



BayWa r.e.  
renewable energy

# Photovoltaik Abc



# Das Abc der Sonne

Liebe Leserin, lieber Leser,

Sie interessieren sich für Photovoltaik und möchten alle wichtigen Begriffe zum Thema auf einen Blick? Bitteschön! Mit unserem Photovoltaik-Abc bekommen Sie ein fachmännisches und übersichtliches Nachschlagewerk zur Stromgewinnung aus der Sonne.

Als Experten mit langjähriger Erfahrung in der Photovoltaik erklären wir Ihnen auf den folgenden Seiten die zahlreichen Vorteile dieser Technik, wie Photovoltaikanlagen funktionieren und worauf Sie beim Bau unbedingt achten sollten. Definitionen, Fachausdrücke und technische Bezeichnungen schlagen Sie in diesem Heftchen einfach und schnell von A bis Z ab Seite 8 nach.

Und schließlich finden Sie auf den letzten Seiten unsere Adressen und Telefonnummern bei Fragen oder zur Bestellung von weiterem Informationsmaterial.

Warum wir Ihnen diesen nützlichen Ratgeber schenken? Weil BayWa r.e. Solar Energy Systems sich nicht nur durch Produkte auszeichnet, die höchsten Ansprüchen an Qualität und Ertrag gerecht werden, sondern auch durch Service und Beratung. Dieses Engagement belohnen unsere Kunden und Partner seit vielen Jahren durch ihre Treue.

Wir wünschen uns, dass das Photovoltaik-Abc von BayWa r.e. ein hilfreicher und informativer Begleiter auf Ihrer Entdeckungsreise durch die Photovoltaik wird.

Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihnen das Team von BayWa r.e. Solar Energy Systems



## VIELE GUTE GRÜNDE FÜR PHOTOVOLTAIK

Unsere Sonne ist ein riesiges Kraftwerk: Unerschöpflich, zuverlässig und kostenlos liefert uns ihre Strahlung eine gigantische Menge Energie. Mit den ausgereiften Photovoltaikanlagen von BayWa r.e. Solar Energy Systems wandeln Sie die Sonnenstrahlung in elektrische Energie um!

Ganz gleich, wo Sie leben: In Deutschland scheint ausreichend Sonne für die Nutzung der Photovoltaik. Pro Quadratmeter Fläche erreichen uns immerhin etwa 50 Prozent der Menge an Sonnenenergie, die in der Sahara empfangen werden. Und selbst bei bedecktem Himmel liefert eine Photovoltaikanlage noch etwas Strom.

Mit der Photovoltaik nutzen wir eine Technik mit vielen überzeugenden Vorteilen:

- Stromgewinnung aus der Sonne macht uns unabhängig von den fossilen Rohstoffen herkömmlicher Energiequellen, deren Ressourcen immer geringer und deren Preise immer höher werden.
- Photovoltaikanlagen sind der Inbegriff umweltfreundlicher Energieversorgung und die richtige Antwort auf die Folgen der weltweiten Klimaveränderung.
- Sie gewinnen elektrischen Strom ohne thermische, chemische oder mechanische Zwischenschritte, ohne Lärm und Schadstoffe.
- Sie vermeiden in Deutschland im Vergleich zum üblichen Strommix aus Kohle, Atomenergie, Gas und Wasser 595 Gramm CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilowattstunde.
- Und Photovoltaikanlagen bestehen vorwiegend aus Materialien, die in großen Mengen zur Verfügung stehen und recycelt werden können:  
Sand für die Siliziumsolarzellen, Glas für die Moduloberflächen und Aluminium für die Rahmen.

## WELCHE ANLAGE IST DIE RICHTIGE UND WIE FUNKTIONIERT SIE?

Es gibt zwei Arten von Photovoltaikanlagen: → **netzgekoppelte Anlagen** mit und ohne Batteriespeicher und → **Inselsysteme**. Mit einem Inselsystem sind Sie vollkommen unabhängig von einem Stromlieferanten, ohne auf Komfort zu verzichten. Gerade bei Ferien- oder Schrebergartenhäusern ohne vorhandenen Stromanschluss rechnen sich diese Anlagen in kurzer Zeit. Sie sparen die hohen Anschlussgebühren oder vermeiden den Lärm, die Abgase und das lästige Nachtanken eines Stromgenerators.

Bei einer netzgekoppelten Anlage decken Sie zunächst den eigenen Strombedarf und speisen den überschüssigen Strom in das öffentliche Netz ein. Für jede eingespeiste Kilowattstunde erhalten Sie eine → **Einspeisevergütung**. Anlagen mit Speicherlösungen decken ebenfalls den Strombedarf der laufenden Verbraucher, der überschüssige Strom wird – je nach Systemplanung – in den Batteriespeicher oder in das öffentliche Netz eingespeist. Egal ob Sie eine → **Flachdachanlage** planen oder ein → **Schrägdach** haben, ob integriert oder aufgesetzt: Alle Photovoltaikanlagen von BayWa r.e. Solar Energy Systems lassen sich problemlos montieren, ohne dass Ihr Haus zur Baustelle wird.

Die kleinste Einheit einer Photovoltaikanlage ist die → **Solarzelle**. Mehrere Solarzellen werden zu einem → **Modul** zusammengebaut und mehrere dieser Module dann in der Regel auf dem Dach installiert. Ein Modul mit einer Leistung von 160 Wattpeak (→ **Wp**) hat ungefähr eine Fläche von einem Quadratmeter.

Die in Reihen elektrisch verschalteten Module nennt man → **Strang**. Alle Stränge zusammen bilden den → **Solargenerator**. Er liefert Gleichstrom, der über Leitungen zum → **Wechselrichter** fließt. Dieser Wechselrichter wandelt den Gleichstrom in Wechselstrom um und macht ihn damit nutzbar für alle üblichen Elektrogeräte. Außerdem beinhaltet er den Regler und die Betriebsführung der ganzen Anlage.

Wer möchte, kann seine Photovoltaikanlage mit einem Display und einem Datenlogger vervollständigen. Das Display zeigt die Anlagendaten, der Datenlogger misst und speichert sie. Wechselrichter und Datenlogger lassen sich außerdem mit modernen Kommunikationssystemen ausrüsten und kombinieren. So können Sie zum Beispiel die Anlagendaten auf Ihrer Homepage im Internet darstellen.

## HÖCHSTE ERTRÄGE SICHERN

Ihre Anlage soll einen möglichst hohen → **Ertrag** erwirtschaften. Das hängt nicht nur von der Sonneneinstrahlung ab, sondern auch von anderen, wichtigen Faktoren:

- In Deutschland erzielen Sie die höchsten Erträge, wenn Ihr Dach mit einer Neigung von etwa 30° nach Süden zeigt.
- Je sauberer die → **Module**, desto mehr Licht erreicht die Solarzellen und desto höher sind die Erträge.
- Bei einer → **Dachneigung** ab 13° reinigen Regen und Schnee die Module und halten so die Oberfläche des Solargenerators ganz bequem sauber.
- Für einen hohen Energieertrag müssen die Module unbedingt unverschattet sein, denn Schatten beeinträchtigt den Ertrag erheblich. Bitte vermeiden Sie deshalb → **Verschattungen** durch Kamine, Gauben, hohe Bäume und Nebengebäude.
- Je besser die Module, desto höher der Ertrag. Achten Sie daher auf eine ausgezeichnete Produktqualität!
- Je höher der → **Wirkungsgrad** des Wechselrichters, desto höher der Ertrag der Photovoltaikanlage.

In Deutschland erbringen gute Anlagen, abhängig von ihrem Standort, pro Jahr zwischen 900 und 1000 kWh pro 1 kWp installierter Photovoltaikleistung. Zur Beurteilung Ihres Anlagenertrages müssen Sie ein ganzes Betriebsjahr betrachten, da die Sonneneinstrahlung in Deutschland zwischen Sommer- und Winterhalbjahr sehr stark schwankt.

# A

## AC

(engl.: alternating current, deutsch: Wechselstrom) → Solarzellen und -module produzieren Gleichstrom, der von einem → Wechselrichter in Wechselstrom (AC) umgewandelt werden muss, wenn dieser ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden soll. Siehe auch → DC.

## AMORPHE SILIZIUMSOLARZELLE (A-SI)

→ Eine amorphe Siliziumsolarzelle (a-Si) besteht aus einer dünnen Siliziumschicht und ist eines der gängigsten Materialien, das in der Herstellung von → Dünnschichtsolarzellen verwendet wird. Die Herstellung der Zellen ist im Vergleich zu kristallinen Solarzellen recht kostengünstig, da weniger Rohmaterialien verbraucht und aufwendige Waferherstellungsverfahren umgangen werden können. Obwohl a-Si-Zellen einen geringeren → Wirkungsgrad als kristalline Solarzellen aufweisen, bieten sie jedoch Vorteile bei ungünstigen Lichtverhältnissen und bei hoher Betriebstemperatur.

## AMPÈRE

Maßeinheit für die elektrische Stromstärke, Abkürzung: A. Multipliziert man die Stromstärke (in Ampère) mit der Spannung (→ Volt), so ergibt dies die Leistung (→ Watt).

