grundsätzliches

1.1 Sonnenenergie, eine kostenlose Energiequelle

Die Sonne liefert in Deutschland im Jahresdurchschnitt auf einen Quadratmeter ungefähr 1000 kWh Energie – das entspricht dem Energieinhalt von rund 100 Litern Heizöl oder 100 Kubikmetern Erdgas. Wie viel Energie daraus genutzt werden kann, hängt bei Solaranlagen auch von der verwendeten Technik ab. Außerdem beeinflussen die Anlagendimensionierung und die Ausrichtung der Solaranlage zur Sonne den Ertrag. Damit die Solarenergie wirtschaftlich genutzt werden kann, sollten außerdem die Anlagenkomponenten sinnvoll dimensioniert und gut aufeinander abgestimmt werden.

Steigende Energiepreise machen Solaranlagen jetzt und in Zukunft immer sinnvoller. Die Sonne stellt keine Rechnung! Je eher Sie Ihre Solaranlage realisieren, desto mehr Energie können Sie von der Sonne ernten und damit Geld verdienen. Die Zeit drängt auch deshalb, da die durch das EEG garantierte Einspeisevergütung jährlich um 5 % geringer wird. Der Einspeisesatz wird bei der Fertigstellung der PV-Anlage festgeschrieben und gilt dann für 20 Jahre (mehr dazu weiter unten).

1.2 Sinn und Nutzen von Solaranlagen

Neben der Nutzung der Einsparpotenziale beim Energieverbrauch kann die Sonne als Energiequelle eine der wichtigsten Zukunftsperspektiven für unsere Energieversorgung werden. Die Vorräte an fossilen Quellen werden früher oder später aufgebraucht sein. Die Langzeitgefahren der Atomkraft sind immens und die Kernfusionstechnologie ist bisher praktisch nicht realisierbar.

Die Sonne sendet uns genug Energie auf die Erde und zwar direkt an unsere Haustüre (bzw. auf das Hausdach). Mit einer Solaranlage können Sie einen Teil dieser Energie nutzen.

Wenn ich hier den Begriff „Solaranlage“ verwende, so meine ich die beiden Systeme Photovoltaik und Thermik.

Elektrischer Strom ist ein wichtiger Bestandteil unseres Alltags geworden und nicht mehr wegzudenken. Die meisten Geräte wären ohne den Strom aus der Steckdose nicht betriebsfähig und wie wir schon erlebt haben, ist unser Lebensalltag bei Stromausfällen völlig gestört.

Aufgrund des EEG (Energieeinspeisegesetz) und der

damit garantierten Stromvergütung entscheiden sich immer mehr Menschen, sich an PV-Anlagen (Photovoltaikanlagen) in Form von Bürgersolaranlagen zu beteiligen oder auf ihrem eigenen Hausdach eine PV-Anlage zu installieren.

Die Laufzeiten bis zur Amortisation sind so ausgelegt, dass sich die PV-Anlage unter normalen Umständen in etwa 10 bis 15 Jahren durch den ins Netz eingespeisten Strom selbst finanziert hat.

Und dies geräuschlos, emissionsfrei und ohne belastende Rückstände.

Durch Eigenleistungen, z. B. bei der Montage, können Sie die Amortisationszeit und damit die Wirtschaftlichkeit der Anlage noch weiter verbessern.

Gut geplante und funktionstüchtige PV-Anlagen leisten einen bedeutenden Beitrag zur Reduktion von Schadstoffemissionen, insbesondere von Kohlendioxid (CO₂), das bei der Verbrennung fossiler Energieträger entsteht. Das CO₂ verstärkt den „Treibhauseffekt“ und verändert damit das Weltklima. Verwendung von Solarenergie kann somit entscheidend helfen, die Emissionen dieses „Klimagases“ zu senken und damit auch unsere Umwelt zu erhalten und wieder zu verbessern.

Je nach Zellentyp hat die PV-Anlage die Nebenwirkungen, die bei der Herstellung entstanden sind, innerhalb von einem bis max. fünf Jahren wieder wettgemacht. Im Betrieb fallen keine weiteren Schadstoffe an. Sollte die Anlage irgendwann ausgedient haben, so kann z. B. das wertvolle Silizium wiederverwendet werden.

Photovoltaik

Sonnenenergie wird mit Hilfe von Solarmodulen in elektrischen Strom umgewandelt, welcher entweder in das öffentliche Netz eingespeist wird (Netzparallelbetrieb) oder, bei einer Inselanlage, direkt im Haushalt verbraucht wird.

Photothermie oder Thermie

Die Solarstrahlung (Wärmestrahlung) wird mit Hilfe von Kollektoren als absorbierte Strahlung gesammelt und dem Haushalt, z. B. als Warmwasser, zur Verfügung gestellt.

Die thermischen Solaranlagen können sowohl zur Brauchwasserwärmung als auch zur Raumheizung und zur Kühlung (Klimaanlagen) herangezogen werden.

Hinweis

Eine PV-Anlage mit einer Leistung von 1 kW_{peak} und einer Solarmodul-Fläche von ca. 10 m² bringt im Durchschnitt pro Jahr ca. 10.000 kWh elektrischer Energie und spart damit über eine halbe Tonne CO₂ (Schadstoffe) ein.

1.3 Solarenergie im Altbau

Viele glauben, dass sich Solaranlagen nur in Neubauten besonders gut integrieren lassen, weil sie von Anfang an zusammen mit dem Gebäude geplant werden können. Das sehe ich anders!

Dieses Buch zeigt Ihnen deshalb Wege auf, wie eine Solaranlage gut bei bestehenden Gebäuden installiert werden kann.

Ein wichtiger Grund für mich, das Thema „Sanierung von Altbauten und bestehenden Häusern“ in den Vordergrund zu stellen, ist, dass die Dachflächen bestehender Gebäude ein enormes Potenzial an Flächen für Solaranlagen darstellen. Die Nutzung von regenerativen Energien wie Solarenergie ist eine sinnvolle Investition und zeitgemäße Ergänzung neben baulichen Energiesparmaßnahmen wie Wärmedämmung, Einbau von Fenstern mit gutem K-Wert und einer effektiven Heizungsanlage.

Mit dem Begriff „Altbau“ sind hier alle bestehenden Häuser gemeint. Der Architekt spricht bei Altbaumaßnahmen von „Sanieren im Bestand“.

Steht die Sanierung eines Gebäudes an, sind Überlegungen zur Realisierung von Solaranlagen un-

bedingt mit einzubeziehen. Dabei ergeben sich Kosteneinsparungen durch Nutzung und Kombinationen der bereits vorhandenen Sanierungsstrukturen. Einsparungen ergeben sich z. B. dann, wenn das Dach komplett neu gedeckt werden muss und die Solaranlage so installiert wird, dass dadurch weniger Dachziegel benötigt werden. Oder das für andere Arbeiten (wie

z. B. für die Fassadensanierung) aufgestellte Gerüst kann für die Installation der Solaranlage mitgenutzt werden.

Info

Natürlich lassen sich die Informationen, die Sie im Buch finden, genauso gut auch für Neubauten sinnvoll nutzen.



Abb. 1 – Photovoltaik im Altbau.

1.4 Voraussetzungen für die Solaranlage

Nachdem Sie nun einen Teil dieses Buches gelesen haben, werden Sie sicher schon ein paar Mal prüfend auf Ihr Dach geschaut haben, wo denn da eine Solaranlage montiert werden könnte.

Zunächst einmal sind die Grundvoraussetzungen für den Standort und die Montage des Solargenerators zu prüfen.

Ist Ihr Dach denn überhaupt für eine Solaranlage geeignet?

Brauchen Sie für Ihre Solaranlage vielleicht sogar eine Genehmigung?

Und dann gibt es auch noch einige technische Rahmenbedingungen, die die Leistungsfähigkeit Ihrer Solaranlage beeinflussen können.

Vorüberlegungen, Anlagenplanung

Es ist sinnvoll, Ihr Projekt „PV-Anlage“ gut vorzubereiten und im Voraus einige Fragen zu klären, wie zum Beispiel:

- Wahl der Dachfläche: Wo soll die PV-Anlage montiert werden (siehe auch Kapitel „Voraussetzungen“)?

- Gibt es optische Zusatzüberlegungen?
- Für welche Anlagenleistung reicht der Platz? Ermittlung der Anlagengröße und Investitionshöhe.
- Welche Eigenleistungen sind möglich?
- Vergleichende Angebote für Material und/oder komplette Anlagenmontage einholen.
- Dem zuständigen Energieversorgungsunternehmen mitteilen, dass Sie vorhaben, Strom aus einer PV-Anlage einzuspeisen.

Und es stellt sich die Frage nach der Wirtschaftlichkeit und den Finanzierungsmöglichkeiten.

Finanzierung

- Wirtschaftlichkeitsberechnung, Investition und Ertrag.
- Sinnvolles und tragbares Verhältnis von Eigenkapital und Fremdkapital.
- Prüfen der Konditionen eines eventuell erforderlichen Kredites, Anfragen bei der Umweltbank oder der Hausbank.
- Kreditantrag stellen.

1.5 Bedarfsermittlung

Zuerst einmal sollten Sie das Platzangebot auf dem Dach und damit die mögliche Leistung der PV-Anlage ermitteln. In Abb. 2 finden Sie eine Tabelle mit überschlägigen Werten („über den Daumen gerechnet“) zum Flächenbedarf der Module und der daraus resultierenden Leistungsabgabe.

Die Leistung ergibt sich aus dem Zellenwirkungsgrad der Module und aus der Anzahl der Module bzw. der Strings (mehrere Solarmodule in Reihenschaltung, zusammengefasst).

In der Tabelle in Abb. 2 finden Sie die überschlägigen Werte bezogen auf 1 kW_{peak} Anlagenleistung.

Die Größe der Photovoltaikanlage wird sich meistens nach der vorhandenen und für die Solaranlage nutzbaren Dachfläche und nach Ihren Finanzierungsabsichten und -möglichkeiten richten, da der Strom beim Netzparallelbetrieb verkauft wird. Bei Inselanlagen hingegen richtet sich die Größe der Solar-

Mein Hinweis

peak bedeutet die Spitzenleistung des Solarmoduls unter vorgeschriebenen Bedingungen wie 1000 W/m² Einstrahlung und 25 °C Zellen-Temperatur. In der Praxis werden diese Werte in Deutschland nur selten erreicht.

anlage nach dem eigenen, erforderlichen Energiebedarf.

Berechnungen und Simulationsprogramme

Die auf dem Markt angebotenen Berechnungsprogramme (z. B. der Wechselrichterfirmen) sind gut nutzbar. Die Programme können Sie meist frei downloaden und auf Ihrem Computer installieren. Je nach Anlagengröße (in kW_{peak}) sind die Komponenten wie Module und Wechselrichter z. B. aus der angehängten Bibliothek herunterzuladen und die Bedingungen, wie

Mein Tipp

Je größer die Solaranlage, desto günstiger sind meist der Investitionsaufwand und die Dividende (siehe Wirtschaftlichkeit) pro kW_{peak}.

zum Beispiel die Dachausrichtung, die Leitungsentfernungen von Solargenerator, Wechselrichter und Einspeisezähler, einzugeben. Das Programm gibt Ihnen eine Projektierung an die Hand und weist Sie auf mögliche Probleme der Anlagenkonfiguration hin. Sie finden ein Projektierungsbeispiel, erstellt mit einer Simulationssoftware und Internetadressen im Anhang.

