



## RES-SKILL

Umschulung von Beschäftigten der  
Kohleindustrie für den Sektor der  
erneuerbaren Energien  
**RES-SKILL SCHULUNGSMATERIAL**  
**Photovoltaik (PV) Installateur**

Kurs 1.1 Grundlagen der Solarenergie und Photovoltaiksysteme

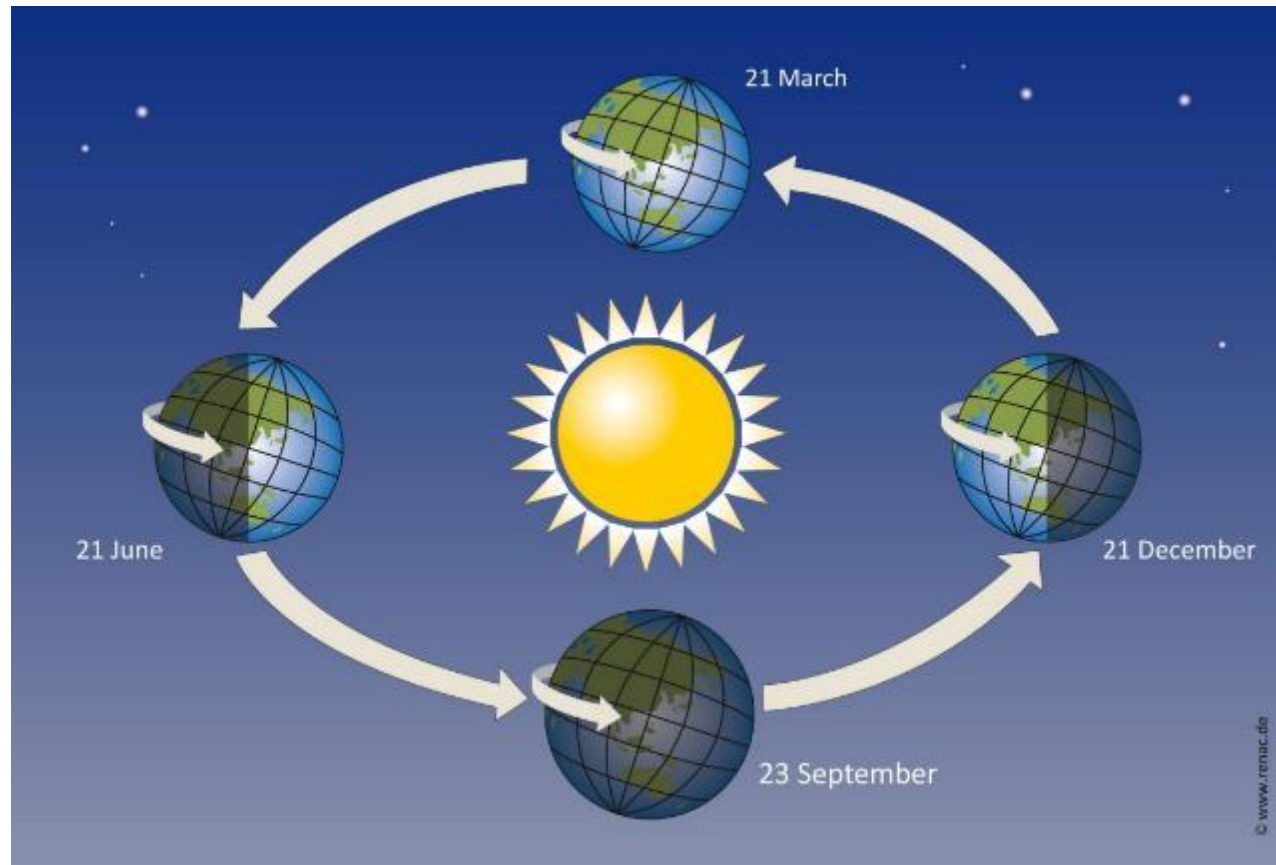
Kurs 1.2 Planung von Photovoltaikanlagen und Standortbestimmung

