

Die Entscheidungsenergie: **Das Photovoltaik special**

Stromsparen ist gut. Strom selbst zu erzeugen, aber noch viel besser. Mittels Photovoltaik kann jeder seine Energie direkt von der Quelle beziehen: von der Sonne.

"Was ist das Schwerste von allem? Was dir das Leichteste dünket: Mit den Augen zu sehn, was vor den Augen dir lieget."

Johann Wolfgang von Goethe (1749 - 1832)

Evolution vollzieht sich in Sprüngen. Innovation auch. Und so ist es auch der Entwicklung der Photovoltaik (in Österreich) ergangen.

Nach einem ersten Innovationsschub Anfang unseres neuen Jahrtausends wurde es aufgrund geänderter rechtlicher Rahmenbedingungen wieder etwas stiller um diese Zukunftstechnologie.

DIE PHOTOVOLTAIK

Neue Anreize und die Ergebnisse internationaler Forschung und Entwicklung haben ihr jetzt zu einer Hochblüte verholfen - sie gilt heute als eine der Schlüsseltechnologien, mit der aus Abhängigkeit eine wirtschaftlich interessante Selbstversorgung mit Energie werden kann.

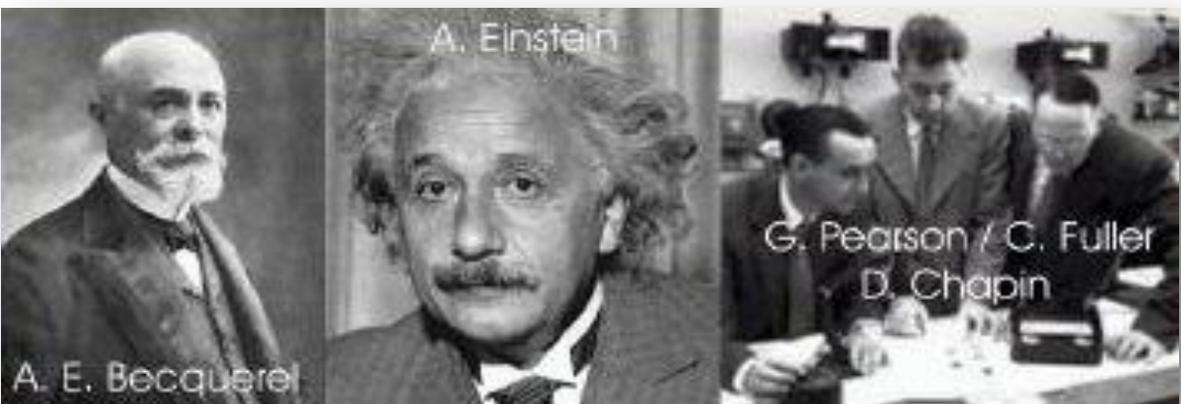
1839 entdeckte der französische Physiker Alexandre Edmond Becquerel den photoelektrischen Effekt.

1905 war Albert Einstein der Erste, der diesen Effekt erklären konnte. Dafür erhielt er 1921 den Nobelpreis für Physik.

1954 gelang es Chapin, Fuller und Pearson, die ersten Siliziumzellen mit wirtschaftlich interessanten Wirkungsgraden zu entwickeln.

Die gute Nachricht:

Photovoltaik ist erprobt, praxistauglich, erschwinglich, effizient und zukunftsicher.



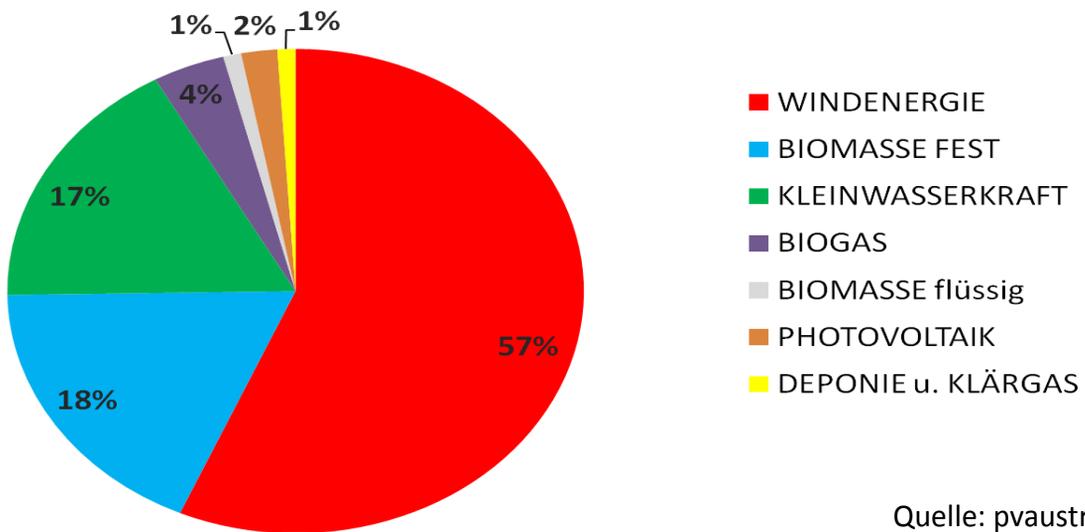
Quelle: syntaxenergy.at

Nur wer die Regeln kennt, kann von Ihnen profitieren. A.E. Becquerel, A. Einstein, D. Chapin

PHOTOVOLTAIK

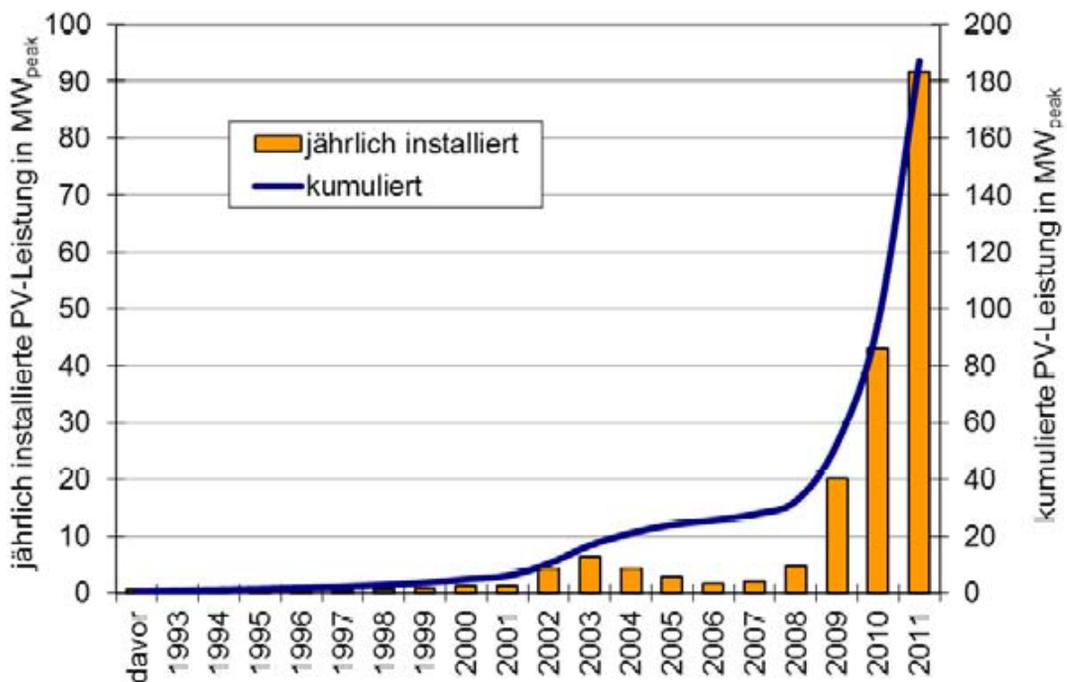
MARKTANTEIL ALTERNATIVER ENERGIEANBIETER

nach installierter Leistung 2010



Quelle: pvaustria.at

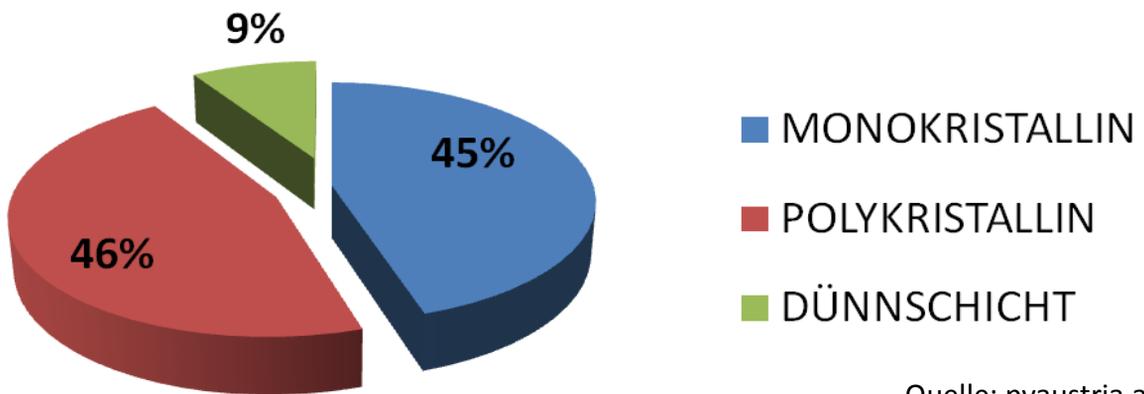
Der österreichische Photovoltaikmarkt erlebte nach seiner frühen Phase der Innovatoren und autarken Anlagen mit dem Ökostromgesetz 2001 seinen ersten Aufschwung, brach aber bald danach im Jahr 2004 durch die Deckelung der Tarifförderung wieder ein. Ab 2009 setzte aufgrund neuer Anreize und der ausgeprägten Lernkurve der Photovoltaik eine beispiellose Marktdiffusion dieser Technologie ein.



Quelle: pvaustria.at

PHOTOVOLTAIK

INSTALLIERTE SOLARZELLENTYPEN 2011

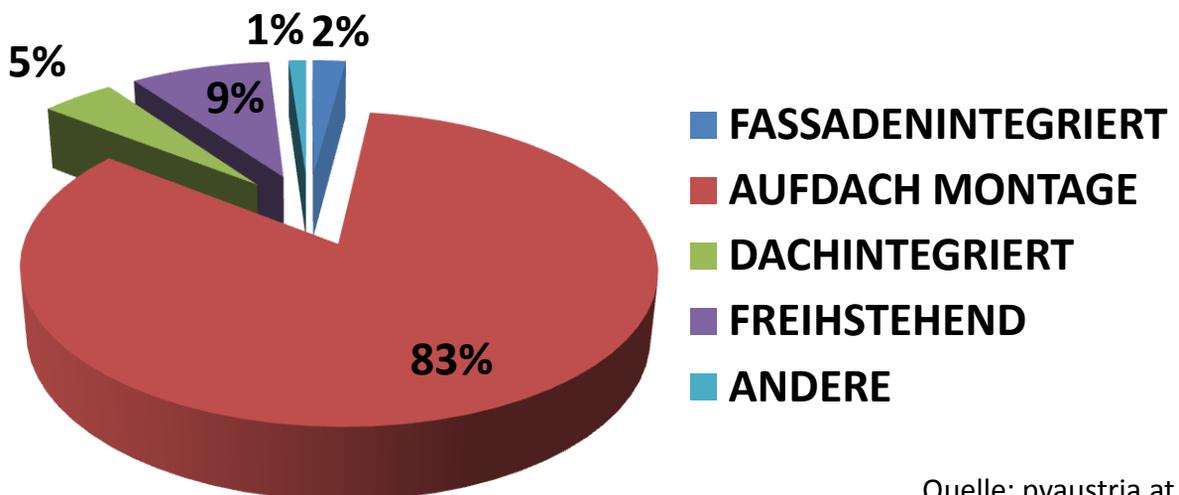


Quelle: pvaustria.at

Die Solarzelltechnologien lassen sich in drei Gruppen unterteilen: Zum einen

Die kristallinen Siliziumzellen, die als ca. 200 Mikrometer dicke Wafer im Modul miteinander verlötet werden, dann die Dünnschichtzellen, bei denen die einige Mikrometer dicken Zellschichten meist auf die Frontglasscheibe des Moduls abgeschieden werden, und die sich in der Markteinführung befindenden nanostrukturierten Zellen, bei denen nanometerkleine komplette Solarzellen gebildet werden und diese dann in Modulen verschaltet werden. Bisher dominieren die kristallinen Siliziumsolarzellen mit einem Marktanteil von über 90%