Platz für Wechselrichter

Der bzw. die Wechselrichter sollten, wenn möglich, in der Nähe des Sicherungskasten bzw. des Zählerschranks montiert werden. Der Standort sollte nicht zu warm sein, also z. B. nicht direkter Sonnen-

Leistung in kW _{peak}	Zellenart	Flachdach, Dachfläche in m ²	Schrägdach, 40° Dachfläche in m ²
1	Mono-/Polykristalline Zellen	30	10
1	Amorphe Zellen	60	20

Abb. 2 – Dachflächen und Leistung, grobe Anhaltswerte für 1 kW_{peak} (über den Daumen). Beispiel: Sie haben ein Schrägdach mit 60 m². Nach Abzug für die Randbereiche usw. verbleiben ca. 50 m². Mit Modulen (ausgestattet mit monokristallinen Zellen) können Sie eine PV-Anlage mit 5 kW_{peak} vorsehen.

1.5 Bedarfsermittlung



Abb. 3 – Simulationsprogramm zur Anlagenplanung, kostenlos heruntergeladen und installiert. Quelle (6)

Mein Tipp

Soll sich der Wechselrichter im Außenbereich befinden, so ist die Schutzart IP 65 nach DIN EN 60529 vorzusehen.

Abb. 4 – Wechselrichter an einer Außenwand montiert. Zur Sicherung gegen Unbefugte wurden sie in einem Gittergehäuse untergebracht. Ein Teil der Verwahrung ist für das Foto abgenommen, damit Sie die Wechselrichter sehen können.



strahlung ausgesetzt sein oder direkt unter einem Dach montiert werden, das sich im Sommer stark aufheizen kann. Eine erhöhte Umgebungstemperatur sowie die Montage der Wechselrichter in schlecht belüfteten, warmen Räumen können den Ertrag der PV-Anlage mindern.

Mögliche, sinnvolle Montagestandorte sind: Im Keller, im Treppenhaus, in der Waschküche, an einer schattigen Außenwand, z. B. Ostseite (regengeschützt) oder an einem kühlen Platz auf oder in der Nähe des Daches, wo die Solarmodule installiert sind.

1.5 Bedarfsermittlung

Die Abmessungen des Wechselrichters sind natürlich systemabhängig. Jedoch sollte für einen Wechselrichter mindestens eine Wandfläche von 0,7 m x 0,7 m verfügbar sein, für mehrere Wechselrichter entsprechend mehr, wobei bei größeren Photovoltaikanlagen mehrere Strings an einem großen Wechselrichter zusammengefasst werden können (siehe auch Wechselrichter). Die systembedingten Mindest-



Abb. 5 – Zusätzlicher Sicherungskasten mit montiertem Einspeisezähler. Rechts oben können Sie die Box für die Fernüberwachung erkennen.

Hinweis

Der Leitungsanschluss eines oder mehrerer Wechselrichter an den Einspeisezähler und der Anschluss des Einspeisezählers an das öffentliche Stromnetz dürfen nur von einem autorisierten Fachmann durchgeführt werden!

abstände der Wechselrichter untereinander und zu anderen Einbauten sind zu beachten.

Der Einspeisezähler kann in einem vorhandenen Sicherungskasten angebracht werden, z. B. neben dem Stromzähler. Ist dort kein ausreichender Platz, so muss ein weiterer Sicherungskasten gesetzt werden.

Benötigt man eine Genehmigung?

Ich kann Sie beruhigen, Solaranlagen sind in der Regel genehmigungsfrei.

Natürlich gibt es Sonderfälle. Zum Beispiel, wenn ein Gebäude unter Denkmalschutz steht oder wenn Form und Neigung der Solaranlage extrem von der Dachform des Gebäudes abweichen.

Im Zweifel informieren Sie sich und/oder sprechen Sie vorab mit dem für Sie zuständigen Bauamt.

1.5 Bedarfsermittlung



Abb. 6 – Solarfassade, Module an einer Fassade. Quelle (7)

Gibt es partout keine Möglichkeit, die Solaranlage auf dem Dach des Wohnhauses anzubringen, bleiben evtl. noch vorhandene Nebendächer oder die Fassade.

Die Module können z. B. als Teil der Außenhülle der Fassade verwendet werden und schützen so gleichzeitig das dahinter liegende Mauerwerk. Natürlich ist der Energieertrag geringer als bei einer optimalen Ausrichtung der Module, aber so eine Solarfassade hat nicht jeder und die Einspeisevergütung für Fassaden ist höher.

Dachausrichtung, Dachneigung und mögliche Schattenwürfe

Lage (Standort) und Ausrichtung des Daches

Die durchschnittliche „solare Energiedichte“ ist abhängig vom geografischen Breitengrad Ihres Anwesens. Sie können die Globalstrahlung (einfallende Sonnenstrahlung auf einer waagrechten Fläche) aus der Karte in Abb. 7 ersehen. Der deutsche Wetterdienst zeichnet schon über viele Jahre die Wetterdaten auf und stellt sie in aufberei-

teter Form gegen eine geringe Gebühr (z. B. im Internet zum Herunterladen) zur Verfügung. Somit ist es auch für Sie möglich, für jeden zurückliegenden Monat eines Jahres die Daten abzufragen und für Ihre örtliche Lage zu überprüfen. Möglicherweise gibt es auch in Ihrer Nachbarschaft Betreiber von Solaranlagen, die Ihnen sicher gerne Auskünfte zu ihren Erfahrungen und den Erträgen in „dieser Gegend“ geben werden.

Die Werte der ortsabhängigen solaren Einstrahlung sind für den Ertrag und für die Wirtschaftlichkeit ein wichtiger Gesichtspunkt. Außerdem ist zu prüfen, ob die Dachausrichtung günstig ist und der bauliche Zustand des Daches genügt

Optimal wäre eine hundertprozentige Ausrichtung des Daches nach Süden. Kleinere Abweichungen nach Osten oder Westen sind aber unwesentlich.

Ist das Dach um 45° nach Osten oder Westen gewandt, so können Sie immer noch mit ca. 95 % des Energieertrages rechnen.

Von der Montage einer Anlage auf Satteldächern mit West-Ost-Ausrichtung (90° Abweichung zur Südrichtung) ist dagegen eher abzuraten. Bei dieser Situation kann nur noch mit 70 bis 85 % des Ertrages gerechnet werden.

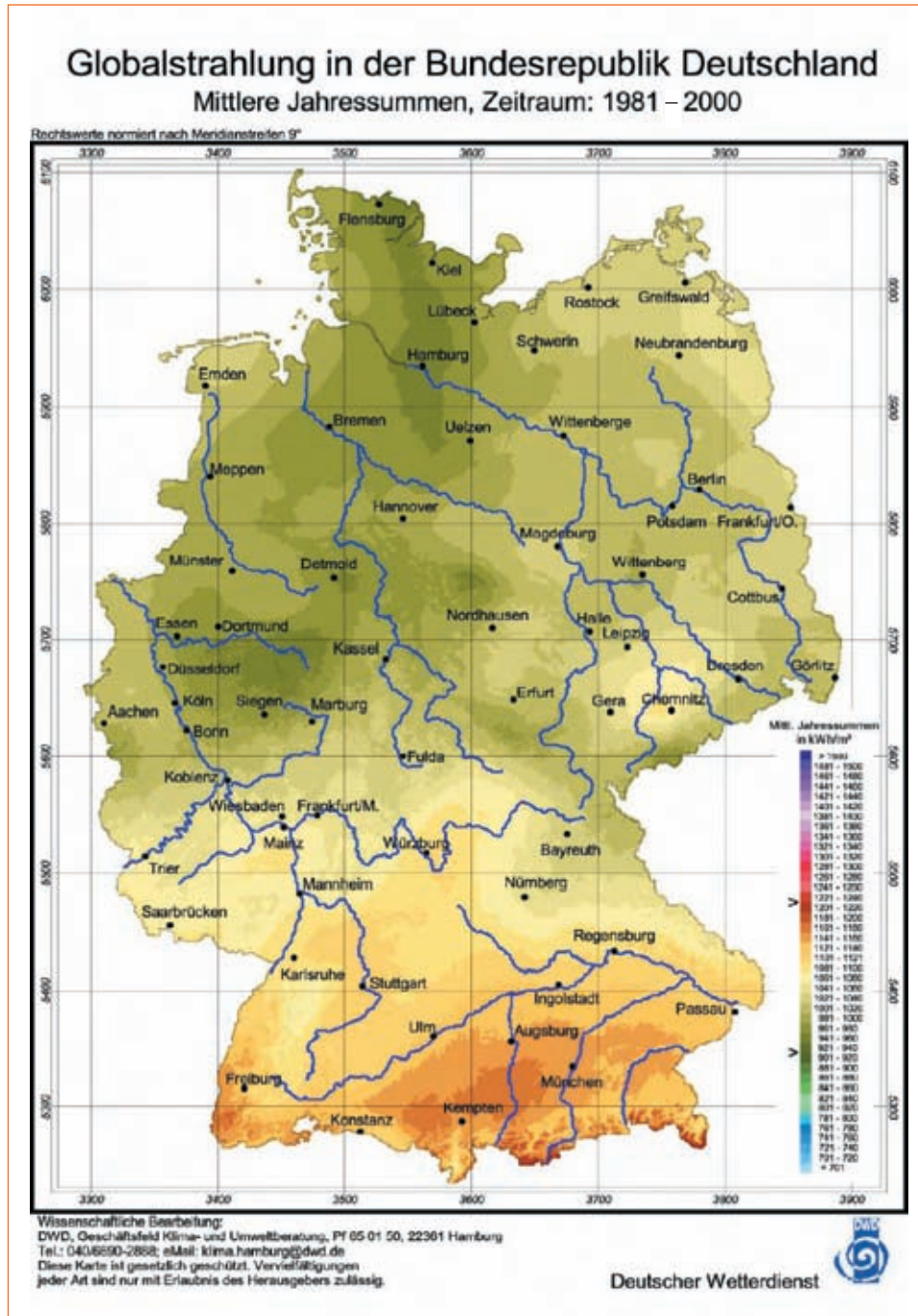


Abb. 7 – Globalstrahlung, mittlere Jahreswerte im Zeitraum 1981 bis 2000. Sonnenstrahlung/Sonnenenergie pro Jahr und m² auf eine waagrechte Fläche. Je nach Lage in Deutschland von ca. 930 kWh/m² bis zu 1200 kWh/m². Quelle (1)

1.5 Bedarfsermittlung



Abb. 8 – Mit der Einstrahlungsscheibe können Sie bequem den Energieertrag Ihres Daches ermitteln.

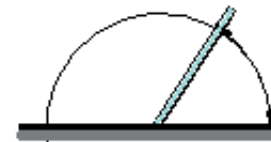
Den für Ihre Situation überschlägigen prozentualen Energieertrag können Sie mit einer Einstrahlungsscheibe bequem selbst ermitteln. Die dazu erforderlichen Vorlagen finden Sie als Bastelbogen im Anhang des Buches.

Neigung des Daches, Flachdach

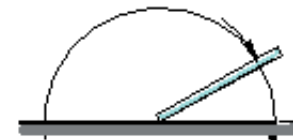
Bei einem Neubau besteht meist noch die Möglichkeit, das Dach passend für die Solaranlage zu optimieren. Bei einem vorhandenen Gebäude geht das nur, wenn größere Umbaumaßnahmen vorgese-

hen sind. Ansonsten muss man sich mit dem begnügen, was da ist.