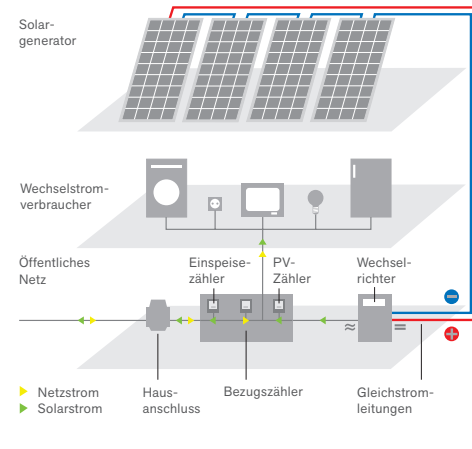
## ANLAGENPLANUNG

Bei der Planung einer Photovoltaikanlage müssen einige wichtige Fragen beantwortet werden: Wie hoch ist der Strombedarf und zu welchen Zeiten wird Strom benötigt (→ Lastprofil)? Wie hoch sind die Strombezugskosten? Lohnt sich der Einsatz eines Batteriespeichersystems und wie groß ist dieser idealerweise? Wie viele Module können verschattungsfrei installiert werden und welche Anlagenleistung wird benötigt? Welcher Modultyp und welcher

→ Wechselrichter sind am besten geeignet? Wie werden die Kabel verlegt? Wie viel Gewicht darf überhaupt auf Ihr Dach montiert werden, und wie wird die Photovoltaikanlage am Dach befestigt? Wie sieht es mit dem Blitzschutz aus? Zu all diesen und anderen Fragen berät Sie gerne Ihr Systemhaus der BayWa r.e. oder einer unserer kompetenten Partner in Ihrer Nähe.

## AUFBAU EINER PHOTOVOLTAIKANLAGE (NETZGEKOPPELT)

Von den → Solarmodulen, in ihrer Gesamtheit auch → Solargenerator genannt, fließt der solar erzeugte Gleichstrom (→ DC) durch Solar-kabel zum → Wechselrichter, der den Gleichstrom in Wechselstrom (→ AC) umwandelt. Von dort fließt er durch Stromzähler weiter über den Netzanschluss des Gebäudes in das örtliche Stromnetz. Im Wechselrichter befindet sich die → Netzüberwachung. Die eingespeiste elektrische Energie der Photovoltaikanlage wird über einen



Schema einer netzgekoppelten Anlage ohne Batteriespeicher

eigenen → Einspeisezähler registriert. Der in der Hausinstallation bereits vorhandene → Bezugszähler misst weiterhin die vom → Netzbetreiber bezogene elektrische Energie.

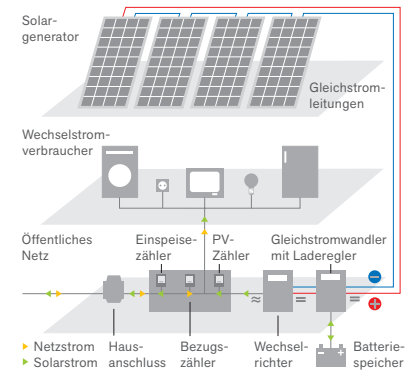
## AUFDACHMONTAGE

Die meisten Photovoltaikanlagen werden auf dem Dach montiert. Bei einer Aufdachmontage wird im Gegensatz zu einer → Indachmontage die bestehende Dachhaut beibehalten. Die → Solarmodule werden auf einem → Montagesystem über der Dacheindeckung montiert, die somit ihre Abdichtungs- und Schutzfunktion behält.

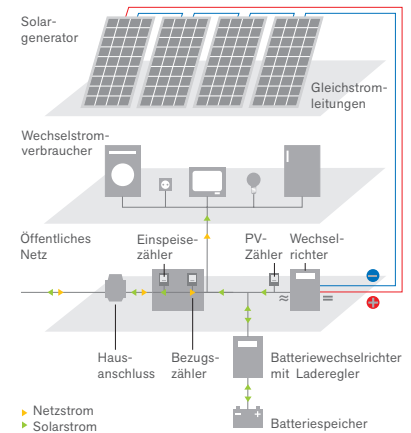
## AZIMUTWINKEL

Zur Erzielung eines hohen → Ertrags sollten Photovoltaikanlagen (auf der Nordhalbkugel) möglichst nach Süden ausgerichtet werden (siehe auch → Dachneigung). Der Azimutwinkel beschreibt die Abweichung der PV-Fläche von der Südrichtung hinsichtlich der Ost-West-Ausrichtung.

Der Azimutwinkel beträgt  $0^\circ$ , wenn die Fläche genau nach Süden orientiert ist. Der Azimutwinkel wird positiv bei Ausrichtungen in Richtung Westen und negativ bei Ausrichtungen in Richtung Osten. Eine Ausrichtung genau nach Westen entspricht damit  $+90^\circ$ , eine Ausrichtung genau nach Osten  $-90^\circ$ .



Schema einer netzgekoppelten Anlage mit DC-gekoppeltem Batteriespeicher



Schema einer netzgekoppelten Anlage mit AC-gekoppeltem Batteriespeicher

# B

## BATTERIE

Eine Batterie oder Batteriepack besteht aus mehreren aufladbaren Batteriezellen (Akkumulatoren). Diese werden intern in Serie und oder parallel verschaltet. Je nach Zellchemie haben die Zellen unterschiedliche Zellspannungen. Bei Blei ist es ca. 2V und bei Lithium-Zellen zwischen 3,3 und 3,9V.

Durch die interne Verschaltung erreicht man die gewünschte nominale Spannung für den Batterie-Inverter. Oft liegt die Nominalspannung bei 48V, kann aber auch bis zu mehreren hundert Volt reichen. Des Weiteren erreicht man durch die Parallelisierung, was letztendlich eine Vergrößerung der aktiven Fläche entspricht, eine Erhöhung des Nennstroms.

Die Kapazität einer Batterie wird in Ampere-Stunden (Ah) angegeben. Für normale Solarbatterien fängt diese bei ungefähr 100 Ah an und kann für sehr große Systeme bis zu vielen 1000 Ah gehen. Multipliziert man die Kapazität mit der Nennspannung, erhält man die Energie in Watt-Stunden (Wh).

Die nutzbare Kapazität erhält man mit einer weiteren Größe der Entladungstiefe oder engl. Depth of Discharge (DoD). Die DoD sagt aus, wieviel Energie einer Batterie entnommen werden kann. Die DoD ist im Normalfall für Blei 50% und kann für Lithium-Systeme bis über 90% gehen.

Die Kapazität – die Entladungstiefe zusammen mit der möglichen Anzahl von Zyklen – bestimmt, wieviel Energie eine Batterie bis zum Lebensende liefern kann. Das Lebensende einer Batterie ist meist definiert über eine Restkapazität von 60%.

Blei-Batterien können für PV-Anwendungen zwischen 2000 und 3000 Zyklen und Lithium Batterien zwischen 5000 und 9000 Zyklen. Bei geschätzten 250 Zyklen, die man in Deutschland mit einem PV-System realisieren kann, bringt es eine Blei-Batterie somit auf ca. zehn Jahre und eine Lithium-Batterie auf mindestens das Doppelte.

Über allem wacht das Batterie-Management (BMS). Dieses regelt die Spannungen und Ströme, mit der die Batterie betrieben wird. Des Weiteren ist es für die Batteriepflege zuständig und überwacht kritische Zustände. Bei Bleibatterien ist dieses meist im Inverter hinterlegt, Lithium-Batterien haben immer eine externe Elektronik, die mit dem Inverter kommuniziert.

## BATTERIE-SPEICHERSYSTEME

(auch Photovoltaik-Speichersysteme): Batterie-Speichersysteme bieten die Möglichkeit, den Solarstrom zwischenzuspeichern, wenn der Erzeugungszeitpunkt von Solarstrom nicht deckungsgleich ist mit dem unmittelbaren Verbrauch im Haushalt. Mit der Zwischenspeicherung kann der → **Eigenverbrauch von Solarstrom** deutlich erhöht werden. Photovoltaik-Speichersysteme werden grundsätzlich in zwei Varianten eingeteilt, je nachdem ob die Batterie vor dem Wechselrichter (DC-gekoppeltes Batteriesystem) oder danach (AC-gekoppeltes Batteriesystem) angeschlossen ist. Die Batterie im Speichersystem speichert den überschüssigen Strom tagsüber und gibt ihn in der Nacht oder in strahlungsärmeren Zeiten wieder ins Hausnetz ab. Bei Fragen zu Batterie-Speichersystemen und zur individuellen Auslegung sprechen Sie uns an – wir beraten Sie gerne!

## BAUGENEHMIGUNG

Die Errichtung einer Photovoltaikanlage ist in der Regel verfahrensfrei. In jeder Gemeinde kann es individuelle, sogenannte gestalterische Bauvorschriften geben, die zur Vermeidung von Komplikationen bei der Gemeinde oder dem unteren Bauaufsichtsamt zu erfragen sind. Allgemeine baurechtliche Vorschriften wie maximale Höhe und die ursprünglich festgelegten Grenzen eines Gebäudes müssen in jedem Fall eingehalten werden. An denkmalgeschützten Gebäuden und in deren unmittelbarem Umfeld gilt Genehmigungspflicht von Seiten des Amtes für Denkmalschutz.

→ **Freiflächenanlagen** sind gesondert zu betrachten, da sie als selbstständiges Bauwerk einzuordnen sind. Wenden Sie sich bei Fragen einfach an das Team der BayWa r.e. Solar Energy Systems.

## BEZUGSZÄHLER

Der Bezugszähler ist das Messinstrument, das den Bezug elektrischer Energie aus dem allgemeinen Versorgungsnetz in Kilowattstunden (→ kWh) zählt.

## BLINDLEISTUNG

Blindleistung ist immer dann vorhanden, wenn → **Wirkleistung** entsteht. Jedoch liegen bei der Blindleistung die Dinge anders als bei der Wirkleistung: Sie verbraucht sich nicht und kann auch keine Arbeit leisten. Sie pendelt lediglich im Stromnetz hin und her – und belastet es dadurch zusätzlich. Denn alle Leitungen, Schalter, Transformatoren und sonstige Bauteile müssen die zusätzliche Blindleistung berücksichtigen. Blindleistung kann Auswirkungen auf das Stromnetz haben, indem sie die Spannung senkt oder erhöht oder zur einer → **Phasenverschiebung** führt.

Seit dem 1. Januar 2012 sind Anlagenbetreiber von Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von mehr als 3,68 → **kVA** gemäß dem → **EEG** verpflichtet, Blindleistung bereitzustellen. Um die Netzintegration der erneuerbaren Energien zu optimieren, können → **Wechselrichter** einer einspeisenden Photovoltaikanlage die Blindleistung, wie vom → **Netzbetreiber** gefordert, kontrolliert bereitstellen.