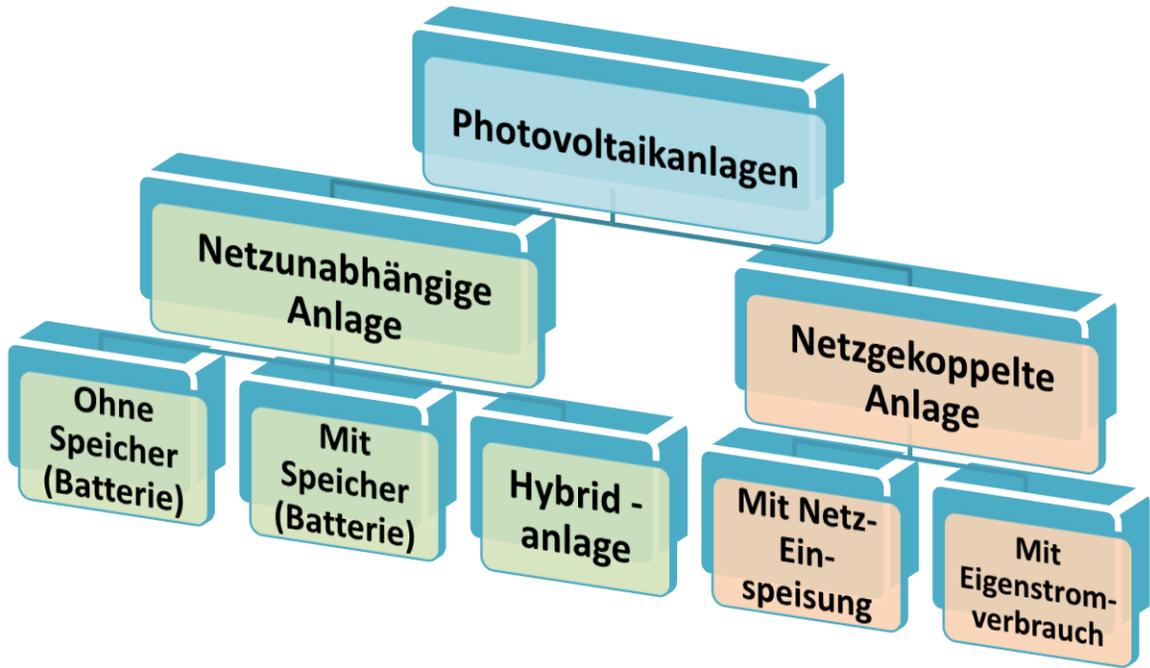
MONTAGEART DER SOLARZELLEN 2011



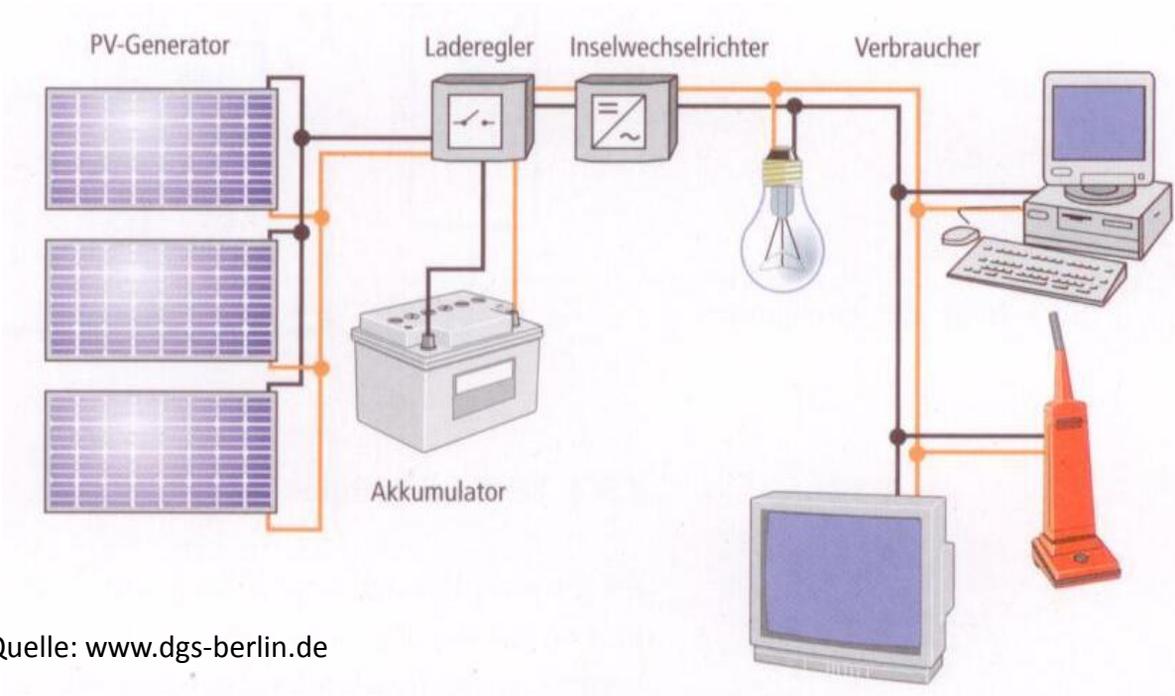
Quelle: pvaustria.at

PHOTOVOLTAIK

Netzgekoppelte und netzunabhängige Photovoltaik



Netzunabhängige PHOTOVOLTAIK Anlagen (Inselanlagen)

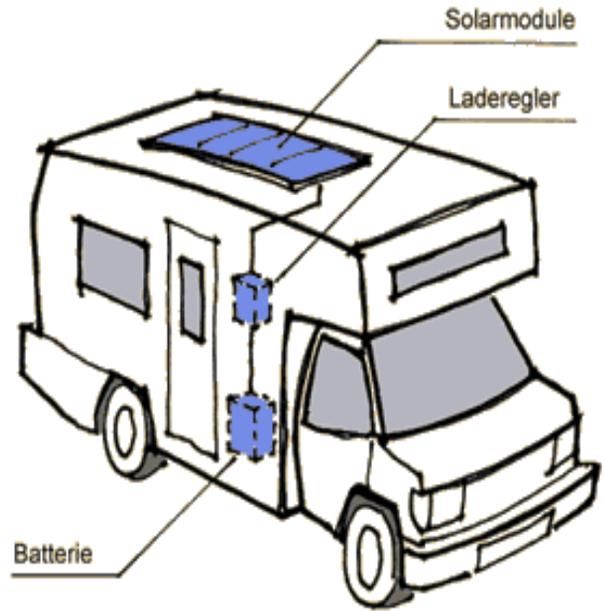


Quelle: www.dgs-berlin.de

PHOTOVOLTAIK Beispiele für PV-Anlagen (Inselanlagen)



Notrufsäule



Wohnwagen

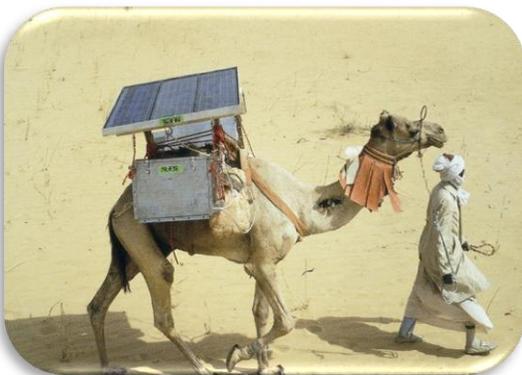


Sunbag für Trekking Einsätze



Solarpumpensystem für Trinkwasser

Quelle: www.dgs-berlin.de



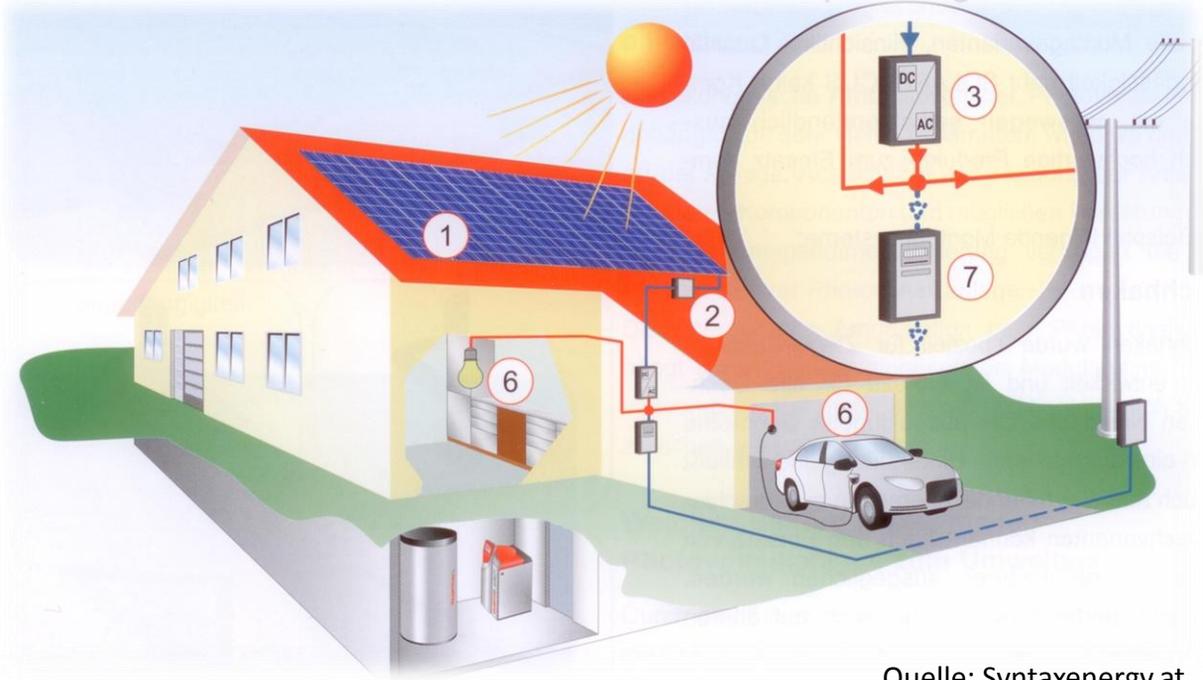
Kühltransport



PV-Blumen für Bewässerungssystem⁵

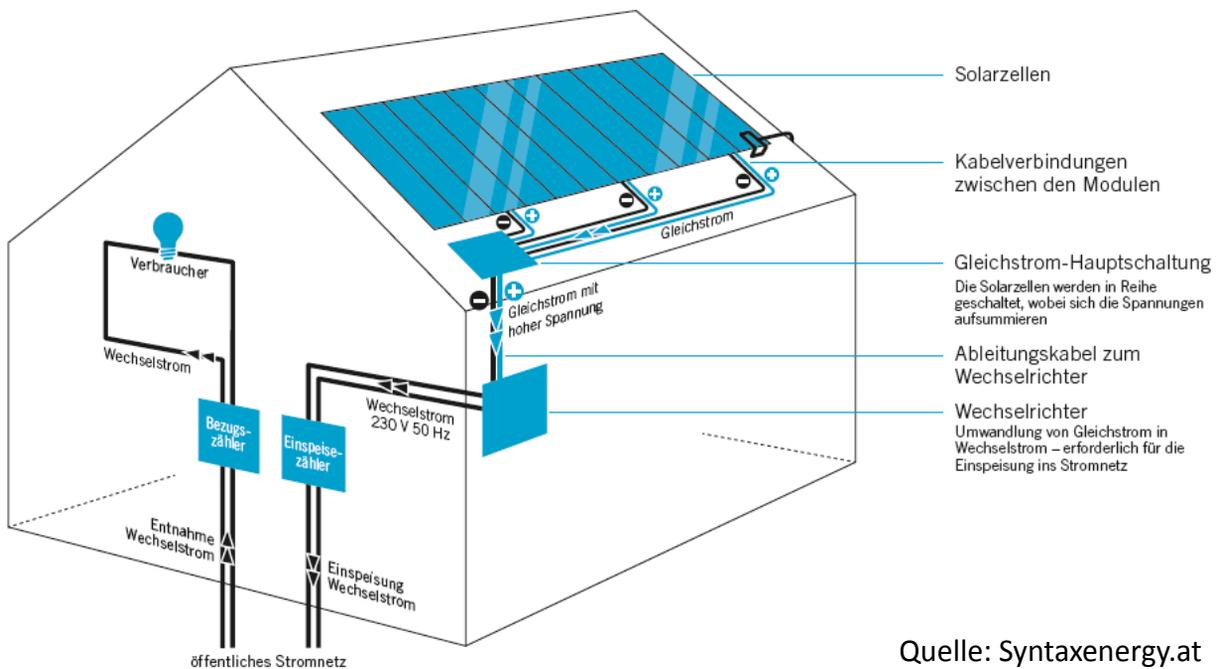
PHOTOVOLTAIK

Netzgekoppelte Photovoltaik Anlagen mit Überschusseinspeisung



Quelle: Syntaxenergy.at

Netzgekoppelte Photovoltaik Anlagen mit Volleinspeisung



Quelle: Syntaxenergy.at

Beispiele für Netzgekoppelte PHOTOVOLTAIK Anlagen

Regenerativer Kraftwerksbau und netzgekoppelte PV - Anlage auf einem Hühnerstall. Anlage auf typischem Einfamilienhaus bzw. Gewerbehalle.

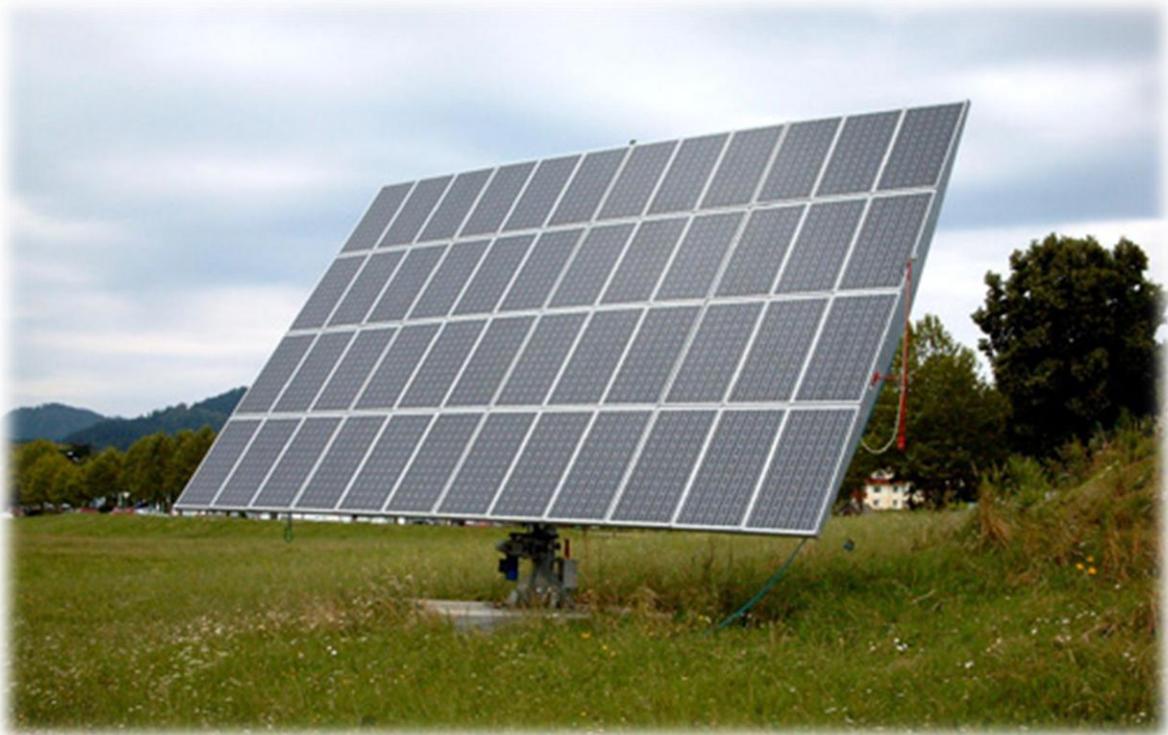
PV- Anlage auf dem Dach der Audienzhalle vor dem Petersdom im Vatikan