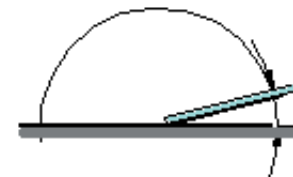
Die Dachneigung beeinflusst in verschiedener Hinsicht den Energieertrag. Auch hier können Sie die Einstrahlungsscheibe zu Hilfe nehmen. Bei einer optimalen Ausrichtung nach Süden liegt der optimale Winkel laut Scheibe bei 30° . Bei einer gradgenauen Ausrichtung des Daches nach Osten oder Westen ist der Energieertrag laut Scheibe 90 %, bei einer Dachneigung von 0° bis 30° und bei einer Dachneigung von 30° bis 45° tendenziell nur noch 85 %.



a) Neigung 55° bis 65°



b) Neigung 30° bis 60°



c) Neigung 0° bis 30°

Abb. 9 – Unterschiedliche Nutzung entsprechend dem Dachwinkel und der Jahreszeit: **a)** Süddächer mit einer Neigung von 55° bis 65° bieten eine bestmögliche Nutzung während des Winters. **b)** Dächer mit einem Neigungswinkel von 30° bis 60° nach Süden bieten optimale Erträge während der Übergangszeiten. **c)** Süddächer mit einem Winkel von 0° bis 30° sind für die Nutzung der Sommersonne gut geeignet und bringen bei Diffusstrahlung die größten Erträge.

1.5 Bedarfsermittlung

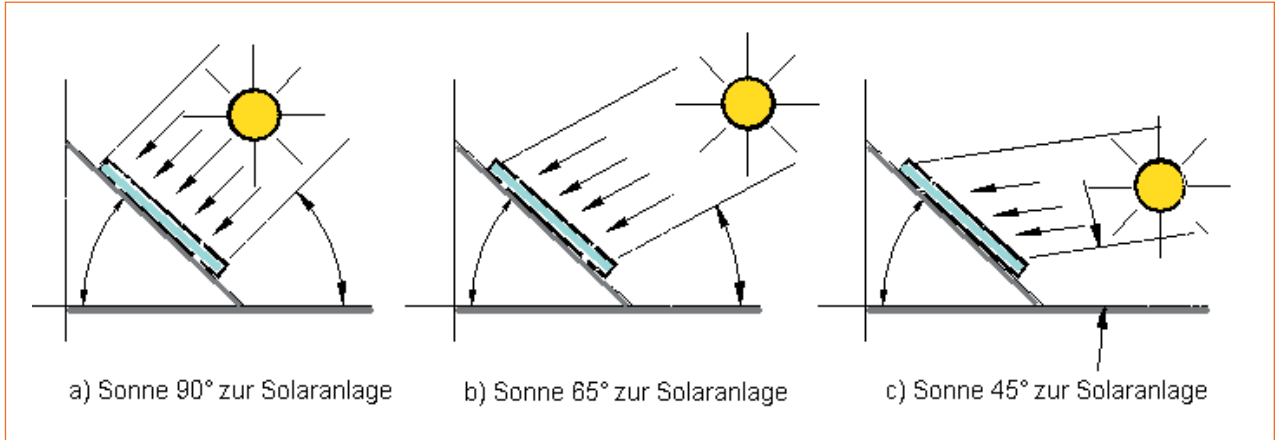


Abb. 10 – Stand der Sonne zur Solaranlage **a)** optimal, es erreichen mehr Strahlen, in der Zeichnung dargestellt durch die Anzahl der Pfeile, die Modulfläche; **b)** Sonne mit Winkel von 60° zur Solaranlage und weniger Strahlen pro Fläche; **c)** Sonne mit Winkel von 45° zur Solaranlage. Dies erleben wir sowohl mit der Tageszeit als auch mit der Jahreszeit. **a)** entspricht der Mittagszeit und mehr dem Sommer, **b)** mehr morgens und abends und dem Winter.

Die auf der Scheibe angegebenen Werte sind darauf gegründet, dass der Energieertrag optimal über das Jahr erfolgt. Dies ist bei einer Photovoltaikanlage, die in das öffentliche Netz einspeist, entscheidend. Bei einer Inselanlage wird im Winter mehr Energie gebraucht, daher sind die Module, sofern möglich, besser steiler aufzustellen (siehe auch Abb. 9 b). Bei einer thermischen Solaranlage gibt es auch andere Schwerpunkte. Die Wärme-Energie wird hauptsächlich in den Übergangszeiten und im Winter benötigt. Auch hier ist ein steilerer Montagewinkel besser.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der für eine ausreichende Neigung (Schrägstellung) spricht, ist die Selbstreinigung durch den Regen und das Abgleiten des Schnees. Unter 15° bis 20° Neigung kommt es zu verstärkten Schmutzablagerungen und der Schnee bleibt länger auf den Modulen liegen.

Hat Ihr Haus ein Flachdach, so gibt es einige gute Möglichkeiten, gerade für Sie als Selbstbauer, die Solar-



Abb. 11 – Verschmutzung einer Solaranlage (Photovoltaikmodul) durch ungenügende Neigung (12°).

1.5 Bedarfsermittlung

anlage dort aufzubauen. Je nach Flachdachdichtung – in der Regel handelt es sich um eine bituminöse Abdichtung mit Kiesabdeckung – gibt es gute Lösungen. Wichtig ist auch hier, den Zustand der Dachdichtung und die Belastbarkeit des Daches vorab zu prüfen. Sind diese in Ordnung, so ist die einfachste Möglichkeit eine entsprechend konfektionierte Wanne (siehe Abb. 12), die mit dem auf dem Dach vorhandenen Kies gefüllt wird und damit als Beschwerung dient. Darauf wird dann das Untergestell der Solaranlage montiert. Keinesfalls darf an irgendeiner Stelle die Dachdichtung verletzt werden (z. B. durch Bohren). Auch sollten die Leitungen nicht durch das Dach geführt werden (außer wenn es dafür bereits eine Dachdurchdringung wie z. B. einen stillgelegten Kamin oder ein Lüftungsrohr gibt). Eine weitere Möglichkeit für die Unterkonstruktion ist die Verwendung von alten Betonplatten, auf die dann das Untergestell aufgedübelt werden kann. Zwischen Dachdichtung und Wanne bzw. Betonplatten



Abb. 12 – Wanne für Flachdachmontage (Kieswanne).
Quelle (5)

sollten Sie ein dickes Glasfaservlies mit ca. 300 g/m² oder eine Gummischutzmatte legen, diese schützt vor einer mechanischen Verletzung der Dachhaut!

Beschattungen

Die Beobachtung der Schattenwürfe ist durch den laufenden Positionswechsel der Sonne (von der Erde aus gesehen) im Tages- und Jahreslauf recht schwierig. Die scheinbare Bewegung der Sonne entsteht durch die

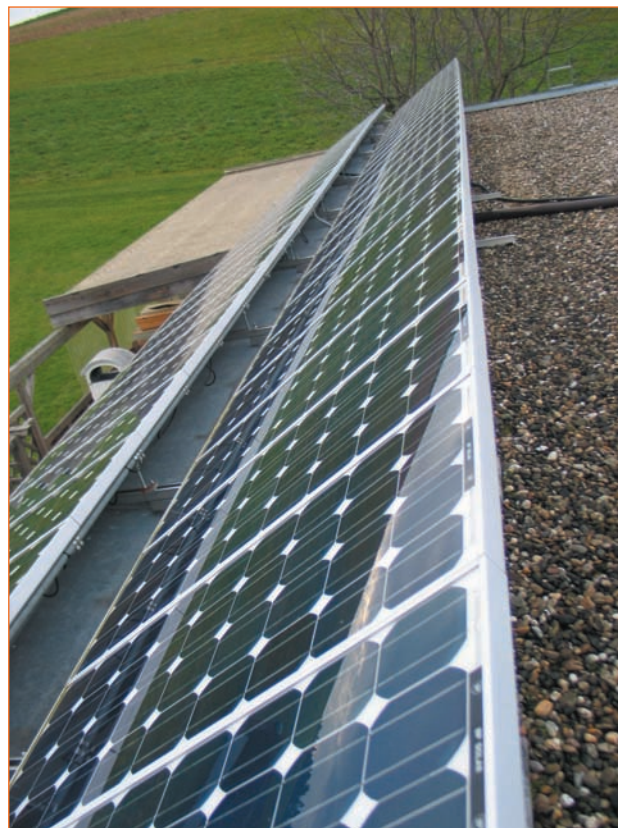


Abb. 13 – Flachdächer können auch Vorteile haben: Wer seine Solaranlage auf dem Flachdach installiert, kann meist die optimale Neigung und Ausrichtung frei wählen.

1.5 Bedarfsermittlung

Kombination der Erddrehung mit der Bewegung der Erde um die Sonne. Die dadurch entstehende Sonnenbahn am Himmel lässt sich mit Kurvendiagrammen, bezogen auf den geografischen Breitengrad und die Jahreszeit, darstellen. Die variierende „Höhe“ der Sonne zur Mittagszeit führt dazu, dass ein Schatten werfendes Hindernis im Winter und im Sommer unterschiedliche Auswirkungen auf die PV-Anlage hat.

Die Diagrammkurven in Abb. 14 und Abb. 15 zeigen auch die unterschiedliche Tageslänge (Sonnenscheindauer), zu sehen im Azimutwinkel, im Sommer und im Winter.

Am besten ist es, wenn das Dach vollkommen frei von Schattenwurf ist. Leider sind solche Dächer selten. Doch ein Trost, Abschattungen haben vormittags bis ca. 9.00 Uhr und nachmittags ab ca. 17.00 Uhr nur einen sehr geringen Einfluss auf den Energieeintrag, da die Sonne in dieser Zeit sehr tief steht. In der „Kernzeit“ hingegen sollte Schattenwurf vermieden werden. Kleinere und harte Schatten sind bei Photovoltaikanlagen problematisch. Da kann dann selbst ein Mast, eine Satelliten-Antenne, ein Kamin oder Ähnliches den Ertrag um bis zu 50 % schmälern.

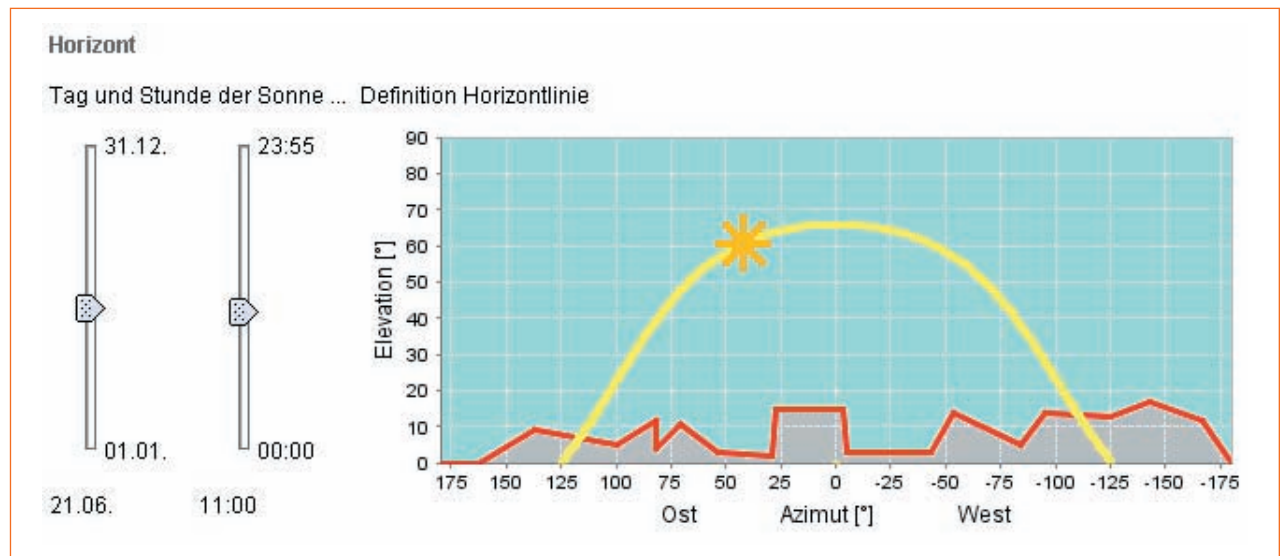


Abb. 14 – Kurvendiagramm Sommer, zum 21. Juni, 11.00 Uhr. Die rote Linie zeigt den Horizont mit Bebauung und Bäumen. Quelle (2)

2 Solaranlage konkret

2 Solaranlage konkret

Bei PV-Anlagen gibt es hinsichtlich der Grundstruktur drei verschiedenartige Systeme:

- Netzparallelsystem, Einspeisesystem,
- Netzunabhängiges System, Inselnsystem,
- direkte Nutzung des Solarstromes.