## BLITZSCHUTZ

Eine Photovoltaikanlage erhöht grundsätzlich nicht das Risiko eines Blitzeinschlages in ein Gebäude. Gleichwohl ist der Installateur oder Planer der Photovoltaikanlage verpflichtet, sie gemäß den gültigen Blitzschutznormen zu errichten. Einerseits wird dadurch die Photovoltaikanlage selbst vor Schäden geschützt. Andererseits wird so auch die restliche Gebäudeinstallation vor Überspannungen geschützt, die über die Photovoltaikanlage eingekoppelt werden könnten.

## BUNDESNETZAGENTUR

Die Bundesnetzagentur mit Sitz in Bonn ist als selbstständige Bundesoberbehörde für den Wettbewerb auf den fünf Netzmärkten Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnverkehr verantwortlich. Im Bereich Elektrizität gewährleistet sie zudem, dass Zugang und Nutzung des Energieversorgungsnetzes für alle Netznutzer fair gestaltet ist.

Seit dem 1. Januar 2009 müssen Betreiber von Photovoltaikanlagen vor dem Netzanschluss Standort und Leistung ihrer Anlage an die Bundesnetzagentur melden, um die → **Einspeisevergütung** zu erhalten.

## BYPASSDIODE

Einzelne oder mehrere Solarzellen in einem → **Solarmodul** können durch Laub, Verschmutzung oder Lichthindernisse abgeschattet werden. Eine abgeschattete → **Solarzelle**, durch die der Strom der übrigen Zellen hindurchfließt, kann sich bis zur Zerstörung erhitzen (sogenannter „Hot-Spot“-Effekt). Um dies zu verhindern, wird der Strom mittels einer Bypassdiode automatisch an diesen Zellen vorbeigeleitet. Ein Solarmodul hat üblicherweise – je nach Zellenanzahl – zwei bis vier Bypassdioden.

# C

## CADMIUMTELLURID (CDTE)

Cadmiumtellurid (CdTe) ist ein Verbindungshalbleiter mit hohem Absorptionsvermögen, der in der Produktion von Dünnschichtsolarzellen eingesetzt wird. Die Verbindung Cadmiumtellurid entsteht durch die Kombination von Tellur und Cadmium. Der Vorteil von Dünnschichtsolarzellen aus Cadmiumtellurid besteht insbesondere darin, dass das Sonnenlicht gut absorbiert wird und das Dünnschichtmodul auch unter ungünstigen Wetterbedingungen wie etwa bei Bewölkung oder schwachem, diffusem Licht sowie unter hohen Tempera-



turen sehr gute Erträge liefert. Die Produktion von Solarzellen aus Cadmiumtellurid ist zwar besonders kostengünstig, jedoch birgt der Einsatz von Cadmium auch Gefahren für die Umwelt. Denn Cadmium ist ein giftiges Schwermetall und darf nicht in die Umwelt gelangen.

### CIS-/CIGS-SOLARZELLEN

CIS oder CIGS steht für eine Form der Dünnschichttechnologie, die bei → Solarzellen angewandt wird. Dabei bestehen die Solarmodule mit → Dünnschichtsolarmodulen aus mehreren Schichten von unterschiedlich dotiertem Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) oder Kupfer-Indium-Gallium-Schwefel-Selen. Die Schichtdicke einer CIS-/CIGS-Solarzelle beträgt nur etwa ein Hundertstel einer kristallinen Siliziumsolarmodule, was sich aufgrund des deutlich geringeren Materialverbrauchs in der Regel als Preisvorteil gegenüber kristallinen Solarzellen auswirkt. CIS-/CIGS-Dünnschichtmodule weisen dennoch einen guten → Wirkungsgrad auf und erreichen zwischen 10 und 13 %.

### CO<sub>2</sub>-VERMEIDUNG

Während des Betriebs einer Photovoltaikanlage wird kein Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) freigesetzt. Eine Photovoltaikanlage produziert in ihrer Lebensdauer außerdem deutlich mehr Energie als zu ihrer Herstellung benötigt wird. Dadurch leisten Photovoltaikanlagen einen Beitrag zur Vermeidung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Im Laufe ihrer Betriebsdauer werden so pro Kilowatt peak (→ kWp) installierter PV-Leistung mindestens 7 Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden.

## D

### DACHNEIGUNG

Als Dachneigung wird der Winkel eines Daches zur Horizontalen bezeichnet. Der → Ertrag einer Photovoltaikanlage hängt von der Orientierung der Photovoltaikfläche ab. Bei Dachneigungen im Bereich von 10° bis 50° werden die → Solarmodule in der Regel parallel zur Dachfläche montiert. Der konstruktive Vorteil und eine optisch harmonische Einbindung der Anlage in das Gebäudebild stehen dabei im Vordergrund (siehe auch → optimale Ausrichtung einer Solaranlage). Bei Flachdächern bzw. nur leicht geneigten Dächern werden die Solarmodule nicht parallel zu Dachfläche angebracht, sondern in Deutschland meist im Bereich von 13° bis 30° aufgestellt. Sind die Solarmodule weniger als 13° geneigt, werden sie von Regen und Schnee nicht mehr ausreichend gesäubert.

### DC

(engl.: direct current, deutsch: Gleichstrom) Im Gegensatz zum Wechselstrom (→ AC), der bei 50 Hz 50 Mal pro Sekunde die Polarität wechselt, bleibt beim Gleichstrom die Polarität unverändert. Eine Batterie liefert beispielsweise ebenso Gleichstrom wie ein → Solarmodul.

### DEGRESSION

Die → Einspeisevergütung, die zum Zeitpunkt der → Inbetriebnahme einer Photovoltaikanlage gilt, wird dem Betreiber auf 20 Jahre fest zugesichert. Gleichzeitig ist im → Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) festgelegt, dass die Vergütungssätze für eingespeisten Solarstrom regelmäßig nach unten angepasst werden (Degression). Seit November 2012 hängen die Vergütungssätze für Solarstrom vom Zubau neuer Photovoltaikanlagen ab. Die Festlegung der Vergütungsdegression erfolgt quartalsweise, jeweils für drei Monate.

## DREIPHASIGE NETZÜBERWACHUNG/ DREIPHASIGE SPANNUNGSÜBERWACHUNG

Die dreiphasige Netzüberwachung (auch als dreiphasige Spannungsüberwachung bekannt) ist eine Einrichtung, die ständig die Spannung aller drei Phasen überprüft. Sinkt eine der Spannungen unter einen festgelegten Grenzwert, dann schaltet sie den → Wechselrichter automatisch ab. Liegt die Netzspannung wieder an, geht der Wechselrichter von selbst wieder in Betrieb.

Die dreiphasige Netzüberwachung ist üblicherweise im Wechselrichter integriert und trennt die Photovoltaikanlage vom öffentlichen Stromnetz, wenn dieses abgeschaltet werden muss. Bei der dreiphasigen Netzüberwachung ist in regelmäßigen Abständen eine Wiederholungsprüfung erforderlich. Alternativ kann bei Anlagen bis 30 kWp auch eine → ENS eingesetzt werden.

## DÜNNSCHICHTSOLARZELLE

Dünnschichtsolarzellen sind im Gegensatz zu konventionellen → mono- oder → multikristallinen Siliziumsolarzellen etwa um den Faktor 100 dünner. Sie müssen allerdings auf ein Trägermaterial aufgebracht werden. Für die jeweiligen Solarzellenmaterialien sind unterschiedliche industrielle Herstellungsverfahren vom Bedampfen des Trägermaterials im Hochvakuum bis zu Sprühverfahren verfügbar.

Durch Dünnschichtsolarzellen wird langfristig eine wesentliche Preissenkung von Photovoltaikanlagen erwartet. Materialeinsparung, Erforschung neuer Halbleitermaterialien, Niedertemperaturprozesse, die deutlich energieeffizienter sind, und ein hoher Automatisierungsgrad ermöglichen in einigen Jahren niedrigere Herstellungskosten. Heute bereits kommerziell erhältliche Solarmodule mit Dünnschichtsolarzellen basieren auf amorphem Silizium (→ a-Si), Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (→ CIS/CIGS) oder Cadmiumtellurid (→ CdTe).

# E

## EIGENVERBRAUCH VON SOLARSTROM

Eigenverbrauch von Solarstrom bleibt auch künftig besonders attraktiv – oder lohnt sich heute sogar noch mehr als bisher. Wir nennen Ihnen gute Gründe, die für den Eigenverbrauch von Solarstrom sprechen. In Deutschland wird je nach Einstrahlung und Anlagenqualität ein Energieertrag von etwa 900–1000 kWh/kWp erzielt. Ein durchschnittlicher Vier-Personen-Haushalt verbraucht im Jahr etwa 4000 kWh Strom. Dies entspricht dem Jahresertrag von etwa 30 m<sup>2</sup> Standard-Solarmodulen. Somit reicht schon die Dachfläche eines Einfamilienhauses aus, um den Jahresstrombedarf der gesamten Familie über die Photovoltaikanlage zu erzeugen.