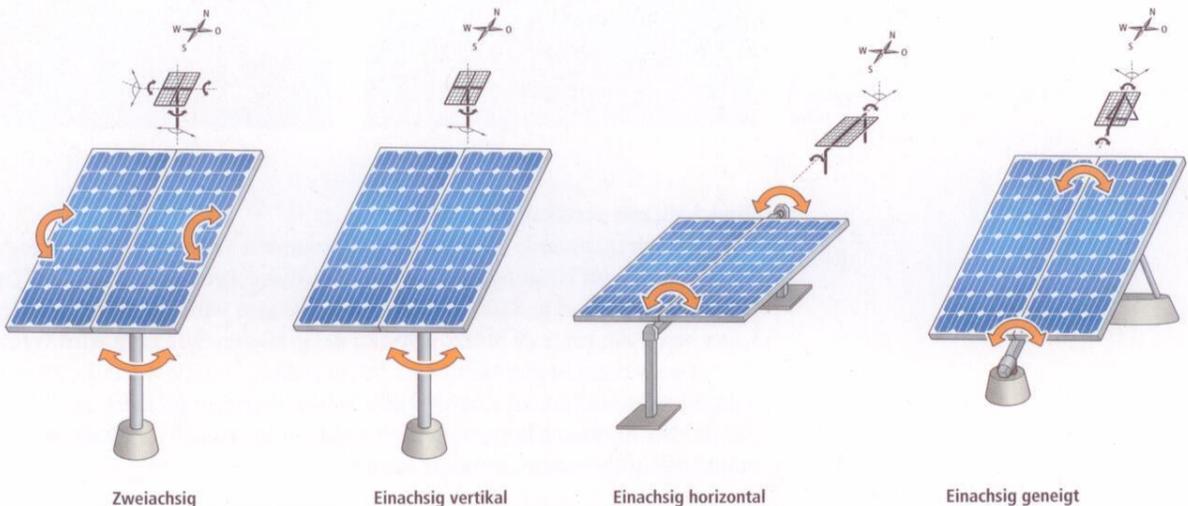
Beispiele für Netzgekoppelte PHOTOVOLTAIK Anlagen

Nachführsysteme zur Optimierung der Einstrahlung. Es gibt zweiachsig, einachsig vertikal, einachsig horizontal und einachsig geneigt.

Quelle: www.dgs-berlin.de



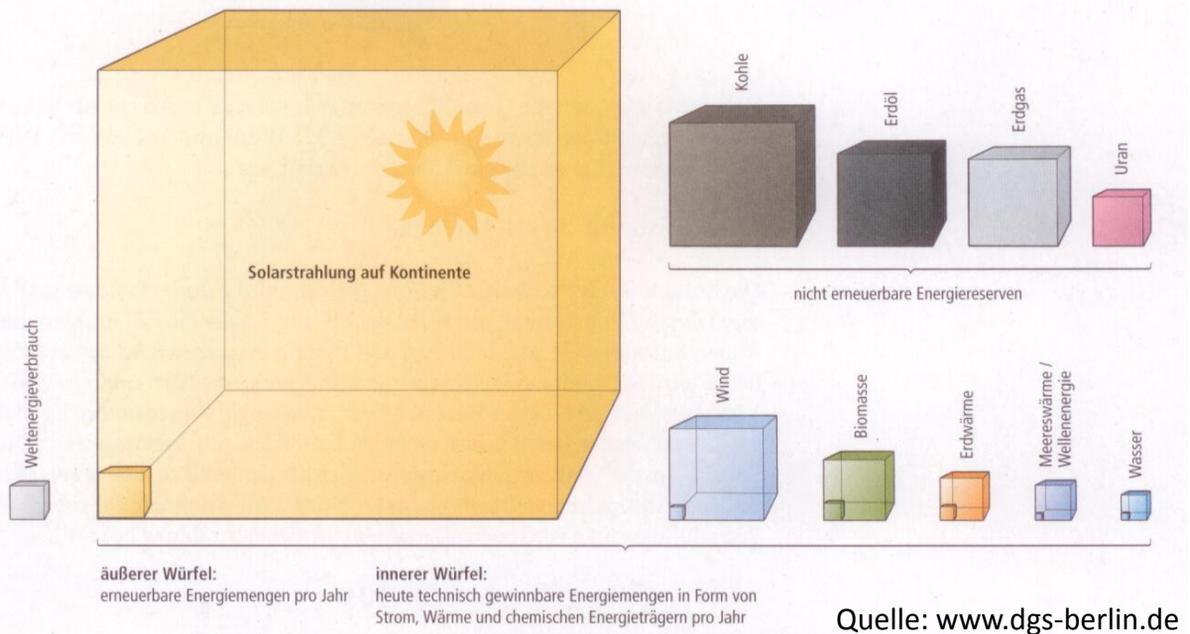
Quelle: www.dgs-berlin.de



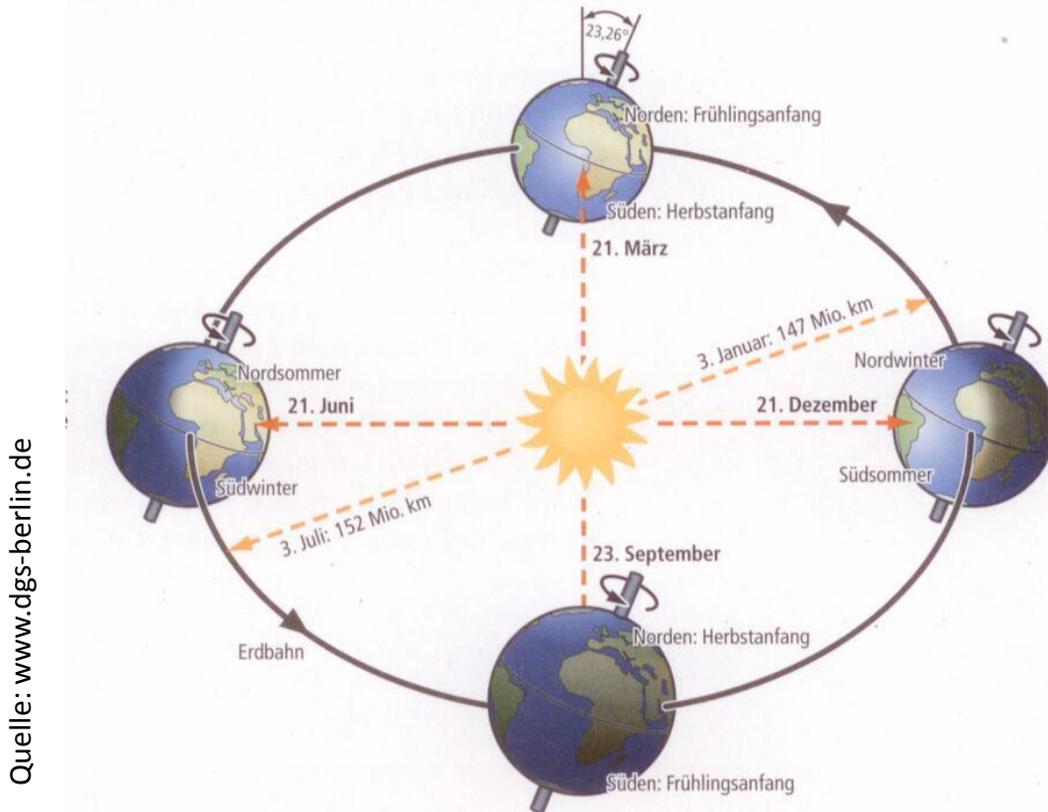
Nachführsysteme werden vor allem in großen Freiflächenanlagen eingesetzt. Dementsprechend werden große Modulflächen mit einem bzw. zwei Antrieben bewegt. Kleine Systeme treten eher als Nischenprodukte für den netzfernen Betrieb auf.

PHOTOVOLTAIK

DIE SONNE ALS ENERGIEQUELLE

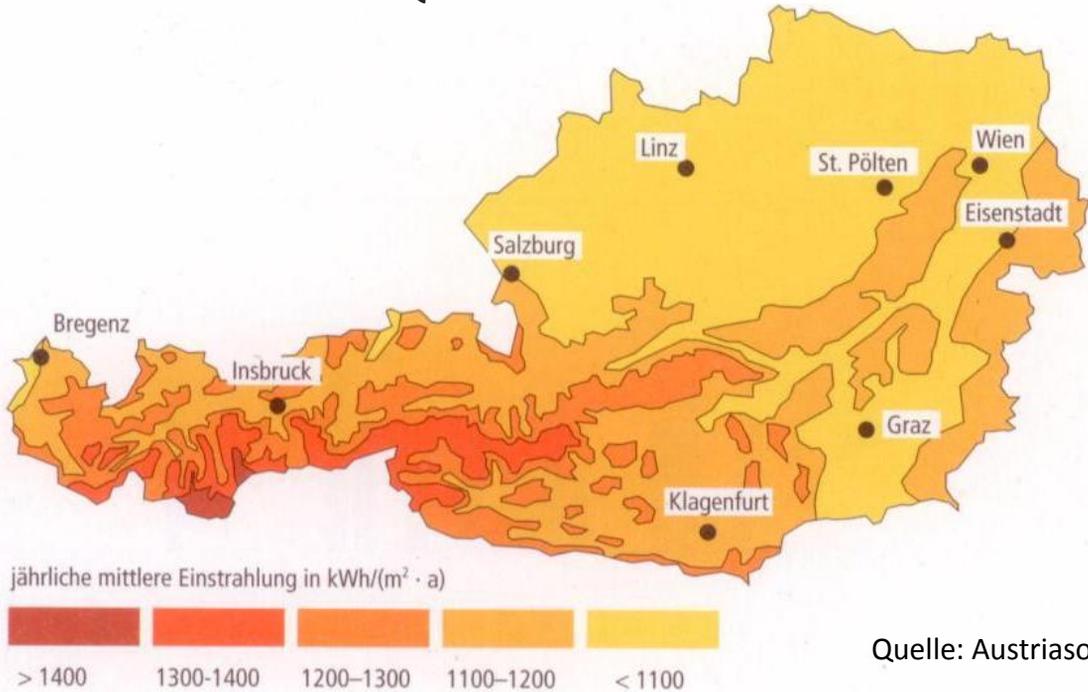


VERTEILUNG DER SONNENEINSTRALUNG



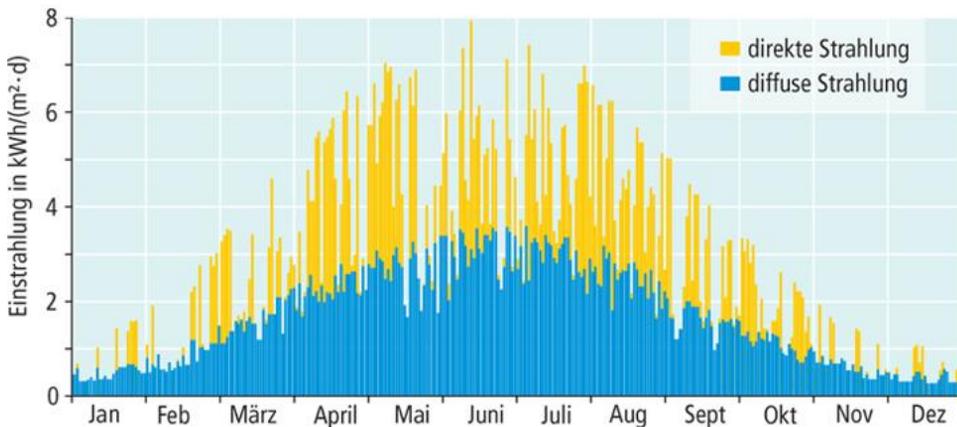
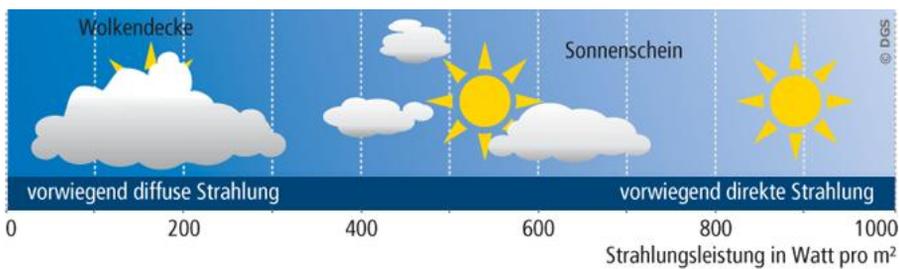
Die Intensität der Sonneneinstrahlung außerhalb der Erdatmosphäre ist abhängig vom Abstand zwischen Sonne und Erde. Im Verlauf eines Jahres bewegt sich dieser zwischen 147 und 152 Millionen Kilometer.