Kurs 1.3 Installation der baulichen und mechanischen Komponenten der PV-Anlage

## Kurs 1.1 Grundlagen der Solarenergie und PV-Systeme

# Variation der Sonneneinstrahlung

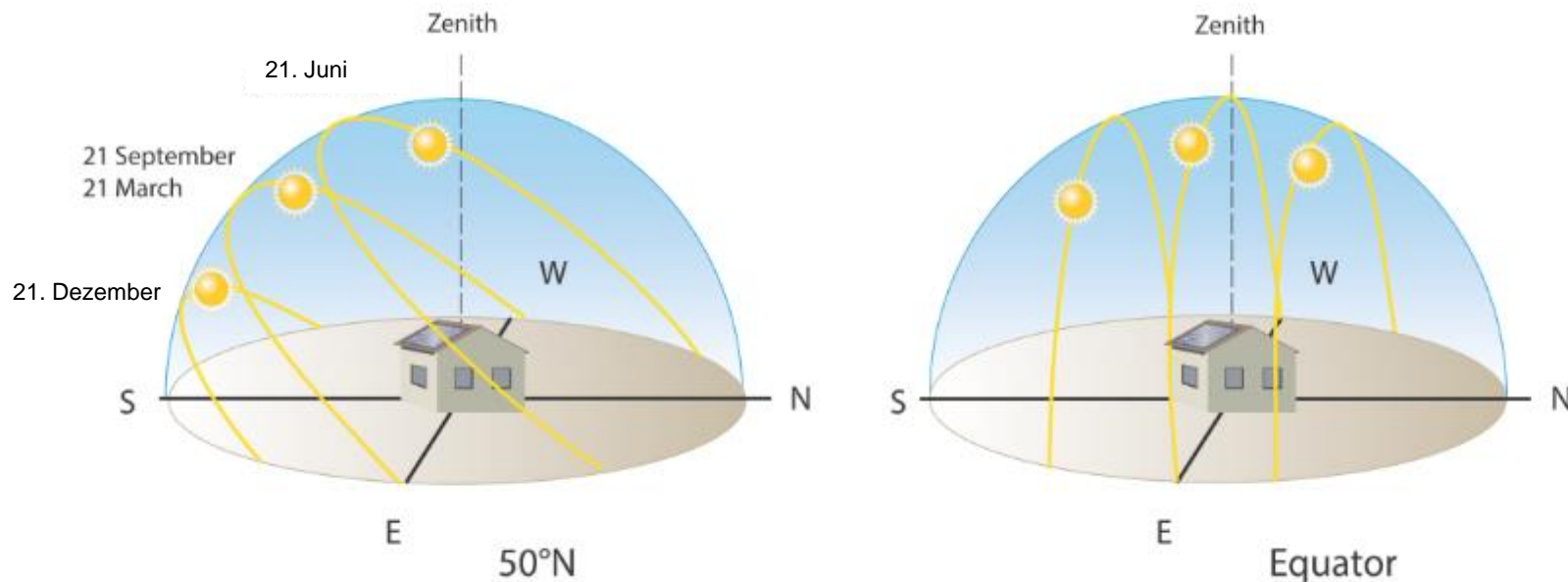
- Die Leistungsdichte der Sonne, wenn ihre Strahlen die Erdatmosphäre erreichen, wird als Sonnenkonstante bezeichnet und beträgt  $1366 \pm 7 \text{ W/m}^2$



Grafik: RENAC

# Die Sonnenbahn variiert im Laufe eines Jahres

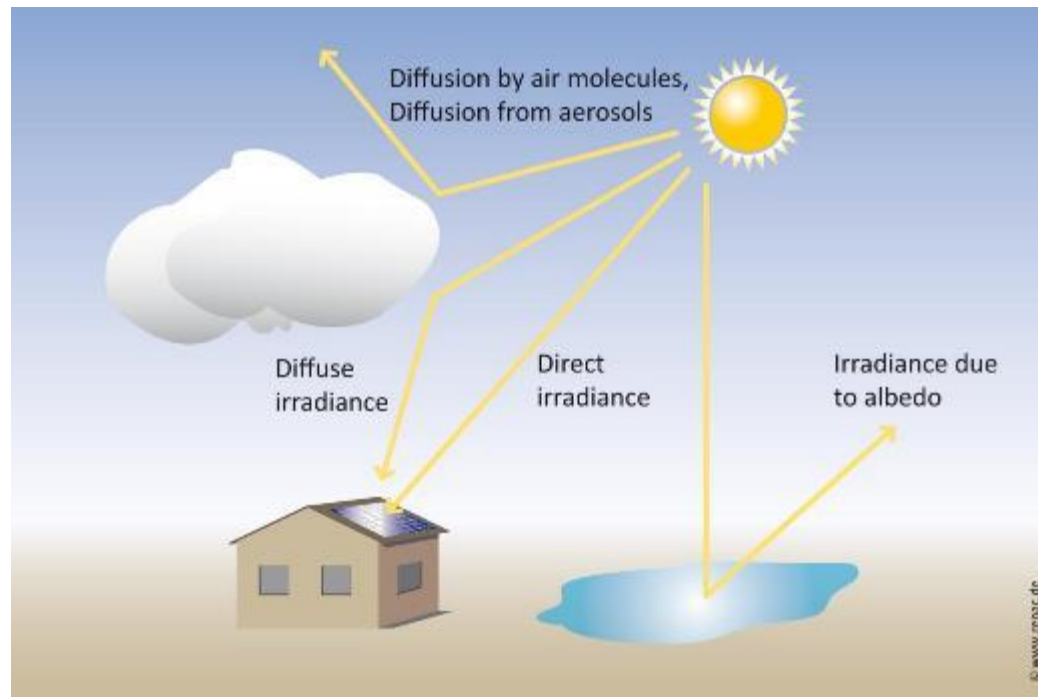
- Faustformel:  
Neigungswinkel gegen die Horizontale = Breitengrad des Standorts des PV-Generators, wobei der optimale Winkel je nach Standort unterschiedlich sein kann!
- **Achtung!** PV-Module sollten einen Mindestneigungswinkel von 10-15°