Ein weiterer Vorteil der Photovoltaik liegt in deren Eigenschaft, dass immer dann, wenn viel Solarstrom erzeugt wird, der Energiebedarf auch am höchsten ist. Wird der selbst erzeugte Solarstrom direkt in Nähe der Photovoltaikanlage verbraucht und beispielsweise durch eine intelligente Verbrauchssteuerung während der Mittagszeiten optimal genutzt, können die Stromnetze in Zeiten der Verbrauchs- und Erzeugungsspitzen zusätzlich entlastet werden. Solarstrom selbst zu produzieren und zu verbrauchen, führt zudem zu einer dezentralen Energieversorgung und damit zu einer Unabhängigkeit in vielerlei Hinsicht. Fossile Brennstoffe sind endlich, ebenso wie Kernbrennstoffe. Allein die Erschließung der knappen Ressourcen wird schon jetzt immer teurer, was sich regelmäßig auf die Preissteigerung des Haushaltsstrompreises auswirkt. Insofern gibt es mittel- bis langfristig keine andere Alternative, als neue Energiequellen zu nutzen. – Umso besser, dass die Erzeugungskosten von Solarstrom allein in den letzten Jahren rasant gesunken sind. Während sich die erzeugte Solarstrommenge in den letzten drei Jahren versechsfacht hat, sind die Systemkosten von Photovoltaikanlagen seit 2006 um mehr als 60 % im Preis gesunken. Damit liegt in Deutschland erzeugter Solarstrom bei ca. 12–15 Cent pro kWh und somit deutlich unter den Bezugskosten

ten von derzeit etwa 23–28 Cent je kWh. Mit jeder selbst genutzten kWh Strom sparen Sie ca. 10 Cent ein. → **Batterie-Speichersysteme** bieten die Möglichkeit, den Solarstrom zwischenspeichern und in strahlungsärmeren Zeiten in das Hausnetz abzugeben. Damit können Sie Ihren Eigenverbrauchsanteil nochmals deutlich erhöhen.

Sie sehen: Eigenverbrauch lohnt sich! Wenn Sie Fragen zum Thema „Eigenverbrauch von Solarstrom“ haben, sprechen Sie uns an.

## EINSPEISEMANAGEMENT

Das EEG-Einspeisemanagement sieht vor, dass die → **Netzbetreiber** unter bestimmten Voraussetzungen dazu berechtigt sind, die Einspeisung des Stroms aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz vorübergehend abzuregeln. Voraussetzungen sind, dass andernfalls eine Überlastung der Netzeinrichtungen droht. Die Betreiber der stromerzeugenden Anlagen erhalten für die entgangene → **Einspeisevergütung** eine Entschädigung in Höhe von 95 %, sofern die nicht einspeisbare Energie 1 % des Jahresertrags unterschreitet, darüber hinaus 100 %. Je nach Anlagengröße unterliegen nicht alle Photovoltaikanlagen im gleichen Maße dem Einspeisemanagement. Für Anlagen von 30 bis 100 → **kVA Leistung** gilt das vereinfachte Einspeisemanagement: Hierbei ist eine Abschaltvorrichtung zur Abregelung durch den Netzbetreiber ausreichend. Anlagenbetreiber von Photovoltaikanlagen mit weniger als 30 kVA Leistung haben die Wahl zwischen dem vereinfachten Einspeisemanagement oder dem Drosseln der Einspeisung auf 70 % der Anlagenleistung. Photovoltaikanlagen über 100 kVA Leistung unterliegen in vollem Umfang dem Einspeisemanagement, das neben der Abschaltvorrichtung zur Abregelung durch den Netzbetreiber auch die Übertragung von Daten an den Netzbetreiber vorsieht.

## EINSPEISEVERGÜTUNG

Die ins allgemeine Stromnetz eines → **Netzbetreibers** oder → **EVU** eingespeiste elektrische Energie aus einer → **netzgekoppelten Photovoltaikanlage** wird vergütet. Die Höhe der Vergütung wird durch das → **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)** festgelegt. Das Ge-

setz verpflichtet die Netzbetreiber, Photovoltaikanlagen an ihr Netz anzuschließen, den erzeugten Strom abzunehmen und nach einem festgelegten Mindestsatz zu vergüten. Die EVU müssen die Mindestvergütungen vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme an jeweils für die Dauer von 20 Kalenderjahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres zahlen. Für Dach- und Freiflächenanlagen wird die Einspeisevergütung auf Anlagen bis maximal 10 Megawattpeak (MWp) Leistung beschränkt. Zu beachten ist hierbei, dass Dachanlagen auf neu errichteten Nicht-Wohngebäuden als Freiflächenanlagen eingestuft werden. Ausgenommen davon sind Anlagen auf neu gebauten, dauerhaft genutzten Tierställen, die von einer zuständigen Baubehörde genehmigt wurden. Die aktuellen Vergütungssätze finden Sie unter [www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de).

Die Vergütungssätze für solarerzeugten Strom hängen vom Zubau an neuen Photovoltaikanlagen ab. Die neue EEG Novelle, die am 1.8.2014 in Kraft getreten ist, sieht hierbei einen Zubaukorridor zwischen 2400 bis 2600 Megawatt pro Jahr vor. Innerhalb dieser Zubaumenge soll eine reine Basisdegression der Vergütung von 0,5 Prozent pro Monat erfolgen. Liegen die Zubauzahlen höher, wird davon abhängig stufenweise eine stärkere Absenkung vorgenommen. Die Festlegung der Vergütungsdegression erfolgt quartalsweise, jeweils für drei Monate. Hierfür werden jeweils die Zubauzahlen eines kompletten Jahreszeitraums als Grundlage zur Ermittlung der Absenkungshöhe herangezogen.

Für Anlagen über 10 kWp eine weitere Neuerung im Zuge der EEG-Novelle in Kraft getreten. So muss auf jede selbstverbrauchte kWh Strom eine Abgabe gezahlt werden. Diese beträgt bis Ende 2015 30 % der EEG-Abgabe, was derzeit 2,18 Cent entspricht. Befreit von der Abgabe sind Inselanlagen und Anlagen unter 10 kWp.

## EINSPEISEZÄHLER

Der Einspeisezähler ist das Messinstrument, das die ins allgemeine Versorgungsnetz eingespeiste elektrische Energie der Photovoltaikanlage in Kilowattstunden (→ kWh) zählt.

## ENERGETISCHE AMORTISATION

Damit wird die Zeitspanne bezeichnet, die eine Photovoltaikanlage benötigt, um die für ihre Herstellung notwendige Energie selbst zu produzieren. Die energetische Amortisation bei Photovoltaikanlagen hängt sehr stark von der eingesetzten Zellentechnik und dem verwendeten Rohmaterial ab. Sie liegt bei Anlagen mit → **multikristallinen Siliziumsolarzellen** bei ca. 3 bis 6 Jahren, bei → **Dünnschichtsolarzellen** bei ca. 2 bis 3 Jahren und bei → **monokristalliner Technik** bei ca. 5 bis 7 Jahren.

## ENS

Einrichtung zur Netzüberwachung mit jeweils zugeordnetem allopolem Schaltorgan in Reihe. Eine Photovoltaikanlage darf nur in ein einwandfrei funktionierendes öffentliches Stromnetz einspeisen. Ist das Netz defekt oder abgeschaltet, muss der → **Wechselrichter** selbsttätig abschalten. Die ENS beinhaltet eine redundante Spannungs- und Frequenzüberwachung des Stromnetzes und wertet festgestellte Sprünge in der Netzimpedanz aus. Werden die eingestellten Grenzwerte überschritten, schaltet die ENS den Wechselrichter aus. Liegt die Netzspannung wieder an, geht der Wechselrichter von selbst wieder in Betrieb. Siehe auch → **Netzüberwachung**.

## ERNEUERBARE ENERGIEN-GESETZ (EEG)

Am 25.2.2000 wurde das Erneuerbare Energien-Gesetz (kurz: EEG) im Bundestag verabschiedet und am 1.4.2000 in Kraft gesetzt. Mit dem Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien soll im Interesse des Klima- und Umweltschutzes der Anteil an erneuerbaren Energien an der Stromversorgung in Deutschland auf mindestens 30 Prozent bis zum Jahr 2020 erhöht werden. Das EEG regelt auch die Abnahme und die Vergütung von Strom, der ausschließlich aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wird. Die → **Netzbetreiber** oder → **EVU** sind verpflichtet, den Strom aus erneuerbaren Energien und damit auch den Strom aus Photovoltaikanlagen abzunehmen und entsprechend zu vergüten. Die Vergütungssätze werden jeweils für die Dauer von 20 Jahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres bezahlt.

## ERTRAG

Der elektrische Energieertrag einer Photovoltaikanlage kann bei einer netzgekoppelten Anlage direkt am → **Einspeisezähler** (in → **kWh**) abgelesen werden. Um Ihren Energieertrag mit dem anderer Photovoltaikanlagen vergleichen zu können, errechnen Sie den spezifischen Jahresertrag: der elektrische Energieertrag eines ganzen Jahres geteilt durch die installierte → **kWp-Leistung** der Anlage (**kWh pro → kWp**). – Die Erträge von Photovoltaikanlagen liegen im Mittel je nach Region, Ausrichtung und Aufstellung, Qualität der Anlagenkomponenten und deren Abstimmung aufeinander in Deutschland zwischen 900 und 1000 kWh pro kWp und Jahr.

## EUROPÄISCHER WIRKUNGSGRAD

Der Umwandlungswirkungsgrad eines → **Wechselrichters** ist über den Leistungsbereich nicht konstant. Der maximale Wechselrichterwirkungsgrad gibt lediglich den maximalen Punkt einer Wirkungsgradkennlinie an. Bei bewölktem Himmel arbeitet z. B. der Wechselrichter im unteren Teillastbereich mit schlechterem → **Wirkungsgrad**. Der europäische Wirkungsgrad stellt einen gewichteten Wirkungsgrad dar. Er wird berechnet, indem verschiedene Teillastwirkungsgrade und der Vollastwirkungsgrad nach der Häufigkeit ihres Auftretens gewichtet werden. Ein Wechselrichter mit einem 1 % höheren europäischen Wirkungsgrad holt in der Regel auch ca. 1 % mehr elektrische Energie aus einer Anlage heraus. Handelsübliche Wechselrichter haben europäische Wirkungsgrade von ca. 92 bis 98 %.

## EVU

Energieversorgungsunternehmen, siehe auch → **Netzbetreiber**.

# F

## FASSADENANLAGE

Eine Fassadenanlage ist eine an einer Gebäudefassade angebrachte oder als fester Bestandteil einer Fassade ausgeführte Photovoltaikanlage. Bei senkrecht angebrachten und nach Süden orientierten → **Solarmodulen** ergeben sich Ertragseinbußen von etwa 30 % gegenüber einer fest nach Süden orientierten Schrägdach-Photovoltaikanlage. Hinsichtlich des Ertrags sind Module interessant, die mit 13° bis 30° Ausstellwinkel Überdachungen oder Fensterabschattungen bilden.