Die verschiedenen Systeme funktionieren wie folgt:

Beim Netzparallelsystem wird die Sonnenenergie mit Hilfe der Solarmodule in elektrischen Strom umgewandelt, welcher von dem Betreiber der PV-Anlage an den Netzbetreiber (Energieversorgungsunternehmen) verkauft und in das öffentliche Netz eingespeist wird.

Beim netzunabhängigen System ist keine Verbindung zum öffentlichen Stromnetz erforderlich, die Sonnenenergie, die mit Hilfe von Solarmodulen in elektrischen Strom umgewandelt wurde, wird direkt im Haushalt verbraucht. Damit sind Inselanlagen in Bereichen möglich, wo kein Stromnetz existiert, z. B. außerhalb von Siedlungen. Es sind aber auch Stromversorgungen parallel zum und unabhängig vom öffentlichen Netz möglich.

Die Grundsysteme bestehen aus einer Reihe von Elementen. Die einzelnen Komponenten werden im Folgenden beschrieben:

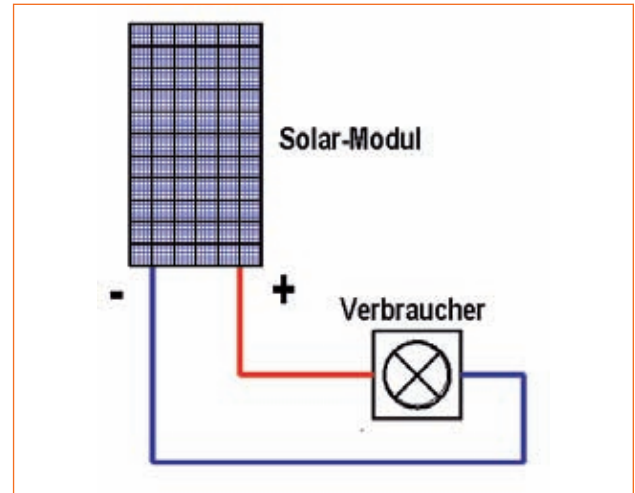


Abb. 33 – Prinzipdarstellung einer einfachen PV-Anlage (Direktnutzung). Der mit Hilfe des Solarmoduls durch die Sonne gewonnene Strom versorgt direkt einen elektrischen Verbraucher (Gleichstrom), wie zum Beispiel einen Ventilator oder eine Pumpe.

2.1 Netzparallelsystem

Netzgekoppelte Solaranlagen sind mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden, in das sie den durch die Sonne gewonnenen Strom einspeisen. Ist viel solare Energie vorhanden, wird auch viel Strom eingespeist. Netzeinspeisesysteme sind dezentrale Kraftwerke, die Ihren Anteil zur Gesamtstrombereitstellung beitragen. Je mehr es davon gibt, desto weniger konventionelle Kraftwerke werden gebraucht. Der Aufbau vieler kleinerer netzgekoppelter Solaranlagen auf Gebäuden ist eine Möglichkeit, die Stromproduktion – mit wachsenden Anteilen – aus regenerativen Energien zu bewerkstelligen.

Vorteil für Sie: Dieses System braucht keinen Speicher in Form eines Akkus, damit ist es sehr wartungsarm und dauerhaft. Das öffentliche Netz ist ein großer Pool, in den Strom hineingegeben und aus dem Strom entnommen wird. Ihre PV-Anlage ist möglicherweise mit der halben Welt vernetzt.

Nachteil: Wenn es eine Störung im öffentlichen Stromnetz gibt (Stromausfall), stehen Sie trotz Ihrer PV-Anlage auf dem Dach ohne Stromversorgung da.

Mit einer Photovoltaikanlage von 10 kW_{peak} und einer Solar-Generatorfläche von etwa 90 bis 100 m² können Sie im Jahr ca. 9000 bis 10000 kWh Strom an den Netzbetreiber verkaufen.

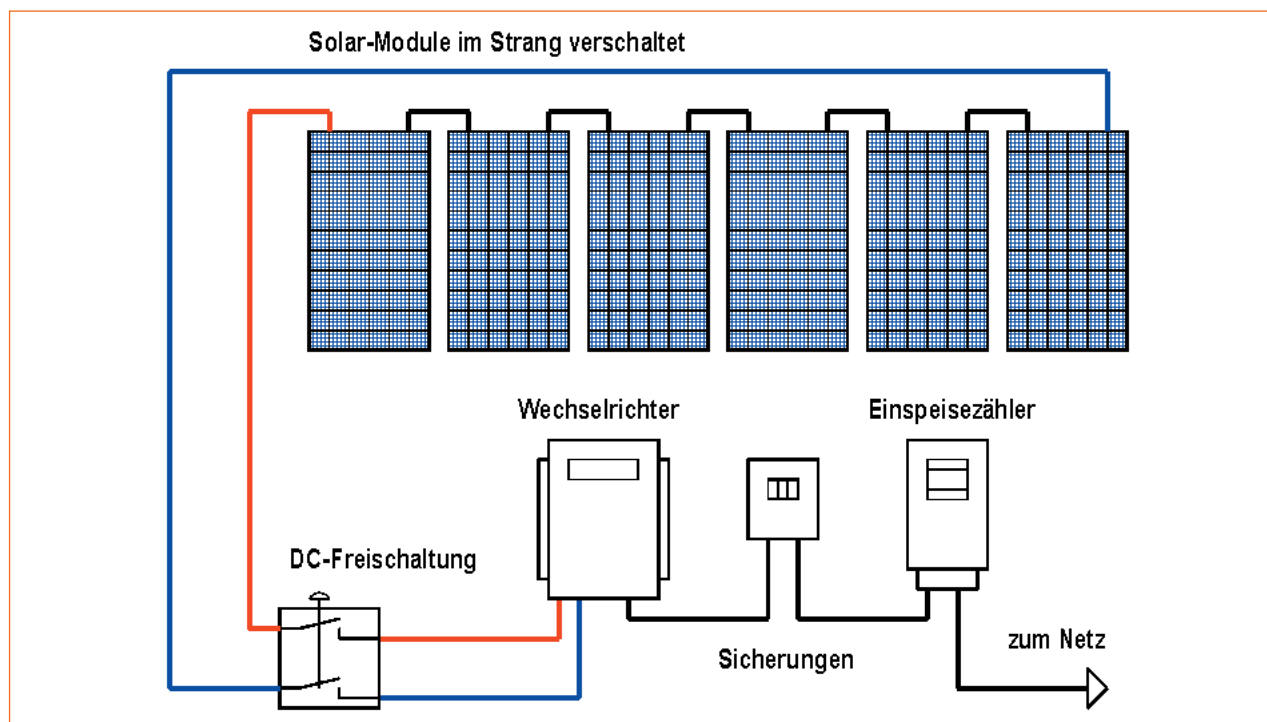


Abb. 34 – Prinzipdarstellung des Netzparallelsystems mit zu einem Strang zusammengefassten Solarmodulen (oder mehreren Strängen), dem DC-Freischalter, dem Wechselrichter, Sicherungen und dem Einspeisezähler.

2.1 Netzparallelsystem

Das technische Prinzip:

Mit (möglichst direkter) Ausrichtung zur Sonne wandeln Solarmodule die Sonnenenergie in Gleichstrom um. Um eine größere Leistung zu erzielen, werden mehrere Module (in der Regel in Reihenschaltung) zu Strings zusammengefasst. Einer oder mehrere Stränge werden an einen oder mehrere Wechselrichter angeschlossen, die den Gleichstrom in netzkonformen Wechselstrom umwandeln. Zwischen Wechselrichter und öffentlichem Stromnetz befindet sich noch ein Einspeisezähler. Mit dem Einspeisezähler wird die eingespeiste Energiemenge gemessen, dieser Wert wird zur Abrechnung und Vergütung Ihres Stromes verwendet.

Module

Es gibt unterschiedliche Technologien, die das Sonnenlicht in Strom umwandeln.

Die für Solaranlagen am häufigsten zur Verwendung kommenden Modul-Systeme werden nachfolgend dargestellt:

Module mit Siliziumzellen

Die Module bestehen aus mehreren Solarzellen (Ausnahme amorphe Module), diese lassen sich in folgende Hauptgruppen unterteilen:

- Module mit amorpher Beschichtung.
- Module mit monokristallinen Zellen.
- Module mit polykristallinen oder multikristallinen Zellen.
- Module mit Drippelzellen für besondere Anwendungen (Forschung), über 30 % Wirkungsgrad. Mehrere Zellschichten übereinander, die verschiedene Lichtspektren nutzen.

Ein Solarmodul ist aus mehreren einzelnen Zellen aufgebaut (mit Ausnahme von Dünnschichtmodulen). Die einzelnen Solarzellen werden aus blockförmigem Silizium (nach einer aufwendigen Reinigung und Bearbeitung des Rohstoffes) als dünne Scheiben hergestellt und weiterverarbeitet. Durch die Herstellung immer dünnerer Zellen wird versucht, die Kosten zu senken und den Wirkungsgrad zu verbessern.

Amorphe Solarzellen

Homogen schimmernde Solarzellenfläche, meist rötlich oder auch beige, im Alltag z. B. zu finden in Taschenrechnern, Solaruhren und Messeinrichtungen. Einfachere Herstellung im Vergleich zu den beiden unten vorgestellten Typen. Bei der Herstellung wird das Silizium direkt auf das Trägermaterial aufgedampft. Als Trägermaterial kommen meist Glas, seltener durchsichtiger Kunststoff oder spezielle Folien in Betracht.

Guter Wirkungsgrad auch bei diffusem Licht. Gesamtwirkungsgrad liegt unter dem der poly- und monokristallinen Zellen, bei durchschnittlich 10 %.

Die Leistungsfähigkeit nimmt im Laufe der Jahre ab – Haltbarkeit und Leistungsgarantie betragen meist 10 bis 25 Jahre. Aufgrund des geringeren Wirkungsgrades sind größere Einzelmodule und Flächen erforderlich. Die Module sind in der Regel intern auf Betriebsspannung verschaltet.

Die Energieamortisation, d. h. der Zeitraum, bis die zur Herstellung aufgewendete Energie wieder von der Sonne geerntet werden kann, liegt unter einem Jahr.

Weitere Vorteile von amorphen Modulen sind neben dem günstigen Preis auch eine geringere Empfindlichkeit gegenüber Teilverschattungen und guter Ertrag bei diffusem Licht.