Grafik: RENAC, nur indikativ

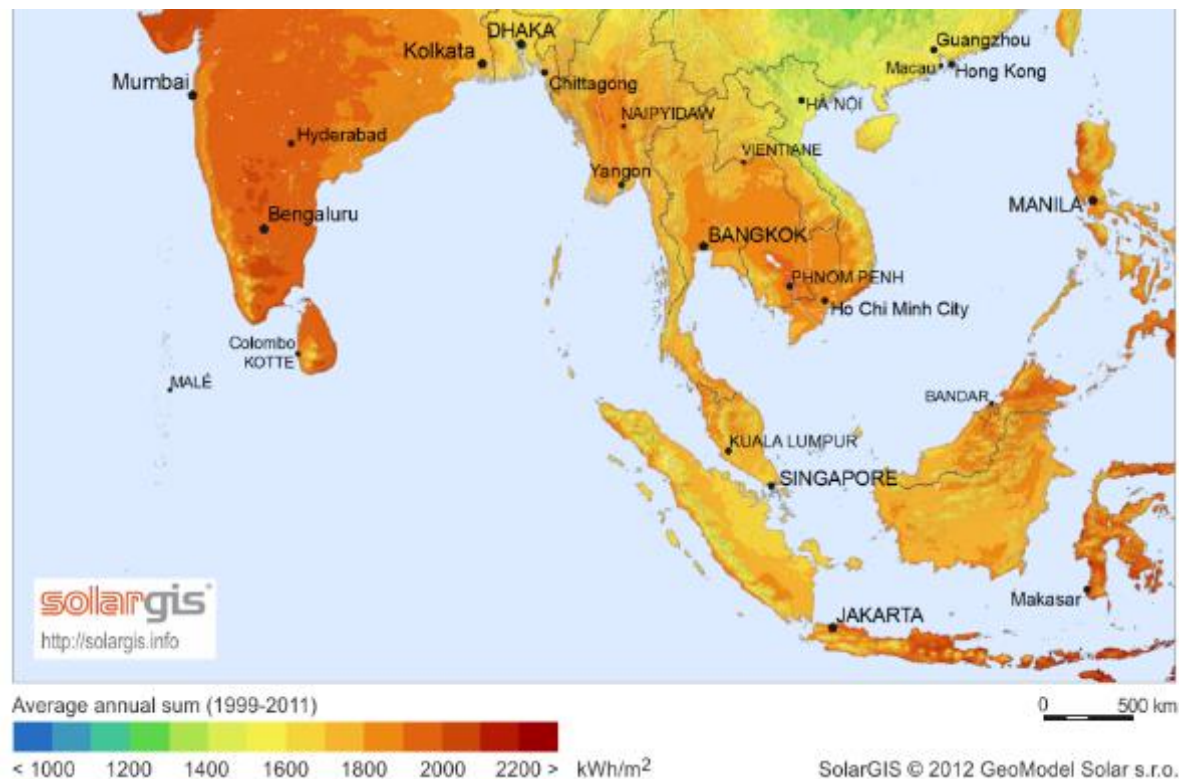
# Drei-Komponenten-Strahlungsmodell

- Die Globalstrahlung setzt sich zusammen aus
  - direkte Strahlung (direkt von der Sonne kommend, Schattenwurf)
  - diffuse Strahlung (gestreut, ohne klare Richtung), und,
  - reflektierte Strahlung (Albedo).