## FLACHDACHANLAGE

Als Flachdachanlage bezeichnet man eine auf einem Flachdach installierte Photovoltaikanlage. Die Unterkonstruktion kann dabei fest im Dach verankert werden oder ohne Dachdurchdringung aufgesetzt (schwimmend) montiert und ausreichend beschwert werden. Die → **Solarmodule** sollten mit 13° bis 30° aufgestellt werden. Um hintereinander montierte Module nicht zu verschatten, müssen zwischen den Modulreihen Flächen freigelassen werden. Neben aufgeständerten Systemen, die nach Süden ausgerichtet sind, gibt es auch sogenannten Ost-West Aufständungen. Der Vorteil von Ost-West Flachdachsystemen liegt darin, dass die Abstände zwischen den Modulen minimiert werden und damit mehr Leistung auf dem Dach untergebracht werden kann.

## FÖRDERPROGRAMME

Neben dem → EEG gibt es häufig individuelle Fördermöglichkeiten, wie z. B. zinsverbilligte Darlehen der → KfW. Da sich diese häufig ändern, empfiehlt es sich, den aktuellen Stand unter [www.kfw.de](http://www.kfw.de) abzufragen. Seit Mai 2013 gibt es ein Förderprogramm für → **Batterie-Speichersysteme**. Betreiber einer Solarstromanlage können für den Kauf eines Batterie-Speichersystems staatliche Zuschüsse bean-

tragen. Dabei können bis zu 100 Prozent der Investitionskosten des Batteriespeichers gefördert werden. Beantragt werden kann die Förderung für Photovoltaikanlagen, die ab Januar 2013 installiert wurden und eine maximale Leistung von 30 Kilowatt haben. Weitere Informationen zu den Anforderungen des Speicherprogramms sowie aktuelle Zinssätze finden Sie unter [www.kfw.de](http://www.kfw.de).

## FREIFLÄCHENANLAGE

Unter einer Freiflächenanlage versteht man eine Photovoltaikanlage, die nicht auf einem Gebäude, sondern auf einer Freifläche aufgestellt ist. Eine Freiflächenanlage kann als starr montierte oder als → **nachgeführte Variante** ausgeführt werden. Der Bebauungsplan muss die Errichtung einer Photovoltaikanlage am gewünschten Standort gestatten (ggf. ist die Beantragung einer Bebauungsplanänderung erforderlich). Die Vergütung gemäß → EEG fällt für diese Anlagenart geringer aus als bei Photovoltaikanlagen auf Gebäuden und wird nur bis zu einer Anlagenleistung von max. 10 MWp gewährt.

# G

## GLOBALSTRAHLUNG

Sie ist die Summe aus diffuser, direkter und reflektierter Sonnenstrahlung auf eine horizontale Fläche. Die mittlere jährliche Globalstrahlung auf die Horizontale beträgt in Norddeutschland etwa 950 kWh/m<sup>2</sup> (Beispiel Hamburg) und in Süddeutschland etwa 1085 kWh/m<sup>2</sup> (Beispiel Stuttgart).

## INBETRIEBNAHME

Der Anschluss einer Photovoltaikanlage ans Stromnetz muss von einer Elektrofachkraft durchgeführt werden. Nach einer Prüfung der Anlage inkl. Kontrollmessungen wird sie in Betrieb genommen. Danach erfolgt die Abnahme der Photovoltaikanlage durch den → **Netzbetreiber**.

## INDACHMONTAGE

Bei der Indachmontage oder Dachintegration werden die → **Solarmodule** in die Dachhaut integriert. Dabei wird die bestehende Dachhaut entfernt bzw. bei Neubauten oder Neueindeckungen die vorgesehene Modulfläche von vornherein ausgespart. Indachmontagen führen meist zu einer optisch sehr ansprechenden Dachgestaltung. Besonderes Augenmerk muss jedoch auf gute Hinterlüftung der Solarmodule gelegt werden, damit der → **Ertrag** der Anlage nicht vermindert wird. Außerdem erfordert eine Indachmontage eine einwandfreie handwerkliche Ausführung, damit das Dach dauerhaft dicht bleibt.

## INGOT

Ein Ingot ist ein Block aus reinem Silizium, der in dünne Scheiben geschnitten wird. Diese dünnen Scheiben nennt man → **Wafer**. Ingots können entweder monokristallin oder multikristallin aufgebaut sein. Bei der Herstellung eines monokristallinen Ingots wird hochreines Silizium geschmolzen und danach bei einer Temperatur knapp über dem Schmelzpunkt mit Hilfe eines monokristallinen Siliziumstabs aus der Schmelze gezogen. Die multikristallinen Ingots (auch: polykristalline Ingots) werden erhitzt und kontrolliert abgekühlt. Während dieses Prozesses bildet sich im Ingot die für die PV-Anwendung notwendige multikristalline Struktur.

## INSELSYSTEM

Photovoltaik-Inselanlagen sind netzunabhängige Stromversorgungssysteme, die aus → **Solarmodul(en)**, Laderegler, Akku(s) und ggf. einem → **Wechselrichter** für Inselssysteme bestehen. Inselssysteme können nur die Energie liefern, die von den → **Modulen** und den im System integrierten elektrischen Energiespeichern (in der Regel Akkumulatoren, „Batterien“) bereitgestellt wird. Inselssysteme sind meist die eleganteste Lösung zur Energieversorgung, wenn kein Netzanschluss vorhanden ist, z. B. bei Garten-, Ferienhäusern und Hütten.

## K

### KFW-PROGRAMM

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) bietet verschiedene Förderprogramme an, mit denen die Investitionskosten einer Solaranlage finanziert werden können. Nähere Informationen und aktuelle Zinssätze erhalten Sie unter [www.kfw.de](http://www.kfw.de), bei Ihrem Installateur oder bei BayWa r.e. Solar Energy Systems.

### KLIRRFAKTOR

Der Klirrfaktor bezeichnet die Restwelligkeit des Ausgangsstromes eines → **Wechselrichters** und damit die Abweichung des gelieferten Stromes eines netzgekoppelten Wechselrichters von der idealen Sinusform des Netzstromes.

### KURZSCHLUSSTROM ( $I_k$ , $I_{sc}$ )

Der Kurzschlussstrom ist der maximale Strom in einem elektrischen Stromkreis, der entsteht, wenn die Spannung  $U$  an den Klemmen gleich Null ist. Der Kurzschlussstrom eines → **Solarmoduls** wird im Datenblatt angegeben. Bei der → **Inbetriebnahme einer Photovoltaikanlage** werden die Kurzschlussströme der Teilanlagen gemessen. Der Kurzschlussstrom eines Solarmoduls oder → **Solargenerators** ist fast proportional zur Sonneneinstrahlung.

## kVA – KILOVOLTAMPÈRE

Das Kilovoltampère kVA ist eine gesetzliche Maßeinheit für die elektrische → **Scheinleistung S**. Sie wird bei Wechselgrößen in der elektrischen Energietechnik zur Kennzeichnung der Anschlussleistung von elektrischen Maschinen oder Transformatoren verwendet.

## kWh – KILOWATTSTUNDE

Einheit der Energie/Arbeit, entspricht der Leistung von einem Kilowatt über einen Zeitraum von einer Stunde. Der elektrische Energieertrag einer Photovoltaikanlage wird häufig in kWh angegeben.

## kWp – KILOWATT PEAK

Einheit der maximalen („peak“) Leistung eines → **Solarmoduls** oder eines → **Solargenerators**. Durch den üblichen Index „p“ bei der Leistungseinheit wird darauf hingewiesen, dass die Leistung des Solarmoduls oder des Solargenerators unter → **Standard-Testbedingungen (STC)** ermittelt wurde. Da Standard-Testbedingungen aufgrund der in der Praxis höheren Betriebstemperatur der Photovoltaikmodule nur selten erreicht werden, bleibt die Leistung eines Solarmoduls oder -generators im Betrieb meist unter der Spitzen- oder „Peak“-Leistung. 1 kWp entspricht 1000 Wp (Watt peak).

# L

## LASTPROFIL

Ein Lastprofil besteht aus einem zeitlichen Verlauf von abgenommenen Leistungen gemessen in kWh. Die Auflösung ist typischerweise in 15-Minuten Intervallen und das Profil kann über einen gesamten Jahresverlauf gehen.

## LEERLAUFSPANNUNG ( $U_i$ , $U_{OC}$ )

Die Leerlaufspannung ist die maximale Spannung in einem elektrischen Stromkreis, die entsteht, wenn der Strom I gleich Null ist. Die

Leerlaufspannung eines → **Solarmoduls** wird auf dem Datenblatt angegeben. Bei der → **Inbetriebnahme** einer Photovoltaikanlage werden die Leerlaufspannungen der Teilanlagen gemessen. Die Leerlaufspannung eines Solarmoduls oder eines → **Solargenerators** ist abhängig von der Temperatur der Module.

## LEISTUNGSGARANTIE

Die Leistungsgarantie stellt eine erweiterte Garantie des Modulherstellers auf die Leistungsfähigkeit der → **Solarmodule** dar. Qualitätsanbieter von Solarmodulen garantieren 80 % der Leistung auf 20 oder 25 Jahre und evtl. 90 % der Leistung auf zehn oder zwölf Jahre. Sollte die Leistung eines Moduls unter diese Werte fallen, so ist der Modulhersteller verpflichtet, z. B. die fehlende Leistung nachzuliefern oder Ersatzmodule bereitzustellen.