2.1 Netzparallelsystem

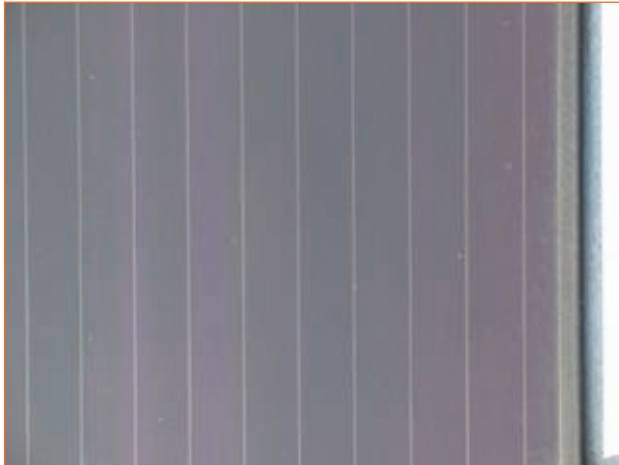


Abb. 35 – Amorphes Solarmodul.

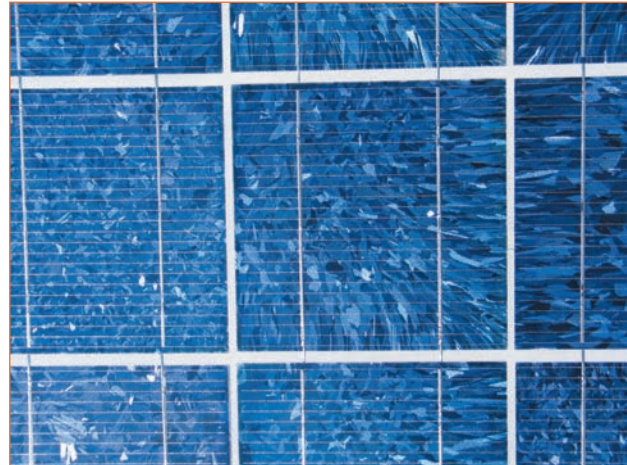


Abb. 36 – Polykristalline Solarzellen.

Mein Hinweis

Bei Verwendung von Dünnschichtmodulen in Kombination mit trafolosen Wechselrichtern ist zu prüfen, ob am Solargenerator oder Gestell (Netz-)Spannungen gemessen werden können.

Zudem muss der Wechselrichter an die Spannung der Module angepasst sein, ansonsten verringert sich die Langzeitstabilität, d. h. die Leistungsabgabe der Module lässt schneller nach.

Bei Verwendung von Dünnschichtmodulen ist darauf zu achten, dass der ausgewählte Wechselrichter dafür geeignet ist. Wechselrichter mit Trafo sind in der Regel unproblematisch. Trafoleose Wechselrichter können zu einer schnelleren Alterung der Dünnschichtmodule führen.

Poly- oder multikristalline Solarzellen

Bläuliche, glimmerartige, aus willkürlichen Kristallstrukturen (in den unterschiedlichsten Richtungen) be-

stehende Oberfläche. Häufigste Zellenart, da das Preis-Leistungs-Verhältnis am günstigsten. Herstellung aufwendiger als bei amorphen Zellen ist. Das Siliziumrohmaterial wird in rechteckige Blöcke gegossen, die in 0,2 bis 0,5 mm dicke Scheiben zersägt werden. Die Oberfläche wird dotiert, d. h. gezielt verunreinigt, um die negative Schicht (obere Seite) zu erhalten. Zur Abnahme des Stromes benötigt man Leiterbahnen. Silizium ist von Natur aus matt-silberfarben, doch die Oberfläche wird in der Regel dunkelblau gefärbt, damit das Licht besser absorbiert wird.

Wirkungsgrad ca. 11 bis 15 %. Haltbarkeit über 30 Jahre, Leistungsgarantie 20-30 Jahre. Energieamortisation 1 bis 4 Jahre.

Monokristalline Solarzellen

Bläuliche, homogene Oberfläche, die Kristalle liegen im Bereich von Tausendstel Millimetern und sind mit dem bloßen Auge nicht zu erkennen. Herstellung aufwendig, z. B. Tiegelziehverfahren mit quadratischen

2.1 Netzparallelsystem

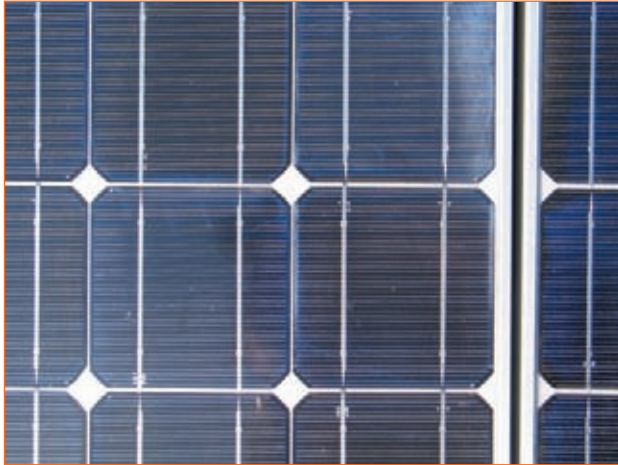


Abb. 37 – Monokristalline Solarzellen.

und rechteckigen Stangen (früher rund). Der weitere Herstellungsprozess entspricht dem der poly- und multikristallinen Solarzellen. Haltbarkeit und Leistungs-garantie ähnlich wie bei den polykristallinen Zellen. Sonderformen: hochkantig, eingefräste Leiterbahnen (Rechen), damit mehr aktive Zellenoberfläche bei gleichzeitig guter Leitfähigkeit erreicht wird. Wirkungs-grad 13,5 bis 18 %. Energieamortisation 2 bis 6 Jahre.

Die Modulausführungen sind unterschiedlich, z. B. Glas-Glas, Glas-Folie, mit Rahmen oder rahmenlos.

Meist sind die Solarzellen in einen speziellen Kunststoff (Modul-Laminat) eingebettet und mit einer frontseitigen Abdeckung aus hochtransparentem Glas ausgestattet. Wichtig sind: UV-Stabilität, Schutz vor Feuchtigkeit und Temperaturstabilität (thermische Ausdehnung). Damit möglichst viele Module in Reihe verschaltet werden können, sollte die Spannungsfestigkeit (Systemspannung) mindestens 750 Volt oder mehr betragen. Außerdem muss der Modulrahmen verwindungssteif sein, damit die Zellen bzw. die Verbindungen bei mechanischer Belastung nicht brechen.

Demgegenüber gibt es auch flexible Module, die sich besonders gut für den mobilen Einsatz und spezielle Dachformen eignen.

Moduldaten

Je nach Verwendungszweck gibt es verschiedene Modulgrößen mit Leistungen von 5 W bis über 250 W_{peak}. Die Modul-Nennspannungen sind 12 Volt, 24 Volt und größer. Für den Einspeisebetrieb werden Module ab 24 Volt Nennspannung verwendet. Die Leerlaufspannung eines Moduls mit 24 Volt Nennspannung kann bis zu ca. 40 Volt betragen (je nach Anzahl der Solarzellen pro Modul). Der optimale Leistungs-punkt des Moduls ist ein Produkt aus Spannung und Strom und wird mit U_{mp}/I_{mp} angegeben (U = Spannung beim maximalen Leistungspunkt, I = Strom beim maximalen Leistungspunkt). Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom für sich gemessen sind jeweils höher.

Bei größeren PV-Anlagen mit einer großen Anzahl von Modulen ist es sinnvoll, Module mit annähernd gleicher Leistung zu einem Strang zusammenzufassen. Dieses Auswahlverfahren wird „Matchen“ genannt. Die Modulleistungsangabe finden Sie in der den Modulen beigefügten Liste, in der die Module mit Seriennummern und den gemessenen Leistungsdaten aufgeführt sind. Bei den Matches werden aus allen gelie-

Mein Tipp

Beim Auswählen der Module sollten Sie unbedingt auf die Angabe der Leistungstoleranzen achten. Diese wird angegeben mit +/- und %. Als Beispiel: Ein Modul mit 155 W und +/- 3 % Toleranz kann eine Leistungstoleranz von 150 W bis 160 W haben. Oft hat es dann leider nur 150W, was bei dieser Angabe zulässig wäre.

2.1 Netzparallelsystem

ferten Modulen möglichst gleiche Leistungswerte zusammengeführt. Praktisch sieht dies dann so aus, dass eine Person die Seriennummern mit den Leistungswerten durchsieht und eine zweite die den Leistungen gleichwertigen Module auf verschiedene Stapel sortiert. Zuletzt werden daraus die Stränge gebildet.

Verschaltung der Module

Module können untereinander sowohl in Reihe als auch parallel verschaltet werden. Bei einer Reihenschaltung erhöht sich die Spannung bei gleich bleibendem Modulstrom. Durch komplette Verschaltung eines Moduls würde der Stromfluss unterbrochen. Damit die Beschattung in der Praxis weniger schlimme Folgen hat, werden Schottkydioden so ins Modul eingebaut, dass der größte Anteil des Stromes bei einer Beschattung am Modul vorbeigeleitet wird. Diese Dioden werden deshalb auch als „Bypassdioden“ bezeichnet. Die Reihenschaltung von Modulen als Strang mit einer Spannung von z. B. 720 Volt finden wir bei Anlagen im Netzparallelbetrieb. Die Anzahl der Module in einem Strang ist durch den maximalen Anschlusswert des Wechselrichters (auf der Gleichstromseite) und die maximale Systemspannung der Module definiert.

Werden Module parallel verschaltet, so bleibt die Spannung gleich und es erhöht sich der Strom. Diese Anwendung ist z. B. im Inselbetrieb mit einer Systemspannung von 12

oder 24 Volt sinnvoll. In der Parallelschaltung können später weitere Module zur Erhöhung des Ladestromes hinzugefügt werden.

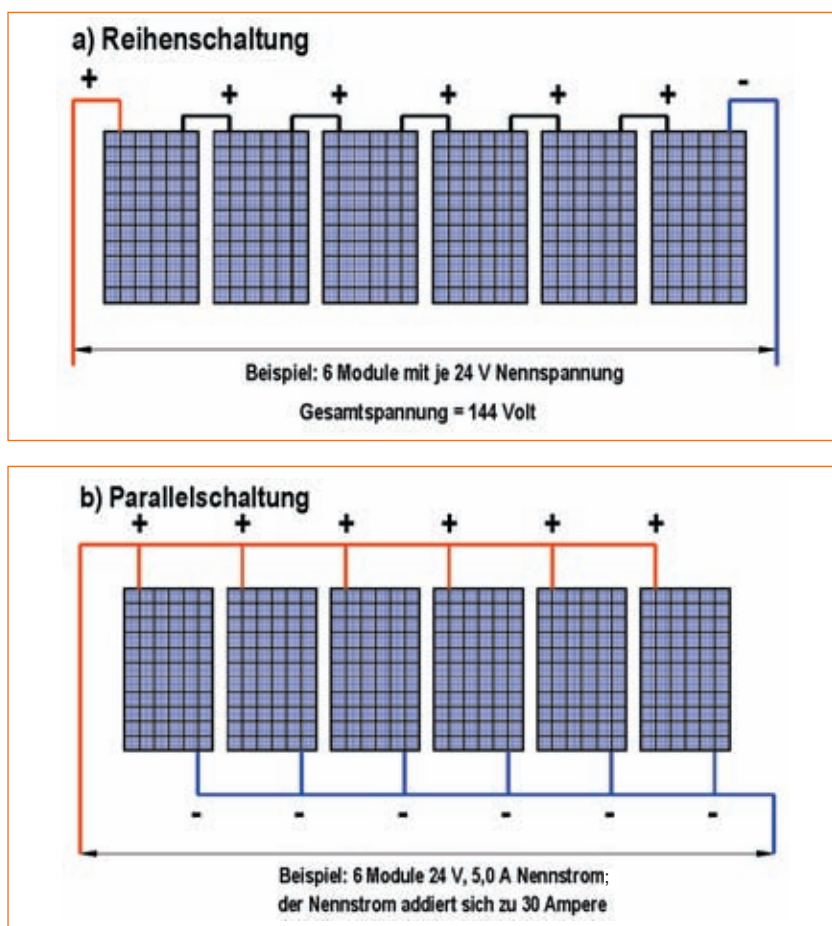


Abb. 38 – a) Reihenschaltung: Der Nennstrom bleibt gleich, die Nennspannung erhöht sich mit der Anzahl der Module. **b)** Parallelschaltung: Die Nennspannung bleibt gleich, der Nennstrom erhöht sich um die Anzahl der Module.