PHOTOVOLTAIK DIE SONNE ALS ENERGIEQUELLE IN ÖSTERREICH



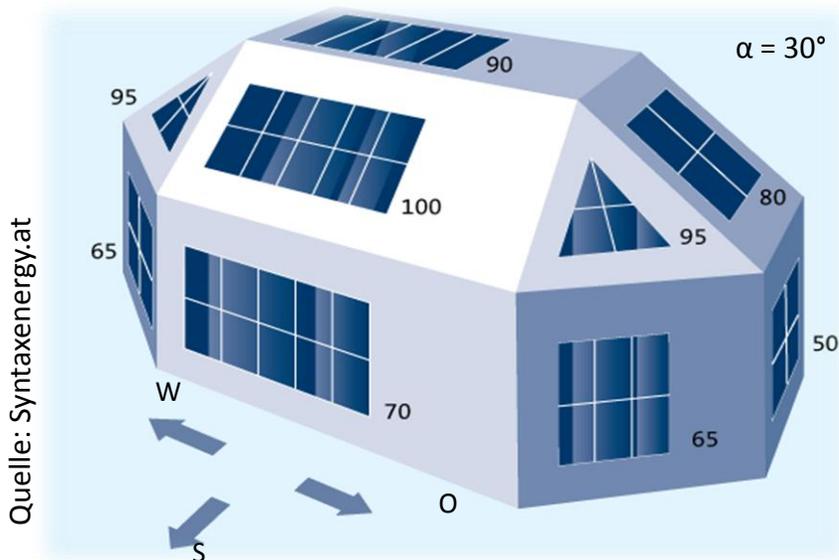
Die Globalstrahlung in Österreich schwankt. In den nördlichen Bundesländer sind Werte zwischen 1.000 und 1.200 kWh/m², südliche Bundesländer bis zu 1.400 kWh/m². Die jährliche Sonnenscheindauer liegt zwischen 1.300 und 2.000 Stunden im Jahr. Über das Jahr liegt der Anteil der Direkt- und Diffusstrahlung etwa gleich verteilt bei 50%

STRAHLUNGSLEISTUNG BEI UNTERSCHIEDLICHEM WETTER

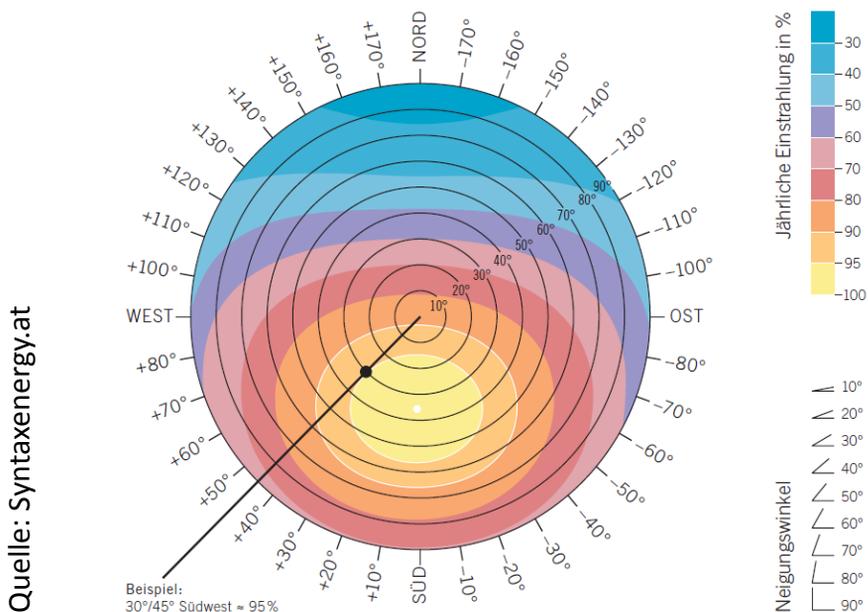


PHOTOVOLTAIK

PV-Ertrag in Abhängigkeit zu Ausrichtung und Neigung

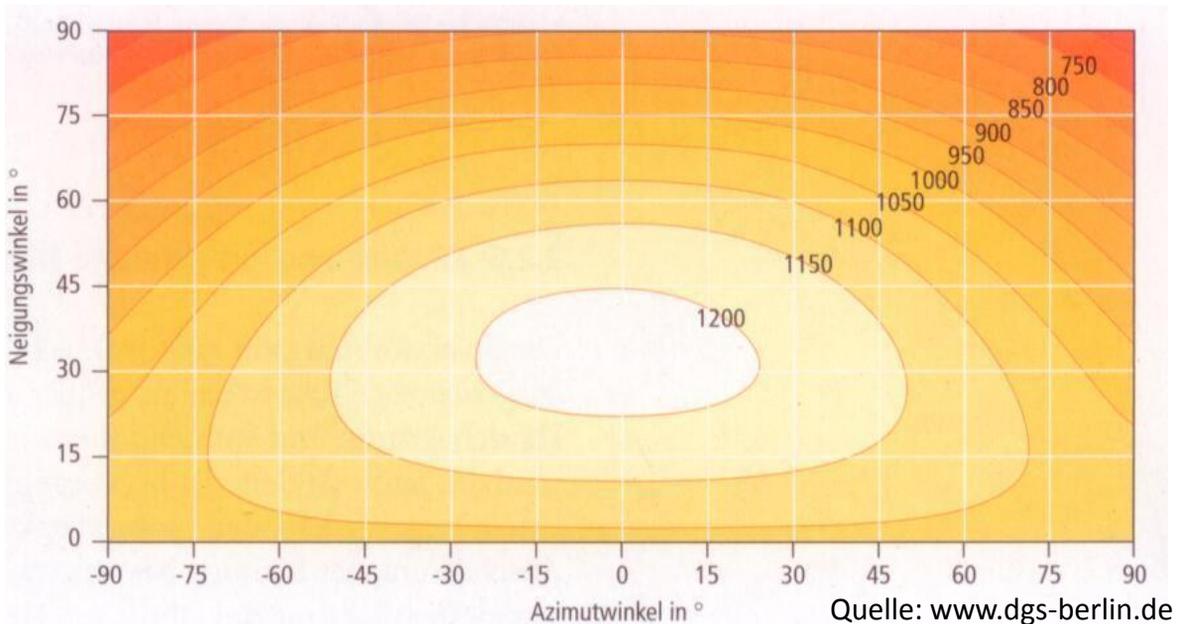


Der Ertrag einer PV-Anlage verändert sich, je nach Ausrichtung des Generatorfeldes. In der PV-Branche ist mit dem Begriff „Azimut“ die graduelle Abweichung von der Südrichtung gemeint. Richtung Westen ist das Vorzeichen +, Richtung Osten -. In Österreich hat die Sonne im Winter einen Einstrahlwinkel von ca. 19° , im Sommer ca. 60° .



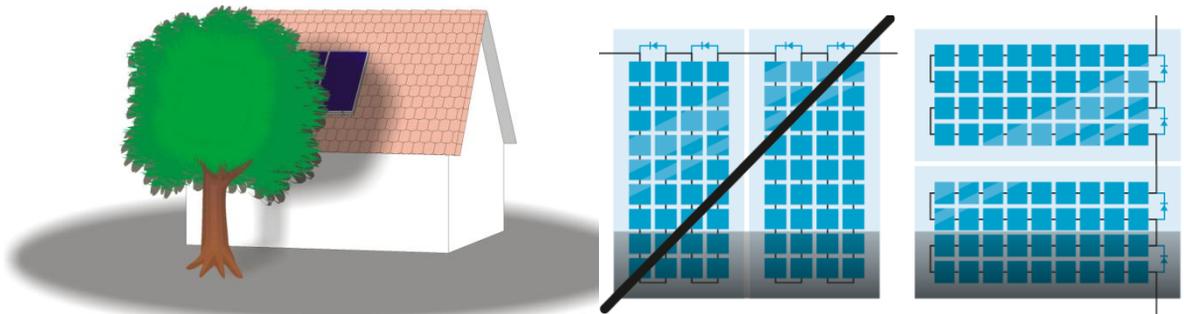
In der Regel werden die Flächen fest installiert. Bei der Aufstellung sollten dann Neigung und Ausrichtung so gewählt werden, dass sich über das Jahr gemittelt ein Maximum der Einstrahlung ergibt. Dieses **Optimum** lässt sich berechnen und liegt für einen mitteleuropäischen Standort bei **reiner Südausrichtung** der Fläche und einem **Neigungswinkel** von etwa **32°** .

PHOTOVOLTAIK EINSTRahlung AUF GENEIGTEN FLÄCHEN



Jahressumme der Globalstrahlung in Wien in Abhängigkeit von Azimut und Neigung in kWh/m²

VERSCHATTUNG (Temporäre Verschattungen, Verschmutzung)



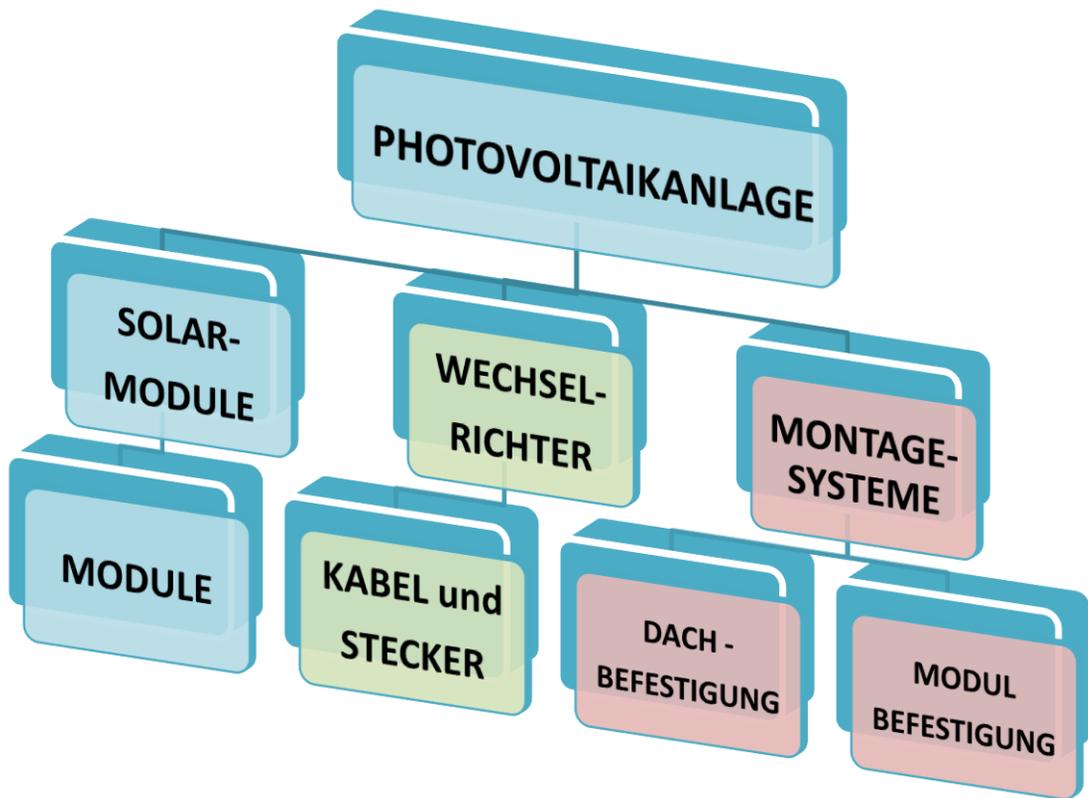
Quelle: Syntaxenergy.at

Ein Schattenwurf auf eine PV- Anlage wirkt sich viel stärker auf den solaren Ertrag aus als z.B. bei solarthermischen Anlagen. Nahe Schatten sind besonders kritisch!

Mögliche Schattenseiten kann man schon beim Verlegen vermeiden. Das muss man wissen und damit muss man umgehen können.

PHOTOVOLTAIK

DIE BESTANDTEILE VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN



Gleichspannung:

- Module
- Montagesystem
- Solarkabel / Erdung
- Stecker und Buchsen

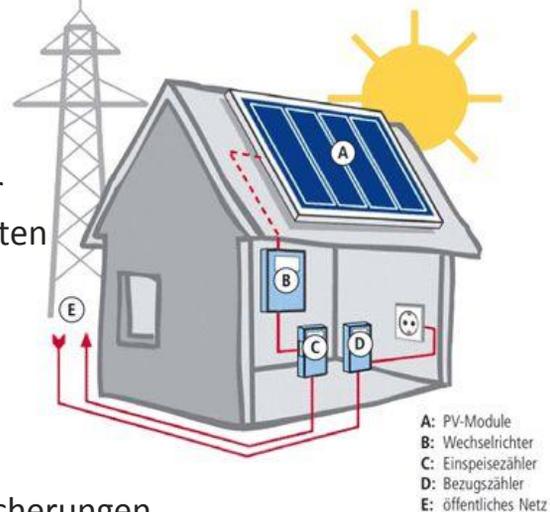
Optional:

- Blitzschutz
- Überspannungsableiter
- Generatoranschlusskasten
- Feuerwehrscharter
- Rückstromsperrdioden

Wechselspannung:

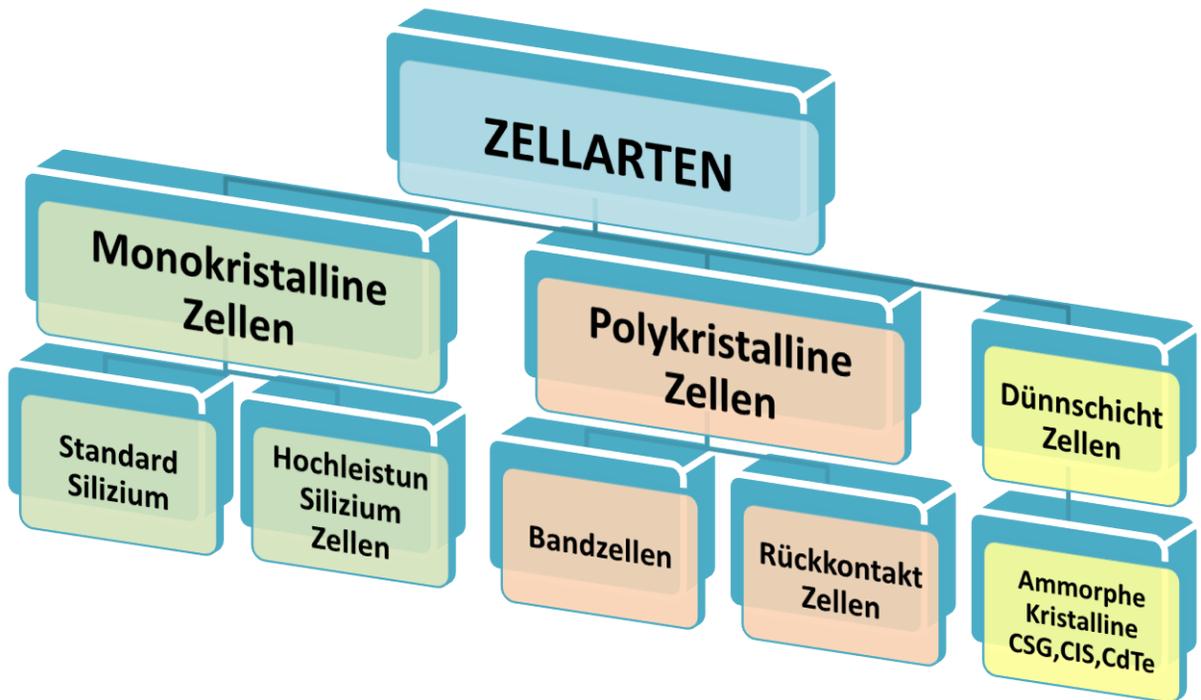
- Zählerschrank
- Elektroähler
- Kabel
- diverse Schalter und Sicherungen