## LEISTUNGSTOLERANZ

Die herstellerseitige Toleranzangabe der Nennleistung eines → **Solarmoduls** gibt den Bereich an, in dem die Leistungen der einzelnen Solarmodule liegen müssen. Bei der Verschaltung der Solarmodule zu → **Strängen** sind Module mit kleiner Leistungstoleranz günstig, denn sie verringern die Fehlanpassung der Module zueinander und erhöhen damit den → **Ertrag** der Photovoltaikanlage. Sehr geringe Toleranzen liegen beispielsweise bei -0 bis +3 %.

## LEISTUNGSZAHL / COEFFICIENT OF PERFORMANCE

Eine → **Wärmepumpe** benötigt elektrischen Strom, mit dessen Hilfe sie kostenlose, freie Umweltenergie auf ein für uns nutzbares Energieniveau bringt. Eine hohe Leistungszahl ist dabei eines der zentralen Qualitätsmerkmale einer Wärmepumpe: Der COP sagt aus, wie viel → kWh thermische Energie die Wärmepumpe aus 1 kWh Solarstrom gewinnt. Ein guter COP liegt nach EN 16147/A15 bei 3 und höher. Zu einem aussagefähigen COP gehört immer die Angabe, nach welcher Norm gemessen wurde. Denn manchmal werden noch Leistungszahlen nach der alten Norm EN 255 angegeben, die höher ausfallen. Achtung: Die Werte der alten und neuen Norm sind nicht vergleichbar.

# M

## MODUL

→ Solarmodul

### MODULWECHSELRICHTER

Modulwechselrichter – oder auch Mikrowechselrichter genannt – bieten eine Alternative zu traditionellen Stringwechselrichtern. Denn sie arbeiten auf Modulebene: Dabei wird für jedes → Modul ein eigener → Wechselrichter eingesetzt. Jedes Modul wird so individuell und unabhängig von den anderen Modulen auf seinen höchsten Leistungspunkt getrackt. Das sorgt auch bei komplexen Dachsituationen für maximale und optimale Leistung. Deshalb können Mikrowechselrichter besonders gut bei Photovoltaikanlagen mit unterschiedlich ausgerichteten oder unterschiedlich verschatteten Teilfeldern eingesetzt werden. Außerdem eignen sie sich optimal als Ergänzung bereits bestehender Photovoltaikanlagen oder als Einstieg mit einer kleinen Solaranlage beispielsweise auf einem Balkon oder einem Garagendach. Modulwechselrichter sind einphasig und werden direkt am Solarmodul angebracht.

### MONOKRISTALLINE SILIZIUMSOLARZELLE

Das Ausgangsmaterial für monokristalline Siliziumsolarzellen stellt ein aus einer Siliziumschmelze gezogener Einkristall dar. Die von diesem zylinderförmigen Einkristall heruntergesägten Siliziumscheiben werden dann im Zellherstellungsprozess zu monokristallinen Siliziumsolarzellen weiterverarbeitet. Im Vergleich zur → multikristallinen Zelle ist die Herstellung einer monokristallinen Siliziumsolarzelle etwas energieintensiver und aufwändiger. Die Wirkungsgrade monokristalliner Siliziumsolarzellen liegen allerdings mit 17 bis 21 % im Mittel etwas höher als die von multikristallinen Siliziumsolarzellen.

## MONTAGESYSTEM

System zur Befestigung von → Solarmodulen auf Dächern, Fassaden oder Freiflächen.

### MPP

MPP (engl.: maximum power point) ist der Arbeitspunkt der maximalen Leistung einer → Solarzelle, eines → Solarmoduls oder eines → Solargenerators. Der → Wechselrichter hat die Aufgabe, den Solargenerator immer in seinem optimalen Arbeitspunkt (MPP) zu betreiben, um damit die maximal mögliche Leistung zu entnehmen. Da sich der MPP eines Solargenerators bei wechselnden Einstrahlungsbedingungen und Temperaturen ändert, muss der Wechselrichter schnell und genau die Veränderungen des MPP nachregeln.

### MPP-TRACKER

Damit ein → Solargenerator immer am maximalen Arbeitspunkt (→ MPP) arbeitet und damit den besten möglichen Stromertrag liefert, regelt ein sogenannter MPP-Tracker eines Wechselrichters die Spannung auf den benötigten Wert. Ein MPP-Tracker gehört heute bei Photovoltaikanlagen zur Ausstattung eines Wechselrichters.

### MULTIKRISTALLINE SILIZIUMSOLARZELLE

Das Ausgangsmaterial für multikristalline Siliziumsolarzellen – häufig auch nicht ganz zutreffend polykristalline Siliziumsolarzellen genannt – ist in Blöcke gegossenes Solarsilizium. Es entstehen relativ große Kristalle mit sichtbaren Korngrenzen. Aus den Blöcken werden zunächst Quader und von diesen Quadern dann die einzelnen Siliziumscheiben herausgesägt und dann im Zellherstellungsprozess zu multikristallinen Siliziumsolarzellen weiterverarbeitet. Der Wirkungsgrad einer multikristallinen Siliziumsolarzelle ist mit 15 bis 18 % meist etwas geringer als der Wirkungsgrad monokristalliner Siliziumsolarzellen. Das Herstellungsverfahren ist aber kostengünstiger und weniger energieintensiv.



# N

## NACHFÜHRUNG

Mit Hilfe einer Nachführanlage wird der → **Solargenerator** im Tagesverlauf gedreht und folgt so dem Stand der Sonne bzw. dem Helligkeitsmaximum. Die → **Solarmodule** stehen bei einer zweiachsigen Nachführung immer optimal zur Sonne. Der → **Ertrag** der Anlage kann so in Deutschland um etwa 30 % gegenüber einer starr montierten Photovoltaikanlage erhöht werden. Die Nachführung kann sowohl einachsige als auch zweiachsige erfolgen. Nachführanlagen eignen sich insbesondere für → **Freiflächenanlagen**.

## NETZBETREIBER

Der Netzbetreiber ist das Unternehmen für den Betrieb und Unterhalt des öffentlichen Stromnetzes vor Ort. Das können örtliche Stadtwerke oder ein überregionales Energieversorgungsunternehmen (→ **EVU**) sein. Das → **Erneuerbare-Energien-Gesetz** verpflichtet den Netzbetreiber, den von der PV-Anlage erzeugten Strom vorrangig abzunehmen und zu vergüten.

## NETZEINSPEISUNG

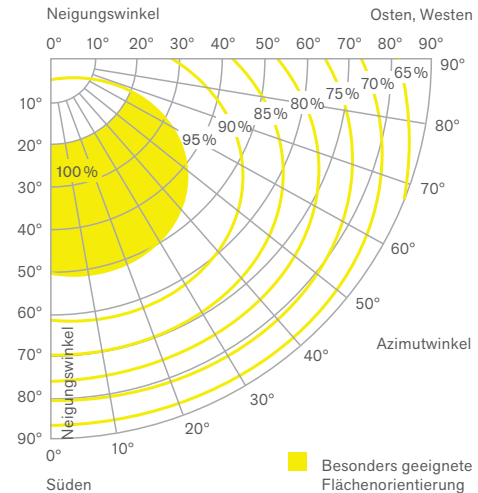
Wird der von der Photovoltaikanlage produzierte Strom ganz oder teilweise in das lokale Stromnetz geleitet, so spricht man von Netzeinspeisung oder Netzkopplung.

## NETZGEKOPPELTE ANLAGE

Eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage wird an das örtliche Stromnetz oder Hausnetz angeschlossen und der solar erzeugte Strom an den → **Netzbetreiber** verkauft. Man spricht dann von einer netzgekoppelten bzw. netzverbundenen Anlage. Eine Anlage ohne Netzkopplung bezeichnet man als → **Inselsystem**.

## NETZÜBERWACHUNG

Eine Photovoltaikanlage produziert Strom, wenn Licht auf den → **Solargenerator** fällt. Bei einer Reparatur am Stromnetz könnte es eine Gefahr für das Servicepersonal des Netzbetreibers darstellen, wenn eine → **netzgekoppelte Anlage** weiterhin Strom ins Netz einspeisen würde. Deshalb wird die Anlage automatisch vom Stromnetz entkoppelt, sobald dieses abgeschaltet wird oder ausfällt. Eine Netzüberwachungseinrichtung im → **Wechselrichter** kontrolliert ständig, ob das Stromnetz intakt ist. Es gibt verschiedene Systeme zur Netzüberwachung wie z. B. die → **ENS** und die → **dreiphasige Netzüberwachung**. Bei großen Freiflächenanlagen wird die Netzanschlussstelle meist durch eine jederzeit zugängliche Freischaltstelle realisiert. Damit kann die Photovoltaikanlage manuell ab- und wieder zugeschaltet werden.



Himmelsrichtung, Neigung in Korrelation zum Ertrag

Quelle: Auszug aus dem RWE Bauhandbuch mit freundlicher Genehmigung der RWE Power AG

# O

## OPTIMALE AUSRICHTUNG EINER SOLARANLAGE

Eine Solaranlage sollte in Deutschland möglichst genau nach Süden ausgerichtet und um etwa 30° geneigt sein (siehe → **Dachneigung**). Doch auch bei zusätzlichen Abweichungen von bis zu 30° nach Südwest oder Südost sinkt der Ertrag nur um ca. 5 bis 10 %. Siehe auch → **Azimutwinkel**.

# P

## PERFORMANCE RATIO

Die Performance Ratio gibt Aufschluss über die Effektivität einer Photovoltaikanlage und ermöglicht einen Vergleich von → **netzgekoppelten Anlagen** an verschiedenen Standorten weltweit. Die Performance Ratio (PR) bezeichnet dabei das Verhältnis des tatsächlichen → **Ertrags** zu einem theoretischen Ertrag, der sich rein aus der Einstrahlungsmenge auf die Modulfläche und dem Modulwirkungsgrad unter → **STC-Bedingungen** berechnet. Dabei führen unterschiedliche Faktoren wie Temperatureinfluss, Verschmutzung, Leitungsverluste, Wechselrichterwirkungsgrad und andere Effekte zu einer Performance unter 1. Je näher die PR die 1 oder 100 % erreicht, desto höher ist die Qualität des Anlagenertrags. Eine PR von 70 bis 75 % ist für netzgekoppelte Anlagen in Mitteleuropa üblich. Gute Anlagen bringen es auf bis zu 80 %.