2.1 Netzparallelsystem

Module aus anderen Grundstoffen

Durch die zunehmende Vermarktung von Photovoltaik auf der ganzen Welt wurde das Rohprodukt Silizium Anfang dieses Jahrtausends knapp und damit teurer. Es wurden zahlreiche Materialien gesucht und gefunden, die eine kostengünstigere Solarzellenproduktion möglich machen sollen. Einige davon sind hier aufgeführt. Bisher kann darüber jedoch keine Euphorie aufkommen. Alltagstauglich sind derzeit die CIS-Module, die (neben Ankündigungen einiger japanischer Hersteller) seit 2007 von der Firma Würth-Solar produziert werden (Adresse und Link

siehe Anhang). Die wesentlichen Alternativen in der Übersicht:

- Graetzelzelle, sehr preiswert und viel versprechend. Problem: bisher geringe Beständigkeit der Leistungsabgabe.
- CIS-Technologie (Kupfer-Indium-(Gallium)-Diselenid), sehr viel versprechend. Zellenwirkungsgrad von über 20 % (Labor), Modulwirkungsgrade > 11%.
- CdTe-Zellen (Cadmium-Tellurid), bisher Produktion in USA.

Im Moment gibt es leider noch keinen großen Durchbruch zu richtig günstigen Alternativen.

Unterkonstruktion

Die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Montage der Unterkonstruktion werden weiter unten im Kapitel „Montage der Solaranlage“ entsprechend den baulichen Vorgaben beschrieben.

Netzeinspeisegeräte, Wechselrichter

Bei Netzeinspeisegeräten, hier als Wechselrichter bezeichnet, gibt es unterschiedliche Systeme und Konzepte zur Umwandlung des solaren Gleichstromes in netzkonformem Wechselstrom. Grundsätzlich ist eine galvanische Trennung zwischen dem solaren Gleichstrom und dem Netzwechselstrom erstrebenswert. Dies bedeutet, dass keine leitende Verbindung zwischen Gleichstromquelle und Wechselstromkreis bestehen sollte. Je nach Hersteller gibt es Wechselrichtersysteme mit Trafo-, trafoloser oder Hochfrequenzübertragung. Die Anforderungen, die der Netzbetreiber an das vom PV-Anlagenbetreiber gelieferte Produkt „Strom“ stellt, sind bezüglich der Sicherheit und Stabilität der Spannung und der Qualität des Stromes sehr hoch. Diese Anforderungen hat der Wechselrichter zu erfüllen, um die allgemeine Betriebserlaubnis zu bekommen und damit an das öffentliche Netz angeschlossen werden zu dürfen.

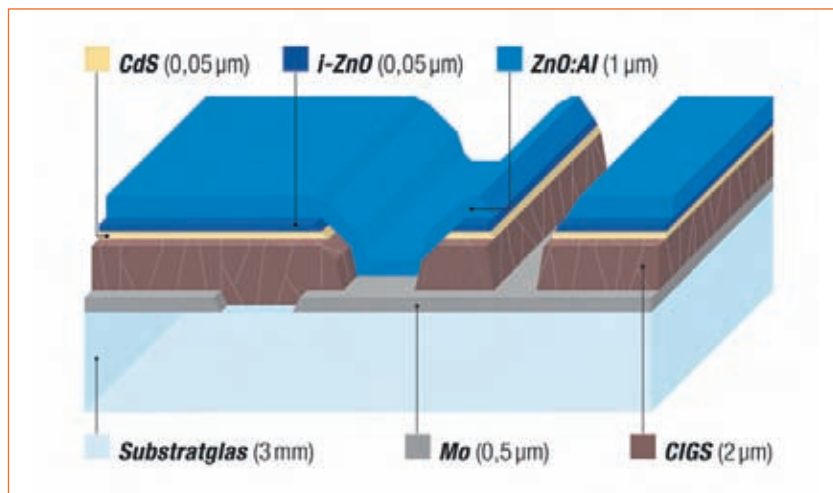


Abb. 39 – CIS-Technologie. Quelle (7)

2.1 Netzparallelsystem

Grundsätzliche Kriterien und Eigenschaften von Wechselrichtern sind:

- Netzüberwachung (z. B. ENS) und Abschaltung im Fehlerfall, bei Netzfehlern bzw. bei Netzabschaltung,
- Geringer Eigenstromverbrauch (aus dem PV-Gleichstromkreis)
- Störungsarmer Betrieb,
- Geringe Emissionen bezüglich Hochfrequenz und Geräusche.

Des Weiteren gibt es die Wechselrichter mit unterschiedlichen Eigenschaften, um sie optimal an den Solargenerator (Solargenerator = alle Modulstränge zusammengefasst) anzupassen und einen sinnvollen Betrieb zu gewährleisten, wie z. B.

Hohe Effizienz (guter Wirkungsgrad)

Der Wirkungsgrad eines Wechselrichters ist abhängig von der verwendeten Technik, von den Umgebungsbedingungen, aber auch vom Energieangebot des Solargenerators. Im Handel erhältliche Wechselrichter haben einen Wirkungsgrad von mindestens 90 % bis zu derzeit 96 %, wenn mehr als 10 % der angegebenen Nennleistung verarbeitet werden.

Leistungsangabe, Nennleistung

Die Leistungsangabe eines Wechselrichters wird in kW Nennleistung angegeben. Da der Solargenerator die angegebenen kWpeak-Werte nur bei optimalen Bedingungen erreicht (die eher selten sind), ist es üblich, beim Einsatz der Wechselrichter über deren Nennleistung zu gehen (z. B. 105 %). Konkret: Ein Solargenerator mit insgesamt 24,7 kWpeak wird an mehrere Wechselrichter mit einer Nennleistung von insgesamt 22,5 kW Nennleistung angeschlossen (4 x 5 kW

und 1 x 2,5 kW). Es wird also eine vorübergehende geringfügige Überlastung der Wechselrichter in Kauf genommen (bei extremer Solarstrahlung), um diese im überwiegenden Betrieb bei normaler Solarstrahlung in einem besseren Wirkungsgradbereich (Auslastung) zu betreiben.

Anschluss Modulstränge, Anzahl

Es gibt Strangwechselrichter mit nur einer Eingangsstufe. Daran können zwar mehrere Modulstränge angeschlossen werden, in-

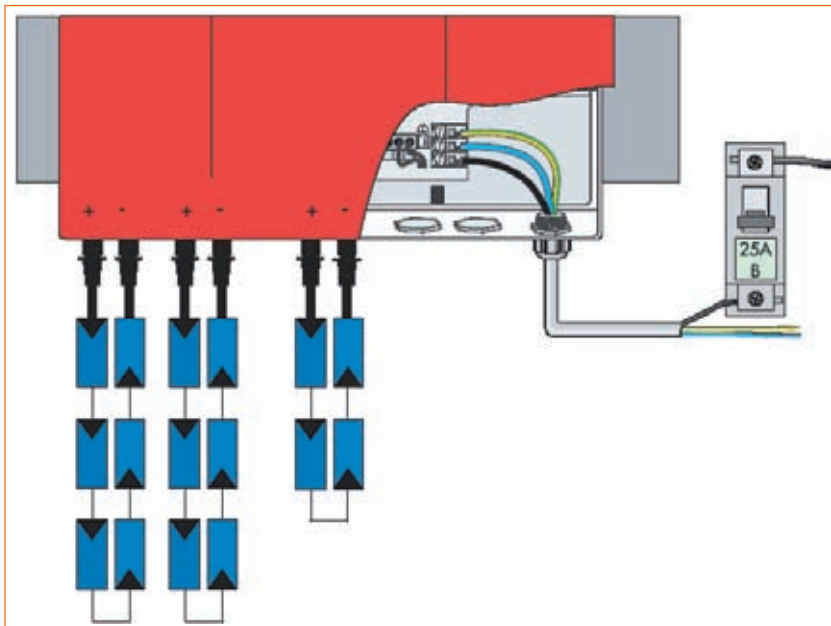


Abb. 40 – Prinzipschaltbild Anschluss an Multistrangwechselrichter. Von den drei angeschlossenen Strängen hat einer weniger Module im Strang als die beiden anderen. Quelle (3)

2.1 Netzparallelsystem

tern sind diese dann aber parallel zusammengeführt. Hier müssen alle Stränge die gleichen Spannungswerte und die gleiche Besonnung haben, sonst bestimmt der schwächste Strang die Ernte.

Bei einer Nennspannung eines Moduls von 24 Volt beträgt die Leerlaufspannung des Moduls bis zu 40 Volt. Werden Module als Strang in Reihe geschaltet, ist die maximale Systemspannung zu beachten (Beispiel 750 Volt). Die Gesamt-Leerlaufspannung des Stranges muss unter der Systemspannung liegen!

Bei unterschiedlichen Strängen empfiehlt es sich, den Multistrangwechselrichter zu verwenden. Hier besteht die Anschlussmöglichkeit mehrerer Modulstränge mit einer unterschiedlichen Anzahl von Modulen (in Reihen-

schaltung) und damit unterschiedlichen Spannungen bzw. unterschiedlicher Besonnung auf die Stränge.

Multistrangwechselrichter besitzen mehrere Eingangsstufen, über die die einzelnen Stränge mit dem MPP (Maximum-Power-Tracker) unabhängig bearbeitet und optimal angepasst werden.

Master-Slave-Prinzip

Um mit der Leistungsabgabe des Solargenerators die Wechselrichter optimal auszulasten, gibt es die Möglichkeit, mehrere Wechselrichter im „Master-Slave-Prinzip“ zu koppeln.