Quelle: www.dgs-berlin.de

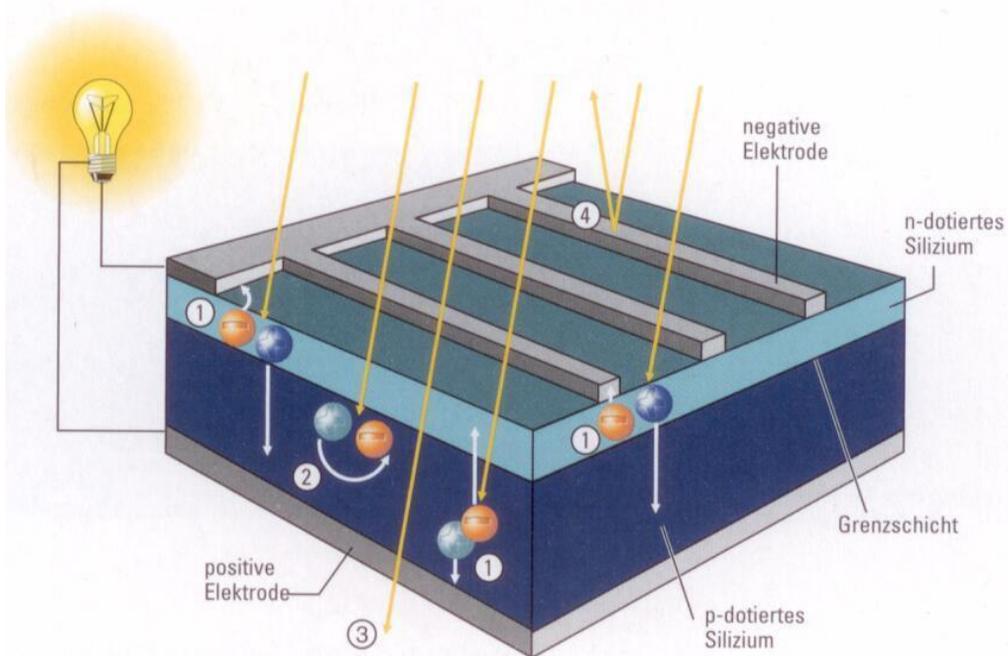


Gleich- und Wechselspannungsseite sind durch einen netzgeführten Wechselrichter mit Lasttrennschalter verbunden.

PHOTOVOLTAIK



AUFBAU und EFFEKT EINER KRISTALINEN SILIZIUM SOLARZELLE



Quelle: www.dgs-berlin.de

- 1) Ladungstrennung
- 2) Rekombination
- 3) ungenutzte Photonen- Energie
- 4) Reflexion und Abschattung durch Frontkontakte

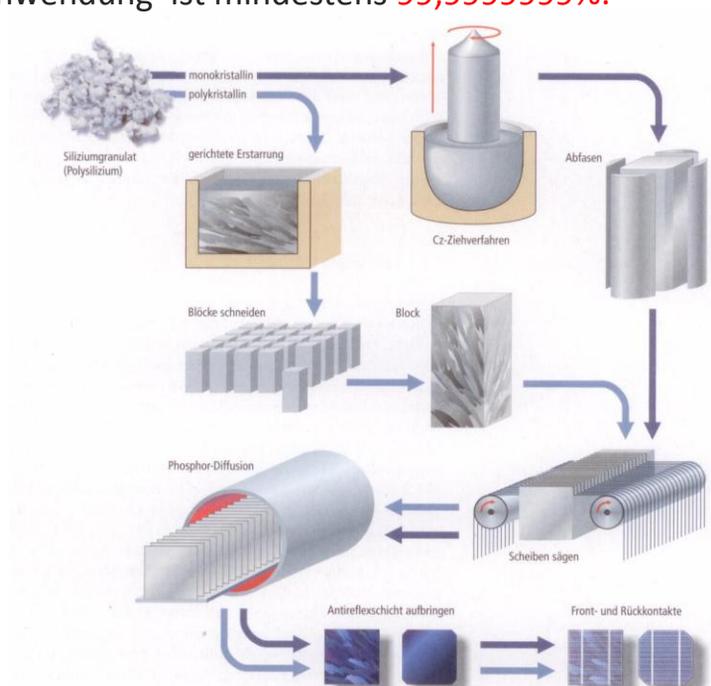
ENERGIEBILANZ einer kristallinen Solarzelle

100%	Eingestrahlte Sonnenenergie
-3%	Reflexion und Abschattung durch Frontkontakte
-22%	Zu geringer Photonen-Energie der langwelligen Strahlung
-30%	Überschüssige Photonen-Energie der kurzwelligen Strahlung
-8,5%	Rekombination
-20%	Potenzialgefälle in der Zelle insbesondere in der Raumladungszone
-0,5%	Serienwiderstand (Stromwärmeverluste)
= 16%	Nutzbare elektrische Energie

Das wichtigste Material für kristalline Solarzellen ist Silizium. Nach Sauerstoff ist es das zweithäufigste Element auf der Erde und somit nahezu unbegrenzt verfügbar. Es liegt nicht in Reinform vor, sondern nur als chemische Verbindung mit Sauerstoff in Form von Quarz oder Sand. Es muss zuerst der unerwünschte Sauerstoff vom Siliziumdioxid abgetrennt werden.

Das Silizium wird durch mehrere chemische Prozesse gereinigt.

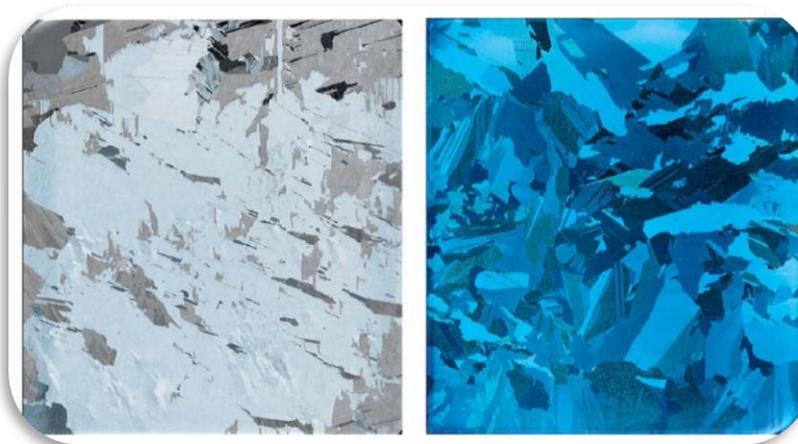
Das Ergebnis wird als **Polysilizium** bezeichnet der **Reinheitsgehalt** für die Photovoltaik Anwendung ist mindestens **99,9999999%**.



PHOTOVOLTAIK

Das Modul – POLYKRISTALLINE Solarzellen

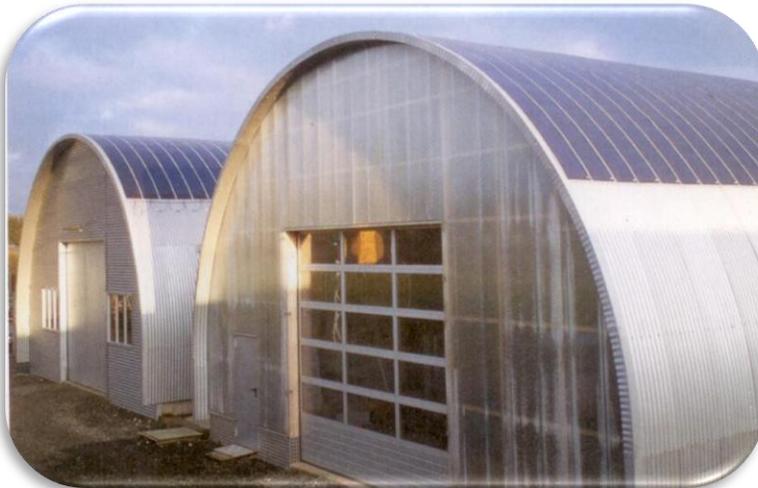
Quelle: Photowatt



Im Ofen wird mittels PECVD (Plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung) eine Antireflexschicht aufgetragen, die der Zelle die blau-schwarze Farbe gibt. Das Verfahren kommt aus dem Bereich der Dünnschichttechnologie. Die unerwünschte Reflexion von Sonnenstrahlen kann auch durch eine Bearbeitung des Modulglases verstärkt werden.

Das Modul – DÜNNSCHICHTZELLEN

Quelle: Biohaus



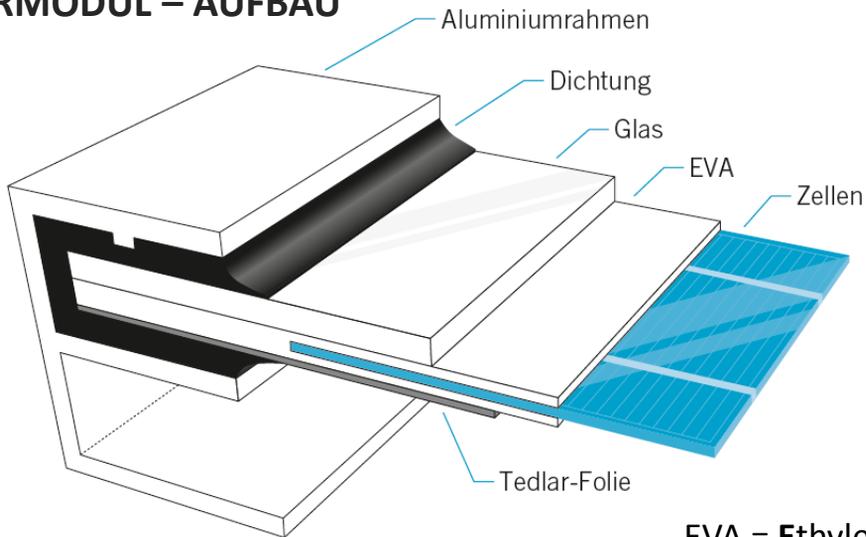
Dünnschichttechnik ist eine Bezeichnung für die Herstellung von Solarzellen, die direkt auf ein geeignetes Trägermaterial (Glas, Metallfolie, Plastikfolie) abgeschieden werden. Vorteile der Dünnschichttechnik sind Material- und Energieeinsparungen beim Herstellungsprozess, die einfache Dotierbarkeit und die Möglichkeit, großflächige Solarzellen zu produzieren. Die wichtigsten Materialien, die u.a. für Dünnschichttechnik geeignet sind:

ASi (amorphes Silizium), **CIS** (KupferIndiumDiselenid), **CdTe** (Cadmium-Tellurid)¹⁶

PHOTOVOLTAIK

SOLARMODUL – AUFBAU

Quelle: Syntaxenergy.at



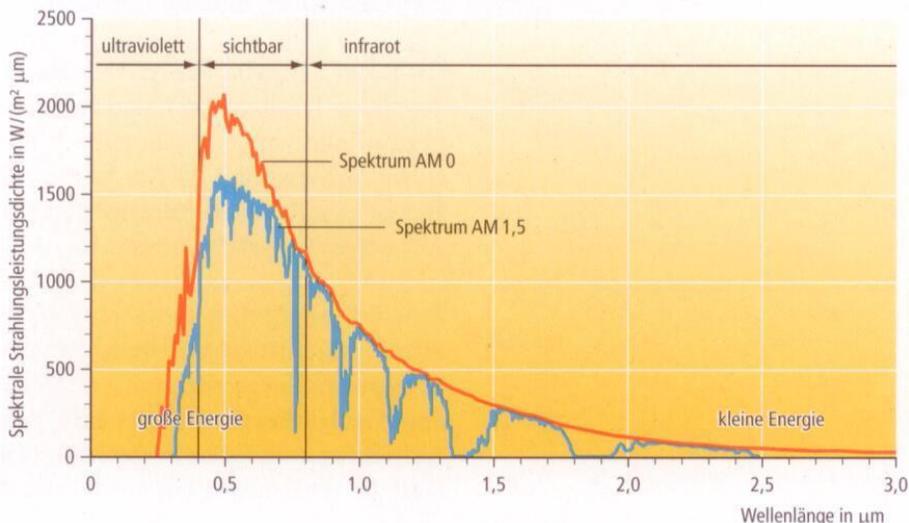
EVA = Ethylen-Vinyl-Acetat

STC Standard Test Bedingungen

Um verschiedene Zellen oder PV-Module miteinander vergleichen zu können, wurden zur Bestimmung der elektrischen Daten einheitliche Bedingungen festgelegt, bei denen die Solarzellenkennlinien ermittelt werden. Diese sogenannten Standard – Test – Bedingungen (STC, engl. standard- test – condition) beziehen sich nach der Norm DIN EN 60904 bzw. IEC 60904 auf:

1. Eine senkrechte Einstrahlung E von 1.000 W/m^2
2. Eine Zelltemperatur T von 25°C mit einer Toleranz von $\pm 2^\circ\text{C}$
3. Und einer definiertes Lichtspektrum (Spektralverteilung der solaren Referenzbestrahlung nach IEC 60904-3) mit einem AirMass von $AM=1,5$