## PHASENVERSCHIEBUNG

Solange Wechselstrom und -spannung im Gleichschritt schwingen, ergibt das Produkt der beiden pulsierenden Größen eine ebenfalls pulsierende Leistung mit positivem Durchschnittswert. Diese Leistung nennt man → **Wirkleistung**. Sobald aber die sinusförmigen Verläufe

von Strom und Spannung gegeneinander verschoben sind, ergibt ihr Produkt eine Leistung mit abwechselnd positivem und negativem Vorzeichen. Im Extremfall sind Strom und Spannung zeitlich um eine Viertelperiode verschoben: Die Stromstärke erreicht ihren Maximalwert immer dann, wenn die Spannung Null beträgt – und umgekehrt. Das Ergebnis: reine → **Blindleistung**, die positiven und negativen Leistungsanteile heben sich vollständig auf. Diese Verschiebung der Strom- und Spannungskurven nennt man **Phasenverschiebung**, die zwei Richtungen haben kann. Denn sie entsteht, wenn sich Spulen oder Kondensatoren im Wechselstromkreis befinden – und das ist eigentlich immer der Fall. Alle Motoren oder Transformatoren enthalten Spulen, die für eine induktive Verschiebung sorgen, während die Kondensatoren für eine kapazitive Verschiebung sorgen.

## PHOTOVOLTAIK

Photovoltaik ist die direkte Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie. Die auf einen vorbehandelten („dotierten“) Halbleiter (sehr häufig Silizium) auftreffende Strahlungsenergie setzt in diesem elektrische Ladungsträger frei, die über die elektrischen Kontakte in einem äußeren Stromkreis genutzt werden können. In dieser Weise vorbehandelte Halbleiter werden als Solarzellen bezeichnet.

## POLYKRISTALLINE SILIZIUMSOLARZELLE

→ **Multikristalline Siliziumsolarzelle**

## POTENZIALAUSGLEICH

Unter dem Potenzialausgleich in Verbindung mit Photovoltaikanlagen versteht man die Verbindung aller elektrisch leitenden Gehäuseteile (→ **Wechselrichter** etc.) und Installationseinrichtungen (Solarmodulrahmen, → **Montagesystem**) mit dem Gebäudepotenzialausgleich. Der Potenzialausgleich ist handwerklich sauber auszuführen, um spätere Schäden durch Überspannungen zu vermeiden.

# S

## SCHEINLEISTUNG

Die Scheinleistung, auch Anschlusswert oder Anschlussleistung, kennzeichnet die elektrische Leistung, die einem Verbraucher zugeführt wird. Scheinleistung ergibt sich aus → **Wirkleistung** und → **Blindleistung**.

## SCHRÄGDACH

Ein Schrägdach wird auch Steildach genannt und ist mit vielfältigen Dacheindeckungen versehen. Die → **Dachneigung** dient der sicheren Abführung von Regenwasser. Unverschattete Schrägdächer, die mit ihrer Fläche nach Südwest bis Südost weisen, sind sehr gut zur photovoltaischen Stromerzeugung geeignet.

## SILIZIUM

Silizium ist das zweithäufigste chemische Element der Erde, das aus dem Rohstoff Siliziumoxid (Sand) gewonnen wird und zu → **monokristallinem**, → **multikristallinem** und → **amorphem Silizium** verarbeitet werden kann. Silizium ist ein Halbleiter, der für die Elektronikindustrie und die Photovoltaik eine wichtige Rolle spielt.

## SMART GRID READY

Als Smart Grid Ready werden → **Warmwasser-Wärmepumpen** bezeichnet, die in ein intelligentes Stromnetz eingebunden werden können. Bei der Kombination von Photovoltaikanlage und Warmwasser-Wärmepumpe wird dafür ein → **Wechselrichter** mit einem potenzialfreien Kontakt eingesetzt. Außerdem können die von uns angebotenen Warmwasser-Wärmepumpen zusammen mit der Photovoltaikanlage über den Sunny Home Manager in das intelligente Energiemanagementsystem der SMA Solar Technology AG eingebunden werden. Ziel ist, möglichst viel Solarstrom für die Warmwasserproduktion einzusetzen und im Wasserspeicher der Wärmepumpe

zwischenzuspeichern. Damit wird der Eigenverbrauch des günstigen und umweltfreundlichen Solarstroms effektiv erhöht.

## SOLARANLAGE (THERMISCH/PHOTOVOLTAISCH)

Eine Solaranlage ist eine Anlage zur Umwandlung der Sonnenenergie in eine Nutzenergie. Es gibt thermische Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung. Photovoltaikanlagen sind Solaranlagen zur Stromerzeugung.

## SOLARGENERATOR

Der Solargenerator ist die Summe der → **Solarmodule** einer Photovoltaikanlage.

## SOLARMODUL

Zum mechanischen Schutz und zur Witterungsbeständigkeit werden → **Solarzellen** in Kunststoff oder Harz eingebettet und mit einer front- und rückseitigen Abdeckung versehen. Die damit erzielte mechanische und elektrische verschaltete Einheit wird als Solarmodul bezeichnet. Die frontseitige Abdeckung ist meist eine gehärtete Glasscheibe mit guter Lichtdurchlässigkeit. Die rückseitige Abdeckung wird häufig mit einem Folienverbund oder ebenfalls einer Glasscheibe realisiert. Solarmodule sind in gerahmter oder ungerahmter Ausführung erhältlich. Die Anschlussdose mit bereits angeschlossenen Solarkabeln und berührungssicheren Steckverbindern erleichtert die Installation.

## SOLARZELLE

In der Solarzelle wird Strahlungsenergie in elektrische Energie umgewandelt (siehe → **Photovoltaik**). Eine einzelne Solarzelle z. B. auf Basis kristallinen Siliziums hat eine Arbeitsspannung von ca. 0,5 Volt und wird mit vielen weiteren Solarzellen zu einem → **Solarmodul** elektrisch in Reihe geschaltet.

## STANDARD-TESTBEDINGUNGEN

auch kurz **STC** (engl.: Standard Test Conditions) stellen die Rahmenbedingungen dar, unter denen die Leistung eines → **Solarmoduls**

im Labor gemessen und angegeben wird. Konstante Größen bei der Messung sind: Bestrahlungsstärke von 1000 W/m<sup>2</sup>; Spektrum des Lichts nach Durchgang durch die 1,5-fache Dicke der Atmosphäre (AM 1,5); Temperatur der → Solarzelle von 25 °C.

### STRANG (ENGL.: STRING)

Mehrere → Solarmodule werden in Stränge hintereinandergeschaltet, um so den richtigen Spannungsbereich für den Anschluss an den → Wechselrichter zu erreichen. Mehrere Stränge können an einen Wechselrichter oder separaten Generatoranschlusskasten angeschlossen werden.

### SYSTEMHAUS

Bindeglied zwischen den Herstellern von Photovoltaikkomponenten und den Kunden. BayWa r.e. Solar Energy Systems als Systemhaus vertreibt alle Komponenten, die für den Betrieb einer Photovoltaikanlage benötigt werden: → Module, → Montagesysteme, → Wechselrichter, → Batterie-Speichersysteme, → DC-Hauptschalter, Solarkabel, Anlagenüberwachung, Großanzeigen. Gerne unterstützen wir Sie auch bei der → Anlagenplanung und beraten Handelspartner und Endkunden gleichermaßen umfassend zum Thema → Photovoltaik.

### SYSTEMNUTZUNGSGRAD

Der Systemnutzungsgrad einer Photovoltaikanlage beschreibt den Wirkungsgrad des gesamten Solarsystems, d. h. er stellt dar, wie viel Prozent der eingestrahlten Sonnenenergie in elektrischen Strom umgewandelt wurde. Berücksichtigt wird dabei das Verhältnis von Solarertrag zur Strahlungsenergie: Zur Bewertung werden die eingesetzte und die nutzbare Energie des gesamten Solarsystems einschließlich aller Verluste, die u. a. durch die Umwandlung im → Wechselrichter oder durch Leitungsverluste entstehen, hinzugezogen. Systemnutzungsgrade werden immer über einen längeren Zeitraum (mehrere Monate oder ein Jahr) betrachtet und dienen vorrangig der energetischen Bewertung einer Anlage.

# T

### TEMPERATURKOEFFIZIENT

Sowohl die Spannung als auch der Strom und somit auch die Leistung eines → Solarmoduls sind abhängig von der Betriebstemperatur der → Solarzelle. Der Temperaturkoeffizient gibt an, in welchem Maße sich die jeweilige Größe mit der Temperatur verändert.

Die Spannung einer Solarzelle hat beispielsweise einen negativen Temperaturkoeffizient und sinkt damit bei steigender Temperatur. Der Strom hingegen steigt geringfügig an (kleiner positiver Temperaturkoeffizient). Insgesamt besitzt die Leistung einer Solarzelle bzw. eines Solarmoduls einen negativen Temperaturkoeffizienten. Je niedriger der Betrag dieses Temperaturkoeffizienten des Solarmoduls ist, umso weniger stark fällt die Leistung des → Solargenerators bei Hitze im Sommer ab.

### TRANSFORMATOR (TRAFO)

→ Wechselrichter für Photovoltaikanlagen formen den Gleichstrom in netzkonformen Wechselstrom um. Um die Spannung an das Netzniveau anzupassen, arbeiten viele Wechselrichter mit einem internen Transformator (Trafo). Es ist aber auch möglich, einen Wechselrichter ohne Trafo zu betreiben. Diese traflosen Geräte haben einen höheren → Wirkungsgrad und erwirtschaften daher in der Regel einen höheren → Ertrag.