Zunächst wird bei geringerer solarer Einstrahlung der Gleichstrom von einem Wechselrichter (dem Mas-

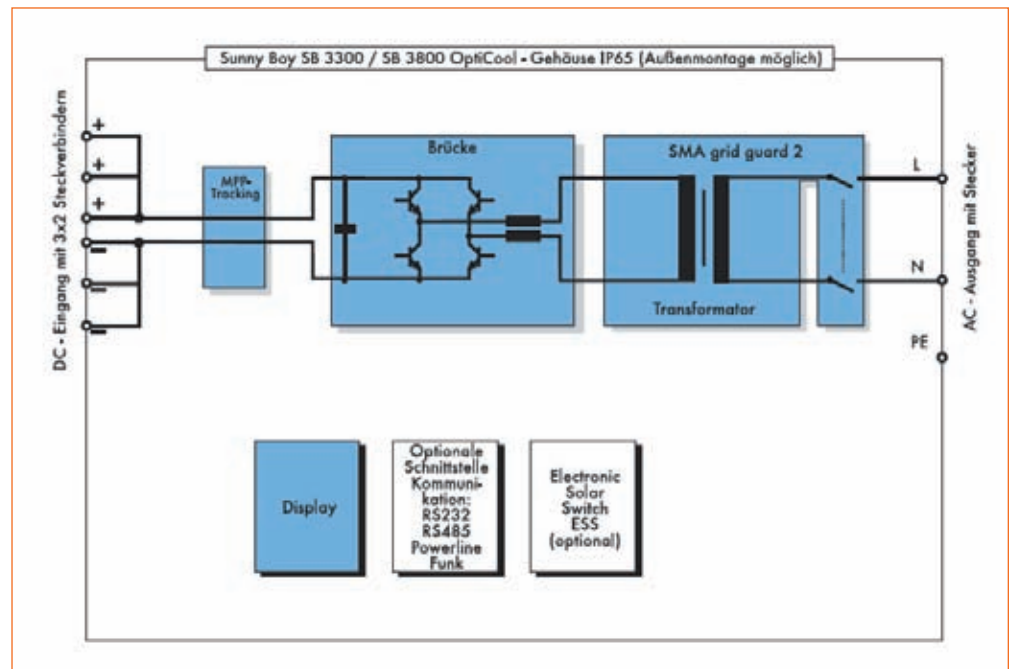


Abb. 41 – Wechselrichter Sunny Boy SB 3300 / SB 3800 (Außenmontage möglich), Nennleistung bis 4 kW und Blockschaltbild mit Trafo. Quelle (3)

2.1 Netzparallelsystem

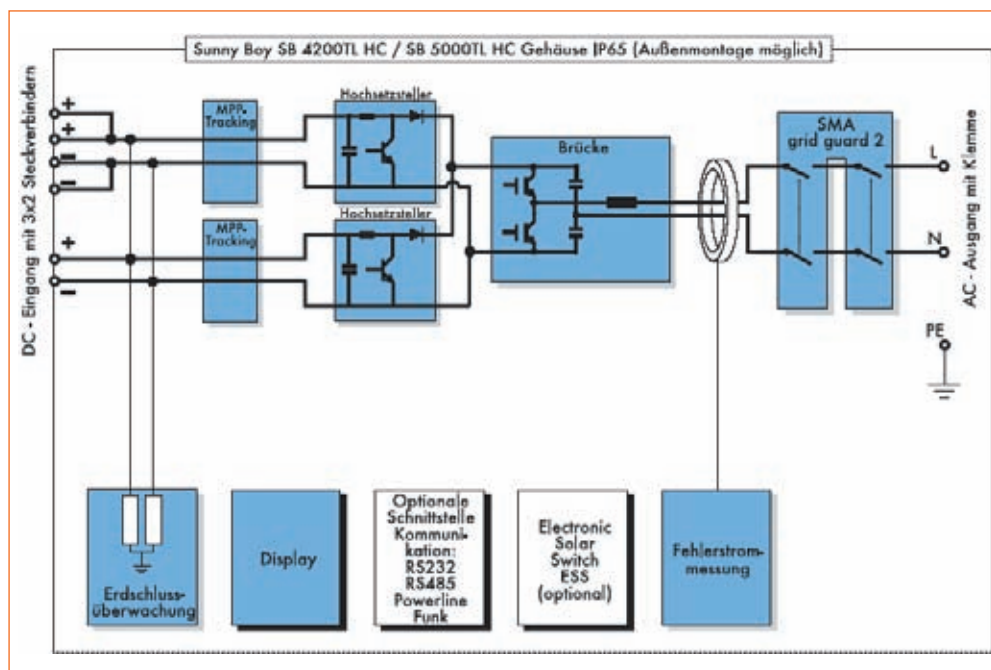


Abb. 42 – Wechselrichter Sunny-Boy SB 4200TL / SB 5000TL (Multi-String), transformatorloser Solarwechselrichter für drei unabhängige PV-Strings (siehe Blockschaltbild). Quelle (3)

ter) bearbeitet, bei höherer Einstrahlung und damit höherer Leistung des Solargenerators werden dann weitere Wechselrichter (Slaves) vom Masterwechselrichter dazugeschaltet.

Verkabelung

Die gleichstromseitige Verkabelung zur Verbindung der Module untereinander und der Verbindung der Stränge mit dem Wechselrichter ist auf dem Dach der Witte- rung direkt ausgesetzt. Sonne, Wind, Regen und Schnee wirken 20 bis 30 Jahre lang auf die Kabel ein. Deshalb sollten diese, wo immer möglich, in den Alu- miniumprofilen oder in Kabelkanälen verwahrt und

eingebunden sein. Grundsätzlich hat die Verkabelung einige Bedingungen zu erfüllen:

- Die Kabel müssen UV- und ozonbeständig sein.
- Der Querschnitt (mm²) sollte so sein, dass die Leitungsverluste unter 1 % liegen (in der Regel 2,5 bis 4 mm², abhängig von der Leistung und der Kabellänge).
- Die Isolation um den Leiter hat doppelt zu sein (für den Kurzschlussfall).
- Die Verbindungen sollten zugfest und korrosions- beständig sein.

3 Montage der Solaranlage

3.1 Grundsätzliche Montageprinzipien

Bei Solaranlagen wird von einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von etwa 30 Jahren ausgegangen. Dementsprechend sind alle Materialien dauerhaft zu wählen. Dies bedeutet bei den Modulen und der Unterkonstruktion, dass korrosionsbeständige Materialien wie Aluminium, Edelstahl (V4A) usw. verwendet werden. Wichtig sind auch UV- und ozonbeständige Kabel sowie geeignete Kunststoffmaterialien und entsprechende konstruktive Lösungen, damit Schwitzwasser, Stauwärme und andere dem Gebäude abträgliche Erscheinungen dauerhaft unter Kontrolle sind.

Zunächst einmal möchte ich auf die prinzipielle Art der Befestigung eingehen. Solaranlagen können starr fixiert oder auch beweglich installiert werden. Fest installierte Solaranlagen sind in der Lage und Ausrichtung dauerhaft fixiert. Dadurch gibt es keinen bzw. wenig mechanischen Verschleiß und wenig Wartungsaufwand. Der gesparte Aufwand für die Nachführung (optimale Ausrichtung zur Sonne) kann dann in eine größere Fläche der Solaranlage investiert werden, um

ähnliche Ergebnisse wie bei einer Nachführung zu bekommen.

Das automatisch immer zur Sonne ausgerichtete System ist mechanisch deutlich aufwendiger. Eine einfachere Lösung wäre die Nachführung durch manuelles Verstellen. Z. B. könnte vier Mal im Jahr der Neigungswinkel der Solaranlage von Hand verändert und damit dem aktuellen Sonnenwinkel angepasst werden. Dies ist bei kleineren Anlagen, z. B. im Bereich einer Balkonbrüstung, sehr sinnvoll.

Nachführungen mit automatischen Einrichtungen und Steuerungen, z. B. mit einem Getriebemotor und einer entsprechenden Sensorik, sind für Photovoltaikanlagen und vor allem für Inselanlagen sinnvoll. Dort kommt es darauf an, dass gerade in der sonnenarmen Zeit (im Winter) jeder Sonnenstrahl genutzt wird.

Je nachdem, ob die Nachführung einachsig oder zweiachsig ausgeführt wird, können Sie mit bis zu 45 % Mehrertrag rechnen.

3.2 Einachsige Nachführungen

Der Solargenerator wird im Uhrzeigersinn in Ost-West-Richtung (erste Achse) dem Sonnenstand kreisförmig „nachgeführt“.

Die jahreszeitliche Neigung, d. h. der Anstellwinkel (zweite Achse), wird bei den einachsigen Nachführungen entweder einmal auf einen Mittelwinkel eingestellt oder von Zeit zu Zeit manuell verändert. Gerade im Winter, wenn durch die kürzeren Tage weniger Son-

nenenergie geerntet werden kann und die Sonne sehr flach am Horizont „steht“, kann es wirtschaftlich sinnvoll sein, den Winkel der Module entsprechend auszurichten.

Ein Spezialfall einer horizontalen Nachführung ist der, in dem die Mittelachse des oder der Module entsprechend der Tageszeit gekippt wird (siehe auch Abb. 70). Dadurch sind die Modulflächen morgens und

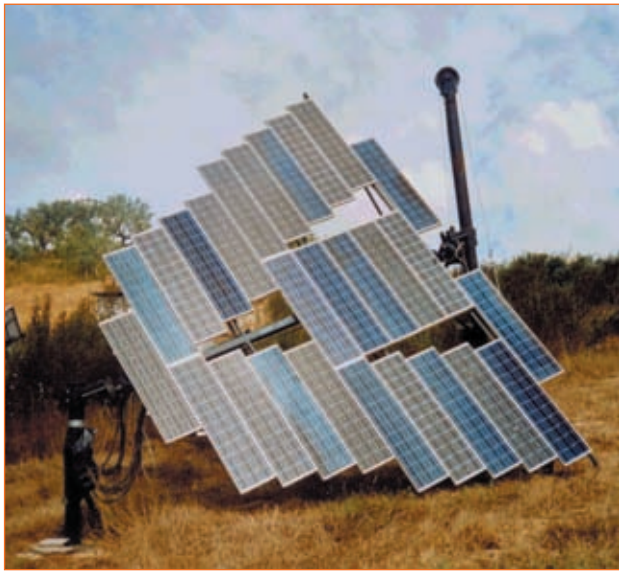


Abb. 70 – Solarmodulanordnung mit automatischer Nachführung über die Mittelachse, Morgenstellung.



Abb. 71 – Jahreszeitliche Winkelverstellung durch eine Kippvorrichtung und den Seilzug.

3.2 Einachsige Nachführungen



Abb. 72 – Das Foto zeigt einen nachgeführten Solargenerator mit folgenden Eckdaten. Fläche: 13 m x 6 m, Leistung: ca. 10 KWpeak, Gewicht (bewegliche Teile): 4to. Das Getriebe zwischen dem Elektromotor und der Antriebstrommel stammt von einem VW-Passat! Diese Anlage wird im Moment über zwei Zeitschaltuhren gesteuert. Die eine gibt dem Motor alle 10 min. „Strom“, die andere stellt über Nacht die Ausrichtung nach Osten wieder her. Die Anordnung von Hand und mit Spanngurten zu bewegen, hat sich als völlig unmöglich erwiesen.



Abb. 73 – Details der mechanischen Steuerung.

3.2 Einachsige Nachführungen

abends steil und damit rechtwinklig zur Sonne, in der Mittagszeit flach und dementsprechend auch wieder rechtwinklig zur Sonne ausgerichtet. Die jahreszeitliche Achse (Winkel) wird hier manuell jeweils alle paar Wochen oder Monate angepasst.

Nachführung mit Antennenrotor

Für die Montage einer drehbaren Anlage auf dem Hausdach eignen sich sehr gut Antennenrotoren. Auch

wenn diese neu gekauft werden müssen (wie z. B. bei Conrad-Elektronik oder auch über Ebay), lohnt sich doch die meist preiswerte Anschaffung im Gegensatz zur aufwendigen Mechanikbastelei. Das Steuergerät wird nicht gebraucht, kann aber für eine eventuelle manuelle Steuerung der Anlage aufgehoben werden. Sinnvoll ist diese Variante auch, weil Antennenrotoren für die Außenmontage konstruiert und hergestellt worden sind. Sie sind mechanisch robust und einiger-



Abb. 74 – Montage auf dem Dach mit einem handelsüblichen Antennenrotor. Beim Solargenerator handelt es sich um drei Module zu je 25 W (parallel), welche ein 12-Volt-Inselsystem mit Kleinverbrauchern versorgen. Oben sind die zwei Röhrchen mit den LDRs für die automatische Ausrichtung zur Sonne zu erkennen.