Quelle: www.dgs-berlin.de



Sonnenspektrum AM 0 im Weltall und AM 1,5 auf der Erde bei einer Sonnenhöhe von $41,8^\circ$

PHOTOVOLTAIK

WIRKUNGSGRAD von Photovoltaik Module

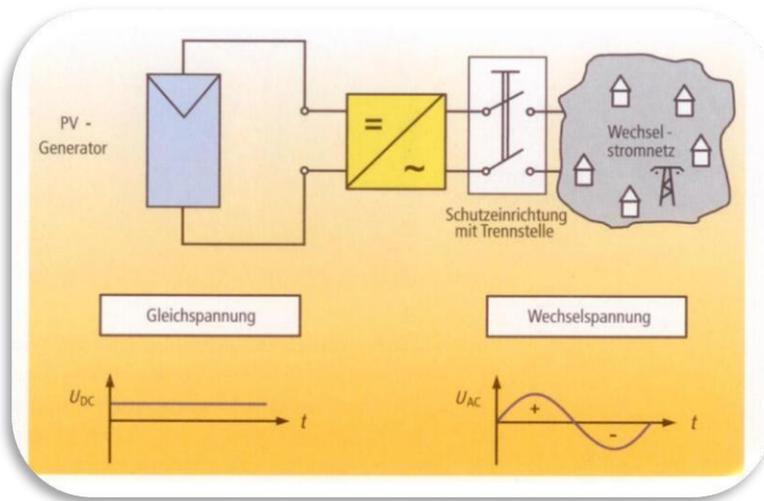
Der Wirkungsgrad von Solarzellen ergibt sich aus dem Verhältnis der durch die Solarzelle abgegebenen Leistung und durch die Sonne eingestrahelten Leistung. Somit berechnet er sich aus der **Nennleistung (P_{mpp})**, der **solaren Einstrahlung E** und der **Fläche A** der Solarzelle wie folgt.

$$\text{Wirkungsgrad} = P_{mpp} / A \times E$$

Für **Syntax 240P6-30** ist der Wirkungsgrad $240 / (1,640 \times 0,992) \times 1000 = \mathbf{14,75}$

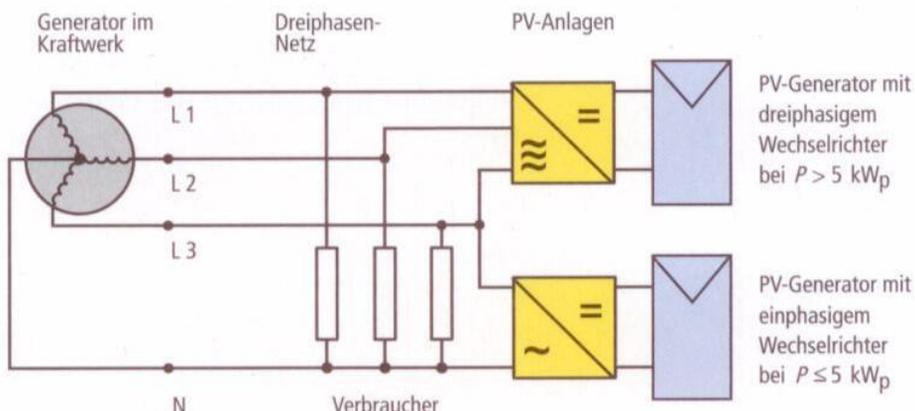
% WECHSELRICHTER

Quelle: www.dgs-berlin.de



Der Solarwechselrichter ist das Bindeglied zwischen PV-Generator und Wechselstromnetz bzw. Wechselstromverbraucher. Seine Grundlegende Aufgabe ist es, den vom PV-Generator erzeugten solaren Gleichstrom (englisch: DC- direct current) in Wechselstrom (englisch: AC - alternating current) umzuformen. Dabei muss die Einspeisung an die Frequenz und Höhe der Spannung des Stromnetzes angepasst werden.

Quelle: www.dgs-berlin.de

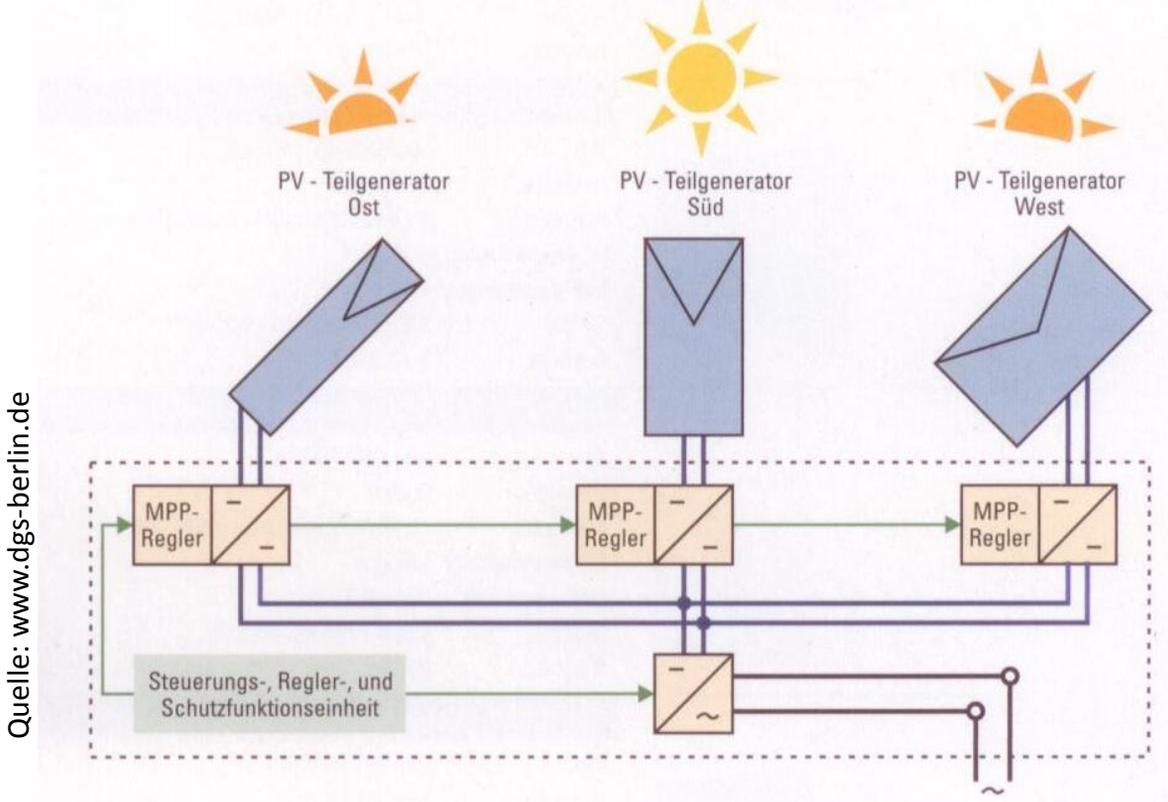


Prinzip der Netzkopplung von PV- Anlagen mit ein und dreiphasigem Wechselrichter

PHOTOVOLTAIK

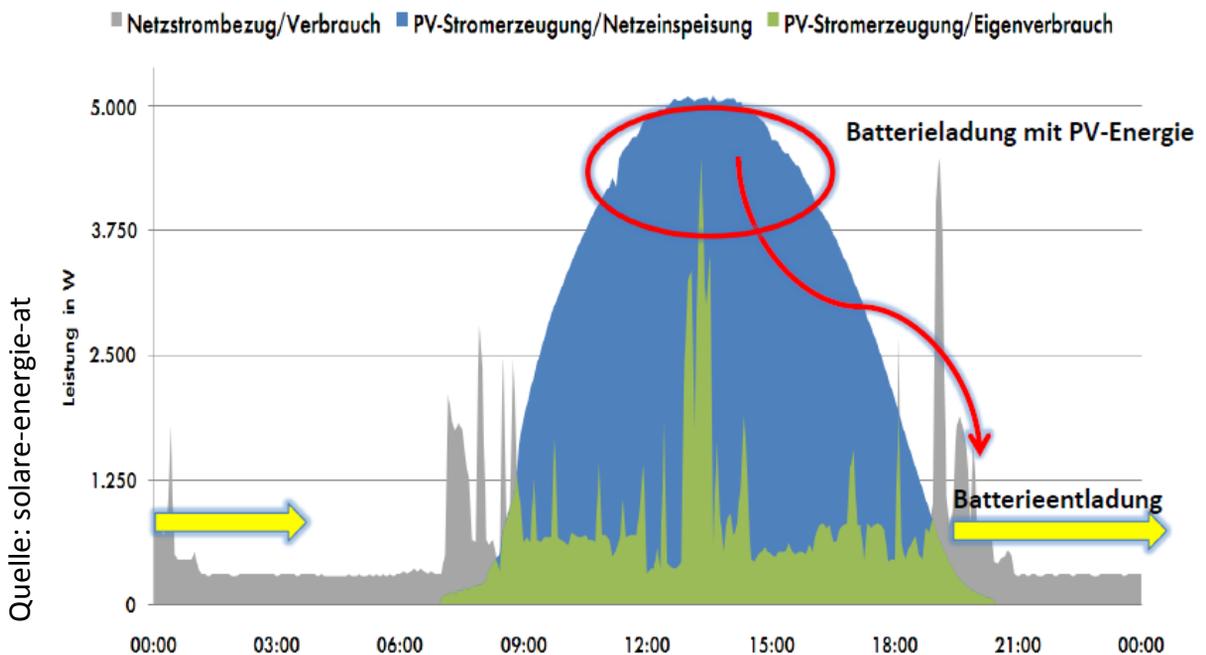
WECHSELRICHTER mit mehreren „MPP“ Reglern

Multistring – Konzept (MPP = maximum power point)

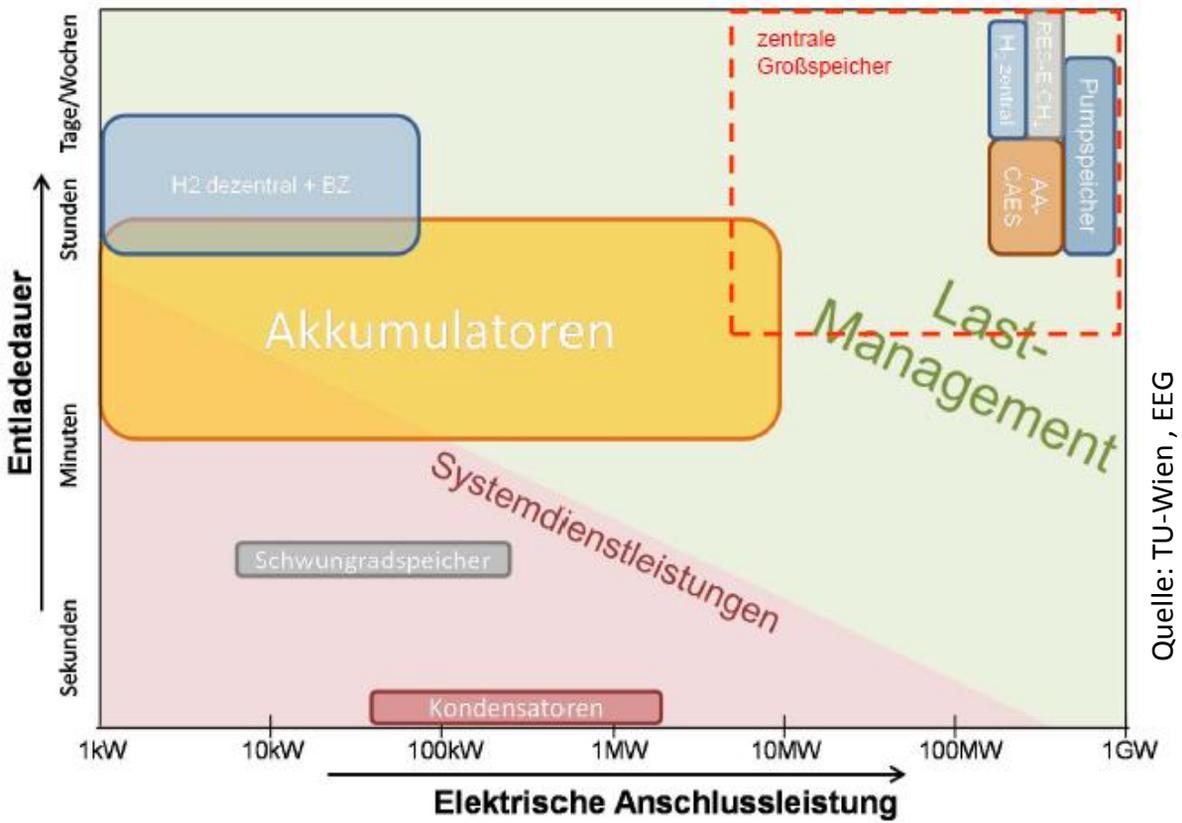


SPEICHERUNG – Damit nutzt man die Sonne auch nachts !

Mit Batterieladung speichert man den am Tag produzierten Strom aus der PV-Anlage. Der Überschuss kann dann einfach abgerufen werden.