# V

### VERGÜTUNG

→ Einspeisevergütung

## VERSCHATTUNG

Eine Teilverschattung des → Solargenerators hat starke Auswirkungen auf den → Ertrag. Daher müssen die → Solarmodule möglichst zu jeder Tageszeit unverschattet bleiben. BayWa r.e. Solar Energy Systems plant Ihre Photovoltaikanlagen kompetent, so dass keine oder nur unvermeidbar minimale Verschattungen auftreten.

## VERSICHERUNG

Die Photovoltaikanlage sollte man auf jeden Fall in die bestehende Gebäudeversicherung mit aufnehmen oder hierfür eine spezielle Solarversicherung abschließen. Als zusätzliche Absicherung bieten manche Versicherungen eine Ertragsausfallversicherung für Stillstandszeiten der Anlage an. Hier sind die Bedingungen genau zu studieren. In jedem Fall empfiehlt es sich, die Photovoltaikanlage in die Haftpflichtversicherung mit aufnehmen zu lassen.

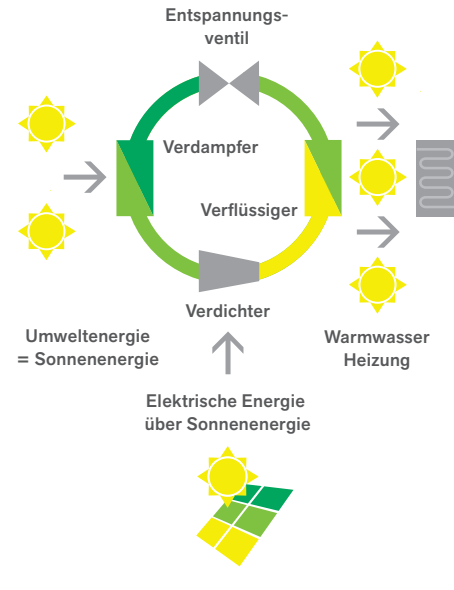
## VOLT

Elektrische Einheit für Spannung (→ Watt, → Ampere)

# W

## WÄRMEPUMPE

Wärmepumpen nutzen die Energie unserer Umwelt. Für ihre Arbeit braucht eine Wärmepumpe elektrischen Strom, mit dessen Hilfe sie die Umgebungswärme sehr effektiv auf ein für uns nutzbares Energieniveau bringt. Herz einer Wärmepumpe ist der Kältekreis: Nach außen geschlossen zirkuliert hier ein Kältemittel, das Wärme bei niedriger Temperatur aufnimmt und – nach Energiezufuhr – bei höherer Temperatur wieder abgibt. Kältemaschinen – wie der Kühlschrank – nutzen dabei die „kalte Seite“ des Kreislaufes, Wärmepumpen die „warme Seite“.



Schematischer Aufbau der Wärmepumpe

## WAFER

Wafer sind dünne runde oder quadratische Siliziumscheiben mit einer typischen Dicke von 180 bis 300 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ). Sie bilden die Grundlage für die Herstellung von Solarzellen. Dabei werden zwei Typen von Wafern unterschieden: multikristalline (auch: polykristalline) und monokristalline Wafer. Die Herstellung erfolgt für beide Typen durch Sägen von entsprechenden → Ingots. Aus den Wafern werden in mehreren nachfolgenden Bearbeitungsschritten → Solarzellen hergestellt, die für die Fertigung von → Solarmodulen notwendig sind.

## WARMWASSERBEDARF

Wie viel warmes Wasser ein Haushalt verbraucht, hängt von der Anzahl der Bewohner, ihrem Nutzerverhalten und der sanitären Ausstattung ab. Eine Person braucht pro Tag zwischen 20 und 60 Liter Warmwasser mit einer üblichen Nutzertemperatur von etwa 40 °C. Das entspricht ca. 25 Liter Warmwasser mit einer Bevorratungstemperatur von 60 °C pro Person und Tag. Für den Gebrauch wird kaltes Wasser zugemischt.

## WARMWASSER-WÄRMEPUMPE

Warmwasser-Wärmepumpen erzeugen keine Heizungsenergie, sondern warmes Trinkwasser – das heißt Wasser, das zum Duschen, Spülen, Trinken und ähnlichem verwendet wird. Warmwasser-Wärmepumpen sind in der Regel Kompaktgeräte aus Wärmepumpe und integriertem Warmwasserspeicher. Da sie in Kombination zur bestehenden Heizungsanlage eingesetzt werden, kann die Heizung in der warmen Jahreszeit ganz ausgeschaltet werden. Die von uns angebotenen Warmwasser-Wärmepumpen werden im Keller- oder Wirtschaftsraum einfach aufgestellt und nutzen die Luft als Energiequelle. Eine Raumtemperatur von 6 °C ist ausreichend; der Aufstellraum wird etwas gekühlt und entfeuchtet.

## WATT

Elektrische Einheit für Leistung (→ Volt, → Ampere)

## WECHSELRICHTER/INSEL

Bei einem Inselwechselrichter handelt es sich um einen → Wechselrichter für ein → Inselsystem. Der Wechselrichter in einem Inselsystem hat die Aufgabe, den Anschluss von Wechselstromverbrauchern zu ermöglichen und eine stabile Wechselspannung vorzugeben und zu erhalten. Diese Aufgabe kann der Inselwechselrichter meist nur unter Einbeziehung von Speicherelementen (z. B. Batteriespeicher) im Inselsystem bewältigen.

## WECHSELRICHTER/NETZ

Der Netzwechselrichter wandelt den vom → Solargenerator produzierten Gleichstrom (→ DC) in Wechselstrom (→ AC) um, damit er in ein vorgegebenes Netz eingespeist werden kann. Wichtige Größen bei Netzwechselrichtern sind ihr → Wirkungsgrad und ihre Zuverlässigkeit. Generell sollte der → Solargenerator in der Leistung um 5 bis maximal 15 % höher ausgelegt werden als die → AC-Ausgangsleistung des Wechselrichters. Für eine optimale Auslegung verwenden Sie bitte den jeweiligen Konfigurator des Wechselrichter-Herstellers und halten Sie Rücksprache mit Ihrem Installateur.

## Wh

Einheit für Wattstunde. 1000 Wattstunden (Wh) entsprechen einer Kilowattstunde (→ kWh).

## WIRKLEISTUNG

Die Wirkleistung ist die nutzbare Leistung, mit der sich Maschinen antreiben, Lampen zum Leuchten bringen oder Heizstrahler betreiben lassen. Der Hintergrund: Jeder Verbraucher hat einen ohmschen Widerstand, der im Betrieb seine aufgenommene Leistung vollständig in Wärme umwandelt. Hat ein Verbraucher neben dem ohmschen Widerstand auch Spulen und Kondensatoren, dann entsteht zwischen Strom und Spannung eine zeitliche Verschiebung, die auch → Phasenverschiebung genannt wird. Neben der Wirkleistung ist deshalb auch eine → Blindleistung vorhanden. Die Wirkleistung wird in der Einheit → Watt (W) angegeben. Bei Gleichspannung ist die Wirkleistung gleich der → Scheinleistung.

## WIRKUNGSGRAD

Der Wirkungsgrad gibt die Effektivität der Energieumwandlung wieder. Wirkungsgrade von → **Solarmodulen** liegen typischerweise bei 11 bis 21 %, d. h. 11 bis 21 % der eingestrahlten Sonnenenergie wird in elektrische Energie umgewandelt. Bei → **Wechselrichtern** liegen die Wirkungsgrade bei Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom bei 92 bis 98 % (vgl. → **Europäischer Wirkungsgrad** von Wechselrichtern).

## Wp

Einheit für Wattpeak. 1000 Wattpeak (Wp) entsprechen einem Kilowattpeak (→ **kWp**)

# Z

## ZELLE

→ **Solarzelle**

## HISTORISCHE NAMENSGEBER FÜR EINHEITEN UND GRÖSSEN

### AMPÈRE

André Marie Ampère (\*20.1.1775, † 10.6.1836); französischer Physiker

### VOLT

Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Graf von Volta (\*18.2.1745, † 5.3.1827); italienischer Physiker

### WATT

James Watt (\*19.1.1736, † 19.8.1819); schottischer Erfinder

## Impressum

### Konzept und Text

BayWa r.e. Solar Energy Systems GmbH, Tübingen

### Gestaltungskonzept

Strichpunkt GmbH, Stuttgart | Berlin

### Grafik und Satz

Atelier Sternstein | manufactur m, Stuttgart

### Druck

MEOX Druck GmbH, München



revive 100



Irrtümer und Änderungen vorbehalten.

© Mai 2015 BayWa r.e. Solar Energy Systems GmbH, Tübingen.

Ausdruck und Kopie nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung

### Vertriebsbüro Tübingen

Welzenwiler Straße 5 | D-72074 Tübingen

Telefon +49 7071 98987-300

tue.solarenergysystems@baywa-re.com

### Vertriebsbüro München

Beethovenplatz 4 | D-80336 München

Telefon +49 89 386670-0

mue.solarenergysystems@baywa-re.com

### Vertriebsbüro Nürnberg

Wiesentalstraße 32-34 | D-90419 Nürnberg

Telefon +49 911 216646-0

nue.solarenergysystems@baywa-re.com

### Vertriebsbüro Duisburg

Philosophenweg 21 | D-47051 Duisburg

Telefon +49 203 348596-0

dui.solarenergysystems@baywa-re.com

### Vertriebsbüro Braunschweig

Packhofpassage 3 | D-38100 Braunschweig

Telefon +49 531 6094012-0

bsg.solarenergysystems@baywa-re.com

Anschrift und Telefon ab September 2015:

Heinrich-Büssing-Ring 25 | 38102 Braunschweig

Telefon +49 531 12177-100



# BayWa r.e. Solar Energy Systems GmbH

Eisenbahnstraße 150

D-72072 Tübingen

Telefon +49 7071 98987-0

Telefax +49 7071 98987-10

[solarenergysystems@baywa-re.com](mailto:solarenergysystems@baywa-re.com)

[www.baywa-re.com](http://www.baywa-re.com)