3.2 Einachsige Nachführungen

maßen wasserdicht, sodass von einer langen Funktionsfähigkeit ausgegangen werden kann. Auch die Drehgeschwindigkeit mit 1 bis 1,5 Umdrehungen pro Minute, bei 360° Drehbereich, ist für unsere Anwendung gut geeignet.

Die Durchführung durch das Dach und die Abdichtung können mit Material ausgeführt werden, wie es zur Abdichtung für Antennenmaste im Handel erhältlich ist. Für das Mastmaterial kann Wasserleitungsrohr verwendet werden (schwer, aber in unserem Fall geeignet, da es sich nur um ein kurzes Stück handelt). Die Solarmodule können dann ebenfalls mit Mastschellen und Aluminiumprofilen aus dem Antennenbau und der Satellitentechnik mit einer 45°- bis 50°-Neigung an das Maststück oberhalb des Antennenrotors befestigt werden. Nicht zu vergessen: Der Sensor sollte so hoch über den Solarmodulen befestigt werden, dass zu keiner Jahreszeit Schatten auf die Module fällt. Auch sollte der Sensor nicht unter die Module montiert werden, da hier durch die Beschattung Irritationen auftreten können und damit der Solargenerator falsch ausgerichtet werden könnte. Falls erforderlich, kann ein zusätzlicher Sturmsensor an der westlichen Giebelseite, mindestens 50 cm über dem First, montiert und installiert werden.



Abb. 75 – Befestigung mit Satellitenteilen, vom Schrott oder gekauft, bestens geeignet, um die Module zu montieren. Die Winkelverstellung für den Neigungswinkel des Solargenerators wird gleich exklusiv dazu geliefert.

4 Das können Sie leicht selbst erledigen

4 Das können Sie leicht selbst erledigen

Was Sie sich zutrauen können und wollen, wissen Sie selbst natürlich am besten. Für die Arbeiten auf dem Dach und an einer Fassade sind die erforderlichen Vorkehrungen für Ihre Sicherheit zu treffen.

Bei Ihren Eigenleistungen stellen sich die Fragen: Wo kann am sinnvollsten Geld gespart werden und wo kommt das eigene Potenzial am wirkungsvollsten zum Einsatz? Sofern der Zeitfaktor keine Rolle spielt, stellt sich natürlich auch die Frage, ob Sie Freude daran haben, die Arbeiten selbst auszuführen, auch wenn Sie dafür länger brauchen als ein Fachmann.

Leistungsabgrenzung:

Viele Handwerker sind Lösungen gegenüber, bei denen der Bauherr die kniffligen Anteile realisiert, sehr aufgeschlossen. Wichtig ist, dass die Arbeiten beim Ausarbeiten des Angebots und nochmals bei der Beauftragung und Gewährleistung klar abgegrenzt werden. Ist der Bauherr sich bei bestimmten Positionen noch nicht sicher, ob er diese selbst ausführen wird, so sind diese festzulegen mit dem Hinweis: „Ausführung bei Bedarf“.

Wichtig ist auch die terminliche Abstimmung. Vorbereitungen durch Sie als Bauherr sollten rechtzeitig durchgeführt werden. Gegenseitige Behinderungen erzeugen ein schlechtes Klima und sind nach Möglichkeit zu vermeiden.

Grundsätzliches

Sie als Bauherr und Bauherrin kennen Ihr Objekt am besten und sind hoch motiviert, eine gute und dauerhafte Lösung zu finden, auch da Sie die Solaranlage für längere Zeit haben werden. Sie haben die Möglichkeit, sich zwischendurch immer wieder mit der Lösung eines kniffligen Problems zu beschäftigen, bis Sie mit dem Ergebnis zufrieden sind.

Der Handwerker hat einen großen Erfahrungsschatz, die fachliche Ausbildung, das erforderliche Handwerkszeug, die Möglichkeit zur kostengünstigen Materialbeschaffung und die Fachkontakte. Sein Problem ist, dass er unter Zeitdruck steht. Er sucht nach gut handhabbaren Lösungen, die in kurzer Zeit, mit garantiertem Erfolg und mit wenig Risiko umzusetzen sind.

4.1 Übersicht über die Arbeiten in 12 Schritten

Schauen Sie sich die nachfolgende Checkliste und das folgende Kapitel hinsichtlich Ihrer Eigenleistungen an. Entscheiden Sie, was und wie viel Sie davon selbst erledigen können und wollen. Bedenken Sie auch, was geschieht, falls Sie zwischendurch verhindert sein sollten.

Die folgende Checkliste können Sie durchgehen und bezüglich Ihrer Arbeitsanteile ausfüllen. Weitere Angaben zu den einzelnen Positionen finden Sie dann im nachfolgenden Text.

Wichtiger Hinweis

Die nachfolgende Beschreibung zeigt Ihnen grundsätzliche Tricks aus der Praxis auf, die zusätzlich zu der systembedingten Montageanleitung (des Anlagenherstellers) zu Hilfe genommen werden können. Die systembedingte Montageanleitung hat bei widersprüchlichen Angaben den technischen Vorrang, da nur durch diese die Funktion durch den Hersteller gewährleistet wird.

Checkliste für Ihre Vorüberlegungen

Pos.	Art der Arbeiten	Übernehme ich ganz selbst	Übernehme ich zum Teil	Mithilfe der Fachfirma
1	Vorarbeiten			
2	Modulstandort festlegen, Wechselrichterstandort festlegen			
3	Leitungstrasse festlegen und Kabelkanäle bzw. Durchbrüche herstellen			
4	Dachhaken und Unterkonstruktion montieren			
5	Module montieren			
6	Module elektrisch verbinden			
7	Wechselrichter montieren			
8	Leitungsverlegung von Modulen zum Wechselrichter			
9	Wechselrichter an Zählerplatz anbinden			
10	Zählerkasten und Sicherungen montieren			
11	Einspeisezähler anschließen und mit dem öffentlichen Netz verbinden			Nur durch autorisierte Fachfirma
12	Solaranlage in Betrieb nehmen, Anmeldung bei Energieversorger			

4.1 Übersicht über die Arbeiten in 12 Schritten

1. Vorarbeiten, Vorbereitungen

- Den Montageort der PV-Anlage auf Eignung (Ausrichtung, Statik usw.) prüfen.
- Wo befinden sich die Übergabestelle zum öffentlichen Netz, der Zählerkasten usw.?
- Sind alte Installationen auf dem Dach zu entfernen (z. B. alte Antennenanlage, Schneefanggitter usw.)?
- Benötigt man Ersatzziegel oder spezielle Solarziegel zur Durchführung der Solarleitungen?
- Ist es erforderlich, ein Gerüst aufzustellen oder den Arbeitsbereich auf andere Weise zu sichern (z. B. durch ein Fangnetz, Sicherheitssystem wie Hüfthalgurt usw.)?
- Erforderliche Materialien zusammenstellen und besorgen.
- Spezielles Werkzeug besorgen.

Für die Montage und Installation der PV-Anlage benötigen Sie eigentlich nur gewöhnliche Werkzeuge, wie z. B. Hammer, Schraubendreher, ein Sortiment an Gabelschlüsseln, Steckschlüssel, Ratsche, Multimeter (Viel-fachmessgerät), Innensechskantschlüssel, Akkuschauber, Bohrmaschine usw.

Lediglich bei Kabelanschlüssen und der Verwendung der systemeigenen Steckverbindungen können

beim Anschluss der Modulstränge und am Wechselrichter besondere Zangen zum Konfektionieren der Stecker erforderlich sein. Dieses Problem lässt sich aber auch mit einem guten Quetschverbinder lösen (siehe auch Abb. 44).

Bei den Arbeiten auf dem Dach, vor allem bei steilen Dächern, kann ich einen Beckengurt oder Hüfthalgurt, wie er auch von Bergsteigern verwendet wird, sehr empfehlen.

Zusätzlich ist eine Materialtasche, wie sie z. B. von Zimmerleuten verwendet wird, sehr hilfreich, um Schrauben, Beilagscheiben, Kleinwerkzeuge usw. darin aufzubewahren. Gerade, wenn Sie es nicht gewohnt sind, auf dem Dach zu arbeiten, ist es gut, so viel wie möglich schon am „Boden“ vorzubereiten und z. B. die Schrauben in die Schienen vorzumontieren oder Halterungen komplett zu machen.

2. Modulstandort festlegen, Wechselrichterstandort festlegen

Nachfolgende Hinweise beziehen sich vor allem auf die Montage einer Aufdachanlage.

Bei einer Indachmontage entfallen einige Punkte zur Unterkonstruktion.

Mein Tipp

Bei steilen Dächern ist es hilfreich, die Werkzeuge mit einem dünnen Seil anzubinden und mit einem kleinen Karabiner auf dem Dach einzuhaken.

Mein Tipp

Bei den ersten Schritten auf dem Dach können Betonziegel, um einen festeren Stand zu haben oder um nachzusehen, wo der Sparren liegt, einfach hochgeschoben werden. Weiterhin helfen beim Gehen auf dem Dach Leitern, die in vorhandene Dachhaken eingehängt und mit einem Gurt gesichert werden.

Ulrich E. Stempel

FRANZIS
DO IT YOURSELF

IM HAUS BAND 16

Photovoltaik-Solaranlagen

Sie wollen Geld sparen und die notwendigen Installationsarbeiten selbst vornehmen? Dann haben Sie mit diesem Buch die richtige Entscheidung getroffen.

Hier finden Sie alle wichtigen Tipps und Tricks zur Planung einer photovoltaischen Solardachanlage. Sie werden hersteller- und verkäuferneutral beraten. Auch wenn Sie alles lieber einem Fachmann überlassen wollen, wird Ihnen das Buch viele Vorentscheidungen abnehmen.

Aus dem Inhalt

- Geld verdienen mit der PV-Anlage
- 12 Schritte zum Selbermachen
- Planung, Technik, Montage
- Wirtschaftlichkeit und Finanzierung

Zum Autor

Ulrich E. Stempel ist ein erfahrener Autor von Do-it-Yourself-Büchern. Auch beruflich befasst er sich mit Planung und Aufbau von Solardachanlagen.

Gerade in bestehenden Häusern und speziell im Altbau ist es für viele schwierig, eine Solaranlage zu installieren. Bei einer Photovoltaik-Anlage wird Sonnenenergie in Strom umgewandelt und in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Damit kann zusätzlich Geld verdient werden.

Das Buch beschreibt Schritt für Schritt die Vorgehensweise bei der Planung und Installation einer photovoltaischen Solardachanlage. Was gibt es zu beachten, mit welchen Tricks lässt sich Geld sparen, und wie gelingt es, gute und sinnvolle Lösungen zu finden?

Anhand vieler Abbildungen und Zeichnungen zeigt Ihnen der Autor praxisnah, wie Sie selbst die Probleme in den Griff bekommen können.

Nach dem Studium dieses Buchs können Sie sehr gut zwischen Werbeprospekt und Wahrheit unterscheiden und tappen nicht in jede Falle.

Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

Besuchen Sie uns im Internet: www.franzis.de

EUR 14,95 [D]

ISBN 978-3-7723-4288-2



9 783772 342882