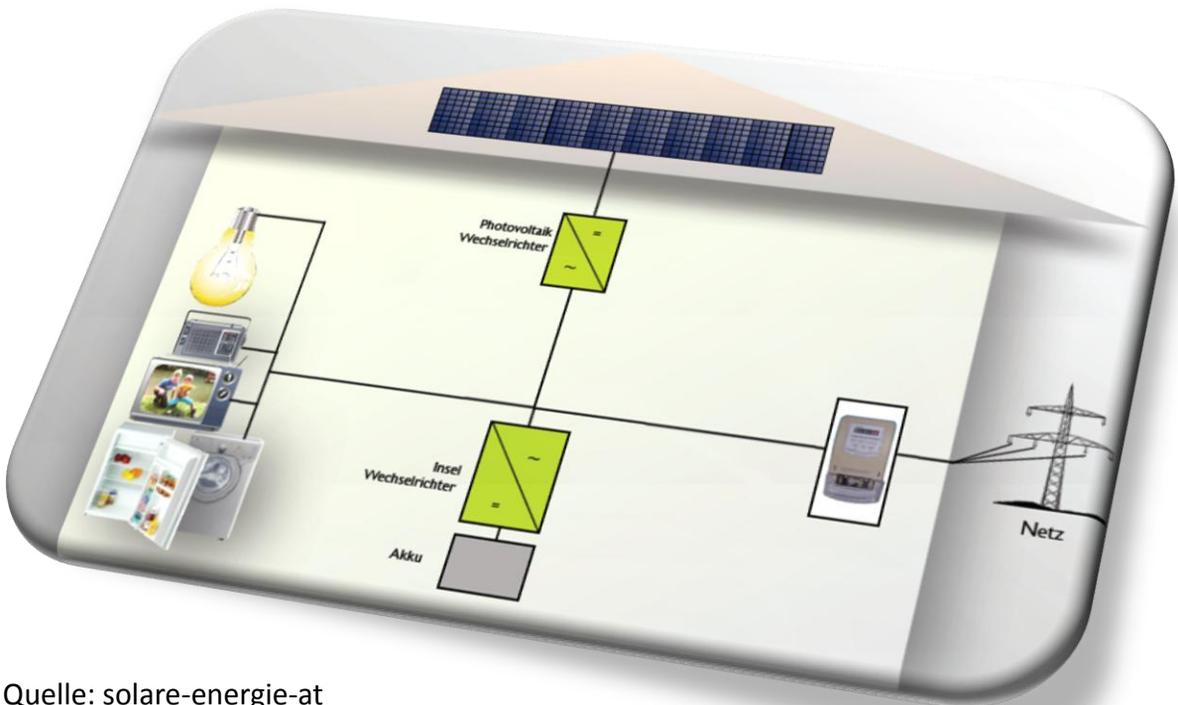


PHOTOVOLTAIK EINSATZBEREICHE und TECHNOLOGIEN



Quelle: TU-Wien, EEG

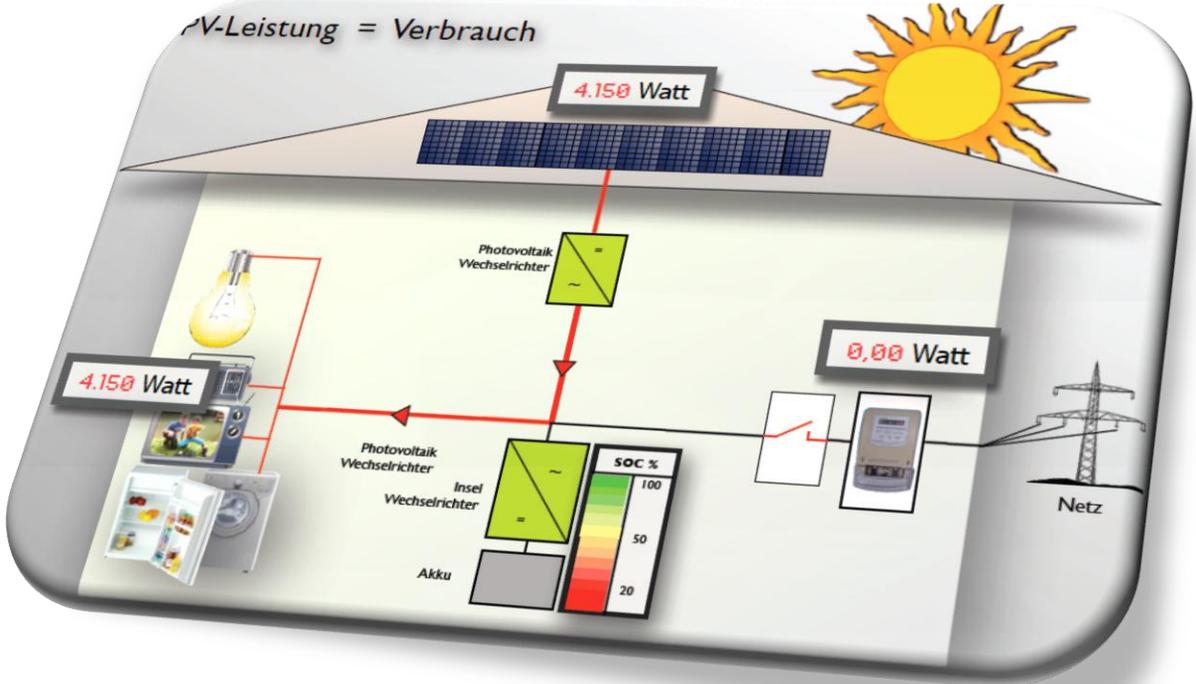
SYSTEMFUNKTION SCHEMATISCH



Quelle: solare-energie-at

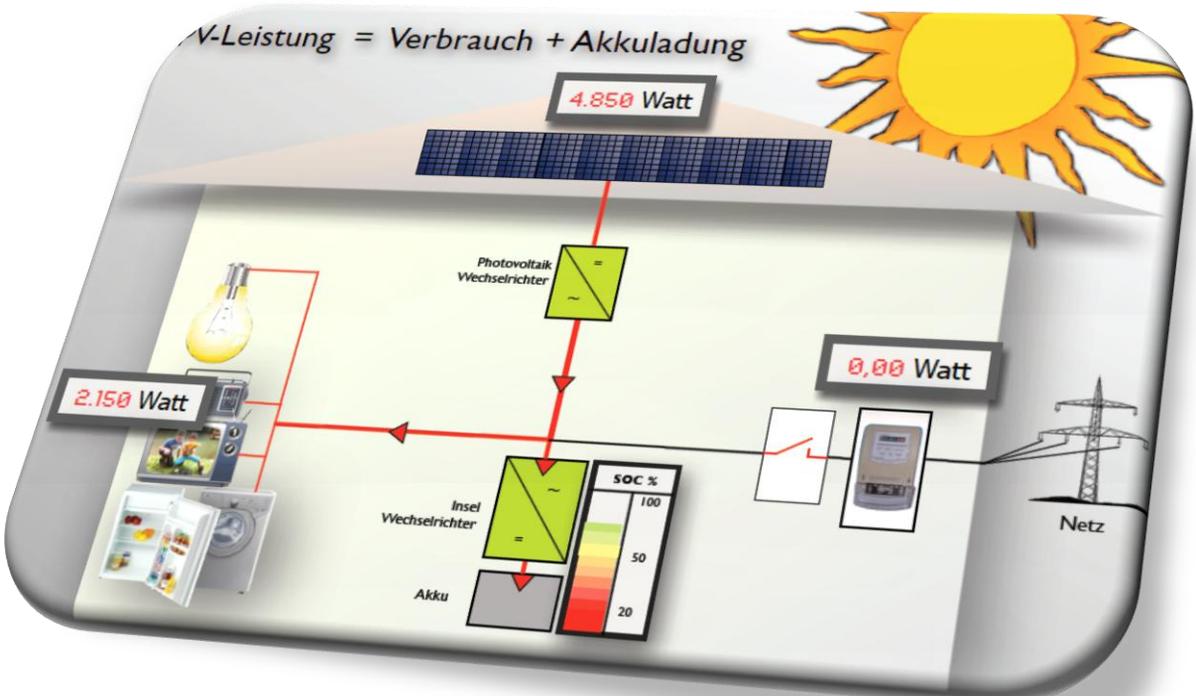
PHOTOVOLTAIK

PV- ENERGIEGEWINN ist der ENERGIEVERBRAUCH



Quelle: solare-energie-at

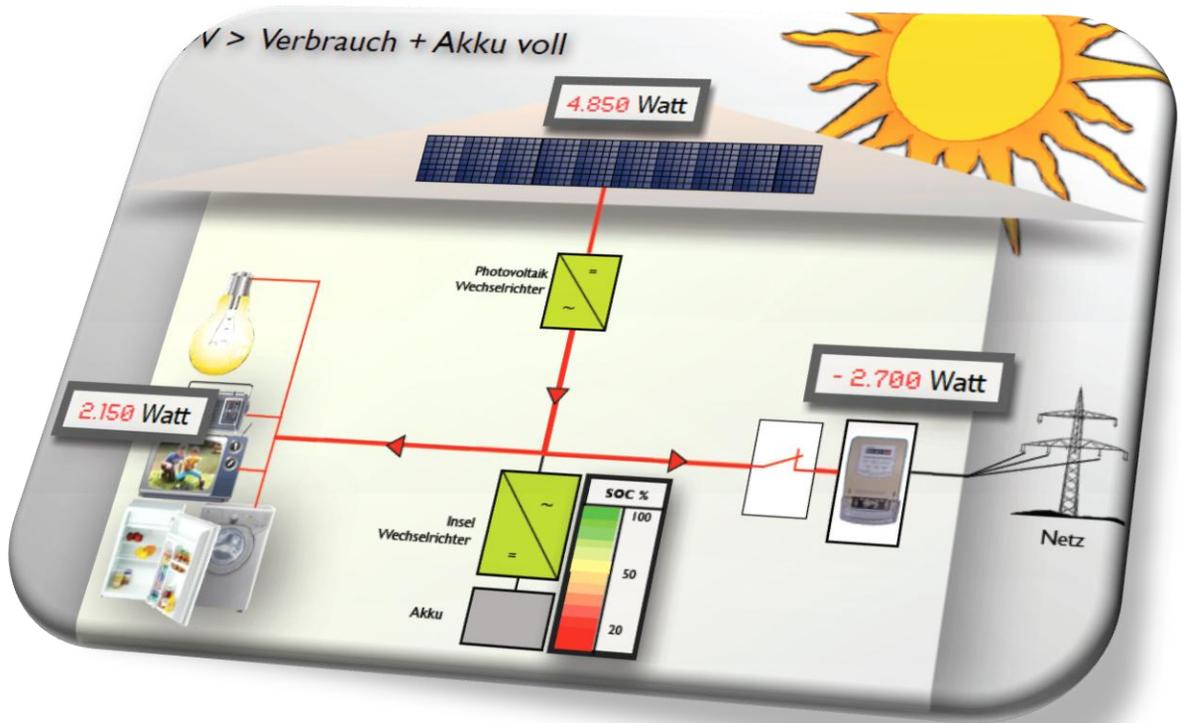
PV- ENERGIEGEWINN ist höher als der Verbrauch. Der Überschuss wird in den Akku gepuffert.



Quelle: solare-energie-at

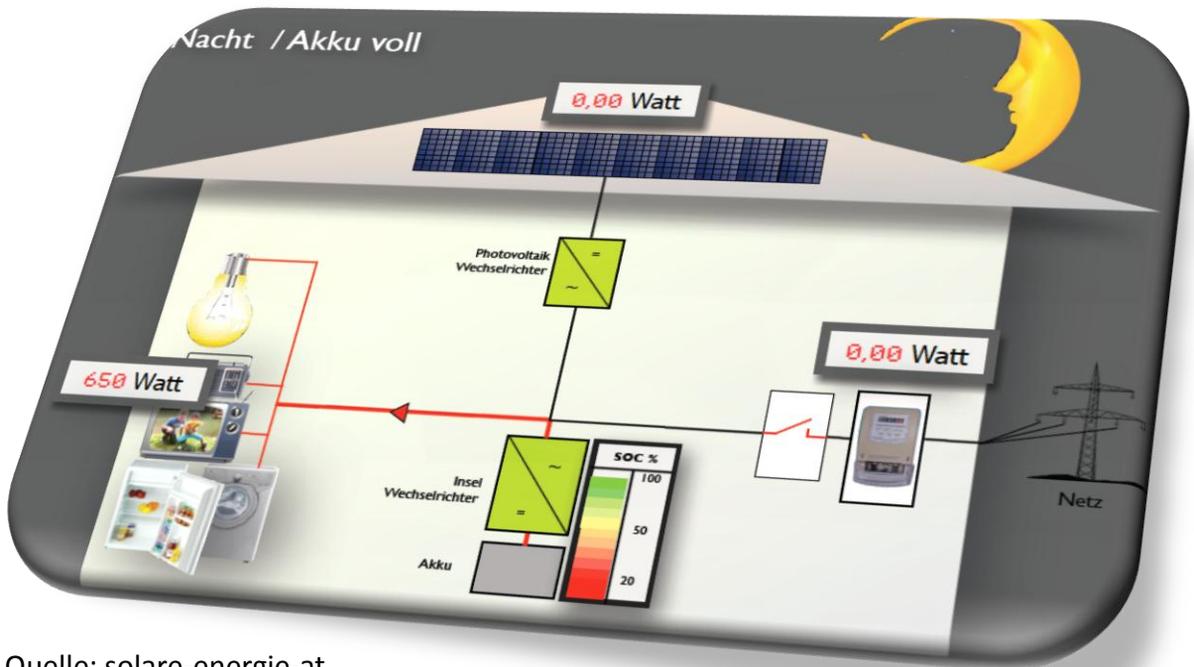
PHOTOVOLTAIK

PV- ENERGIEGEWINN ist höher als der Verbrauch. Der Akku ist voll geladen. Überschusseinspeisung in das öffentliche Netz.



Quelle: solare-energie-at

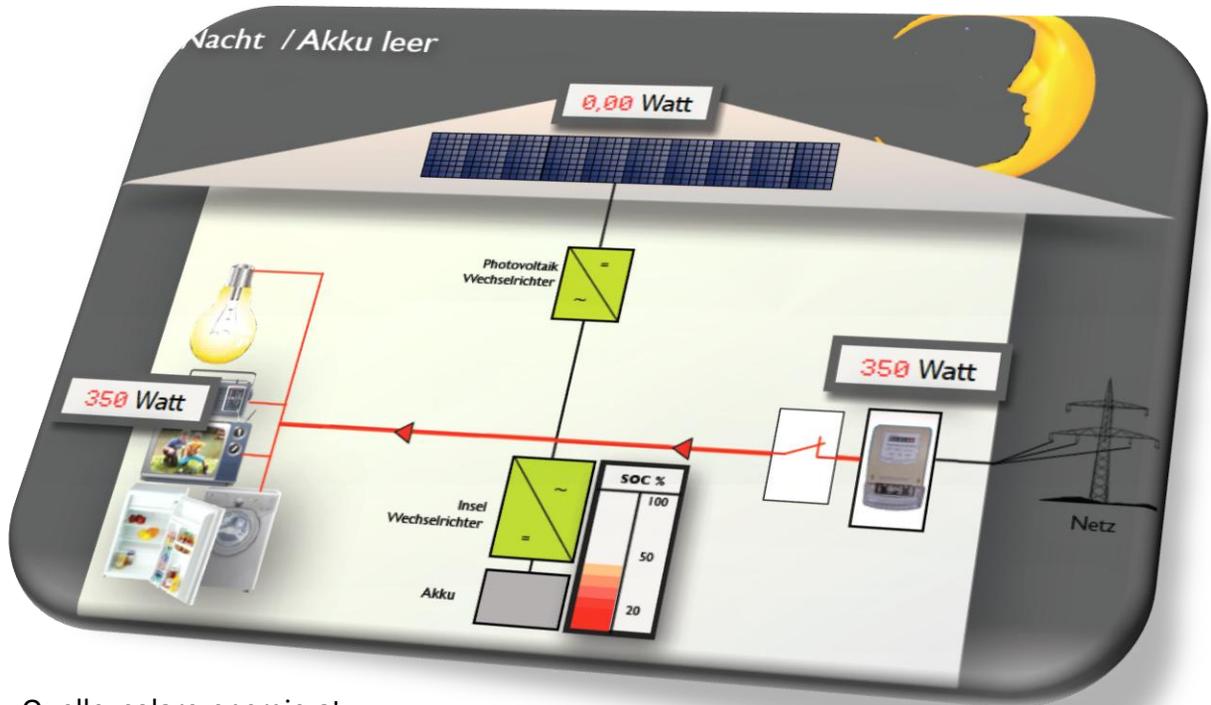
Kein PV- ENERGIEGEWINN. Der Verbrauch wird über den Akku geliefert.



Quelle: solare-energie-at

PHOTOVOLTAIK

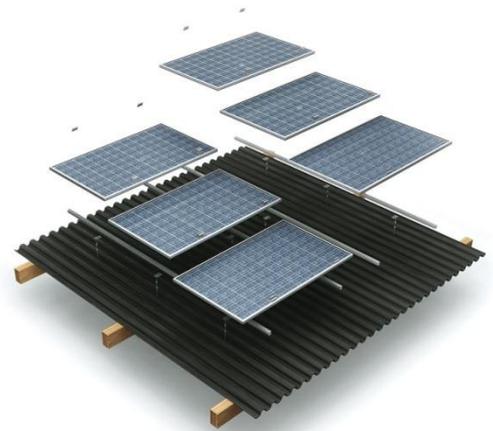
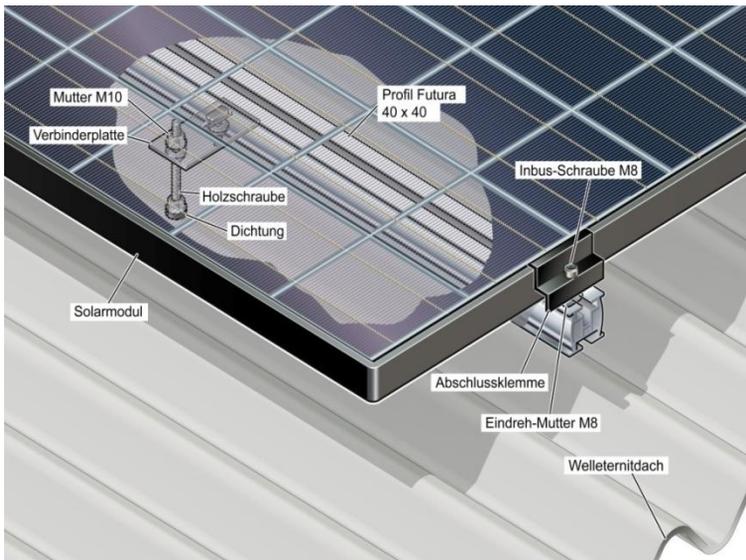
Kein PV- ENERGIEGEWINN und der Akku ist leer. Der Verbrauch wird über das öffentliche Netz abgedeckt.



Quelle: solare-energie-at

PHOTOVOLTAIK

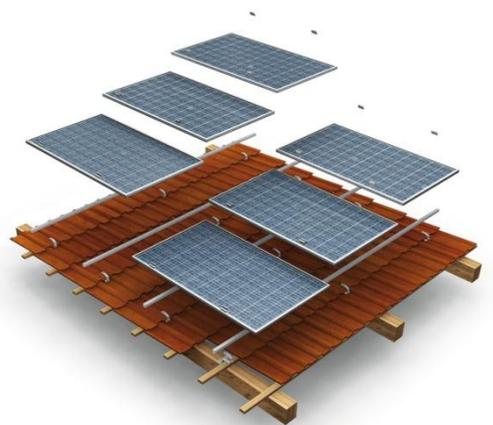
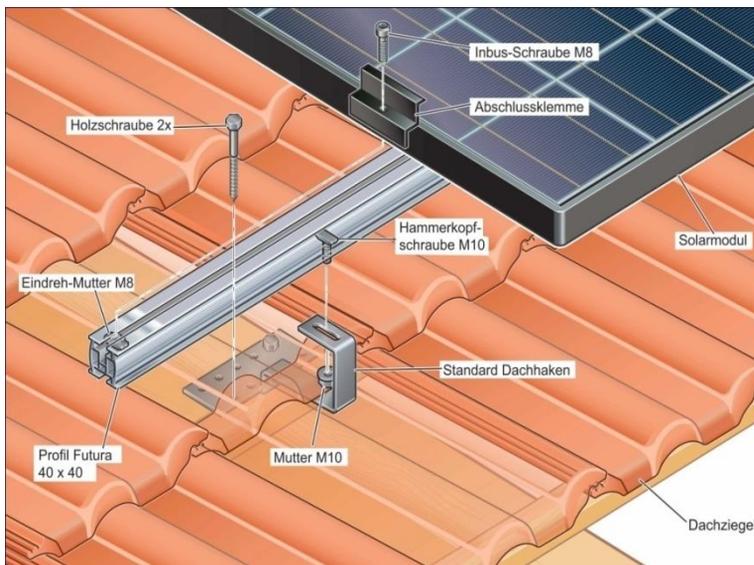
Montagesysteme – Welleternit



Quelle: donauer.eu

Zur Befestigung mit der Dachkonstruktion werden spezielle Stockschrauben und Muttern verwendet. Mit Hilfe von Verbinderplatten ist die Anbringung denkbar leicht. Jedes Querträgerprofil ist durch Hohlräume optimiert und zeigt trotz geringem Gewicht eine enorme Stabilität.

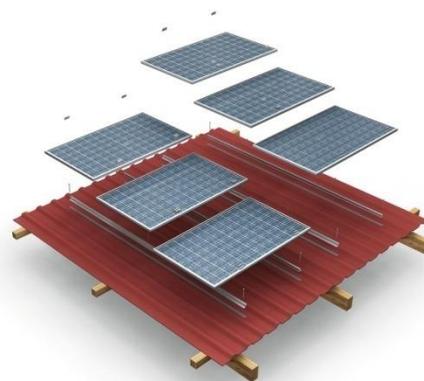
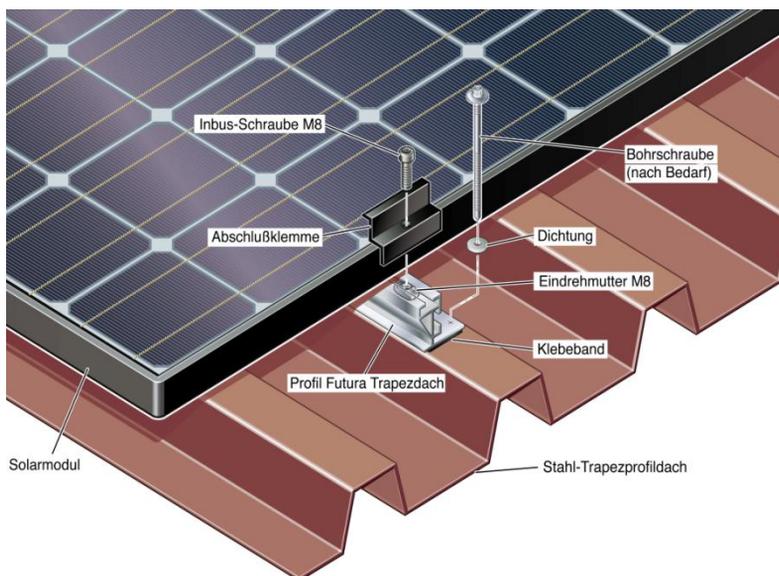
Montagesysteme – Ziegeldach



Quelle: donauer.eu

PHOTOVOLTAIK

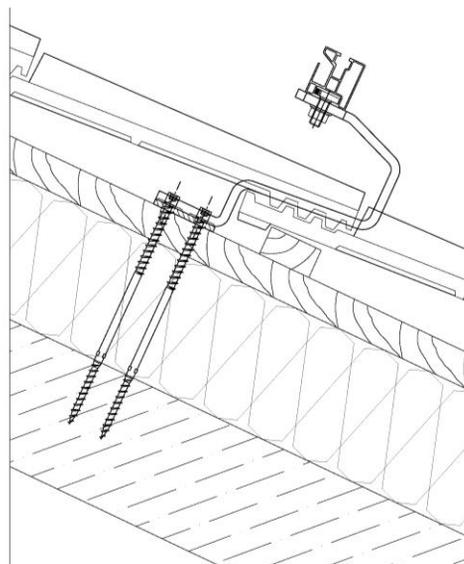
Montagesysteme – Trapezblech



Quelle: donauer.eu

Die intelligente Kombination aus Kleben und Schrauben macht das Trägersystem für das Trapezdach erstaunlich variabel und enorm stabil. Die spezielle Dreiecksform des Profils ermöglicht bereits auf schmalen Hochsicken ab 35 mm Breite die problemlose Montage.

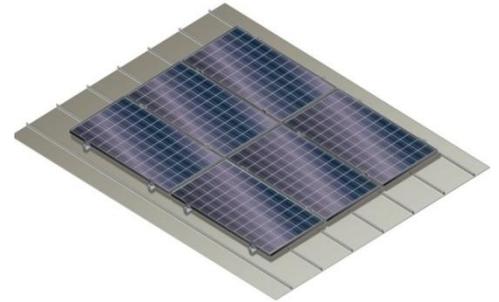
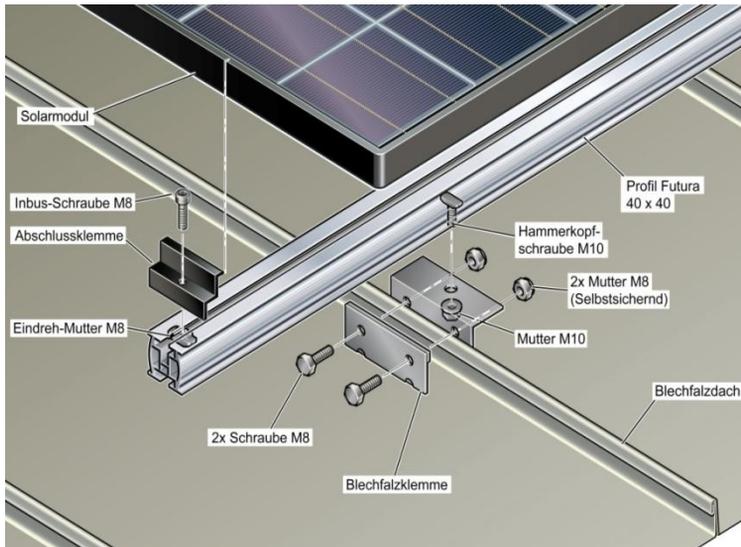
SCHRÄGDACH ZIEGEL



Quelle: donauer.eu

PHOTOVOLTAIK

Montagesysteme – Blechfalz



Quelle: donauer.eu

Je nach Dachvariante werden die Blechfalz-oder Kalzipklemmen mit selbstsichernden Muttern einfach an den Stehfalzen befestigt. Die punktuelle Belastbarkeit der Dachkonstruktion entscheidet dabei, wieviele der entsprechenden Klammern für eine sicher Montage erforderlich sind.

PV-Anlagen auf dem Flachdach oder im Freiland

Quelle: baumgartner-energy.at



Die stabilen Montagesysteme sind auch für Flachdächer die optimale Wahl. Jede Variante ist ebenso bei Dächern mit als ohne Kiesschüttung einsetzbar. Die statisch geprüften Lösungen haben seit vielen Jahren ihre Standfestigkeit bei Belastungen durch Wind und Schnee unter Beweis gestellt. Ob klassische Dreieckstütze oder optionale Halbrundstütze- die Gestelle werden zuverlässig gegen ein Abheben gesichert, ohne dabei die Dachhaut zu beschädigen.

PHOTOVOLTAIK

Einspeisemanagement mit Solar-Log von Syntaxenergy

Die neue Soft- und Hardwareprodukte von z.B. Solar-Log decken neben der komfortablen Anlagenüberwachung die gesamte Bandbreite der Anforderungen im Bereich Einspeisemanagement ab. Egal ob Sie eine PV-Anlage mit 3,8 kW errichten wollen oder ob Sie eine 120 kW Anlage nachrüsten wollen- Solar Log bietet die Lösung.



Quelle: solar-log.de

Alles im Blick, zu jeder Zeit und von jedem Ort der Welt

Bis zu 10 beliebige PV Anlagen die per Solar-Log überwacht werden, lassen sich über die APP visualisieren. Tagesaktuelle und historische Ertragsdaten können Tages-, Monats-, Jahres und Gesamtübersichten anzeigen. Auch die CO2 Einsparung lässt sich darstellen.



Quelle: solar-log.de

PHOTOVOLTAIK GUTE BEISPIELE ÜBERZEUGEN NEUE MÖGLICHKEITEN BEGEISTERN



Foto: Lamm