# Farbcodierte Karten

- Farbkodierte Karten zeigen, wie die Strahlung in einem bestimmten Gebiet verteilt ist
- Die Daten werden in der Regel als jährliche durchschnittliche globale Summe in kWh/m<sup>2</sup> angegeben.

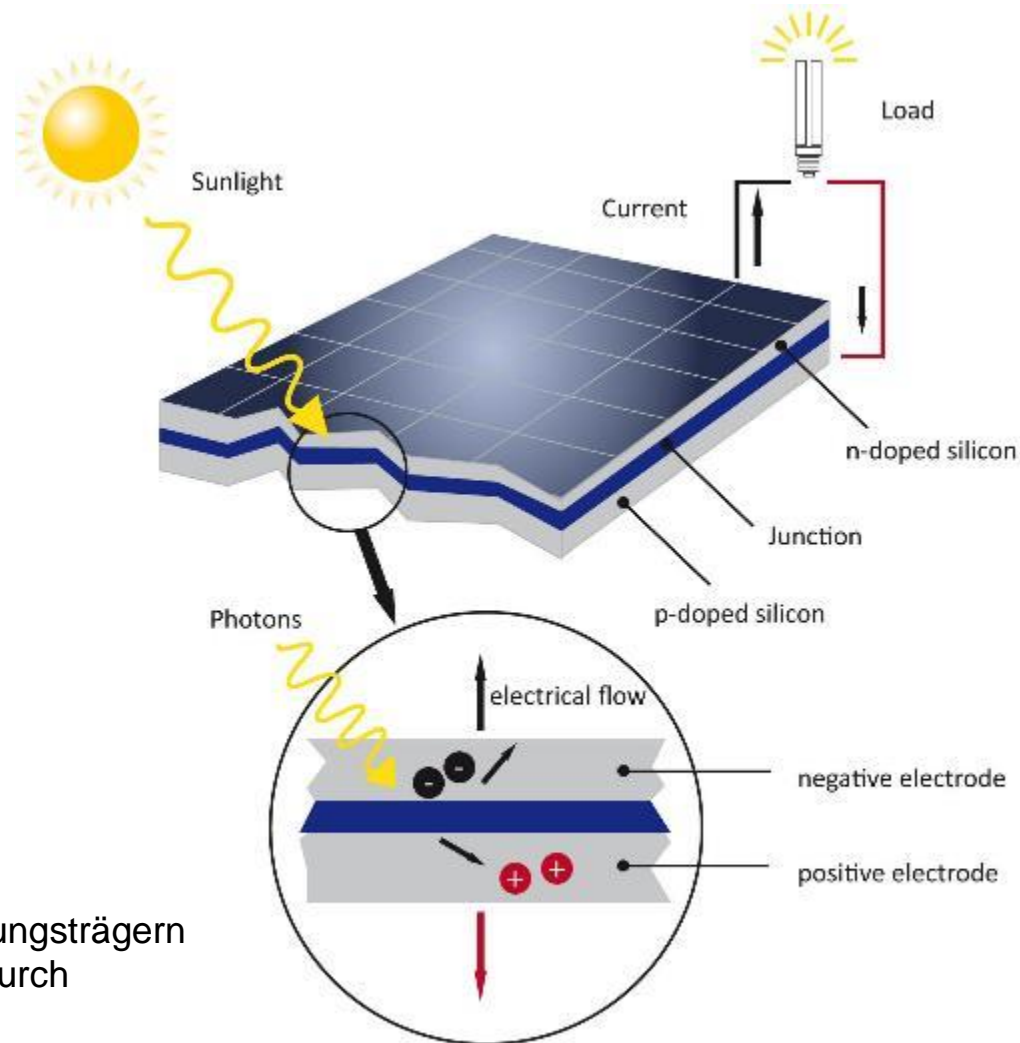


## Kurs 1.2 Planung von Photovoltaikanlagen und Standortbestimmung



# Wie funktioniert die Photovoltaik?

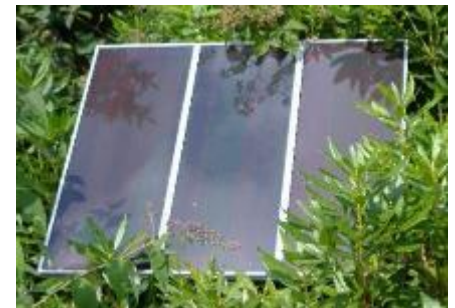
## Der photovoltaische Effekt



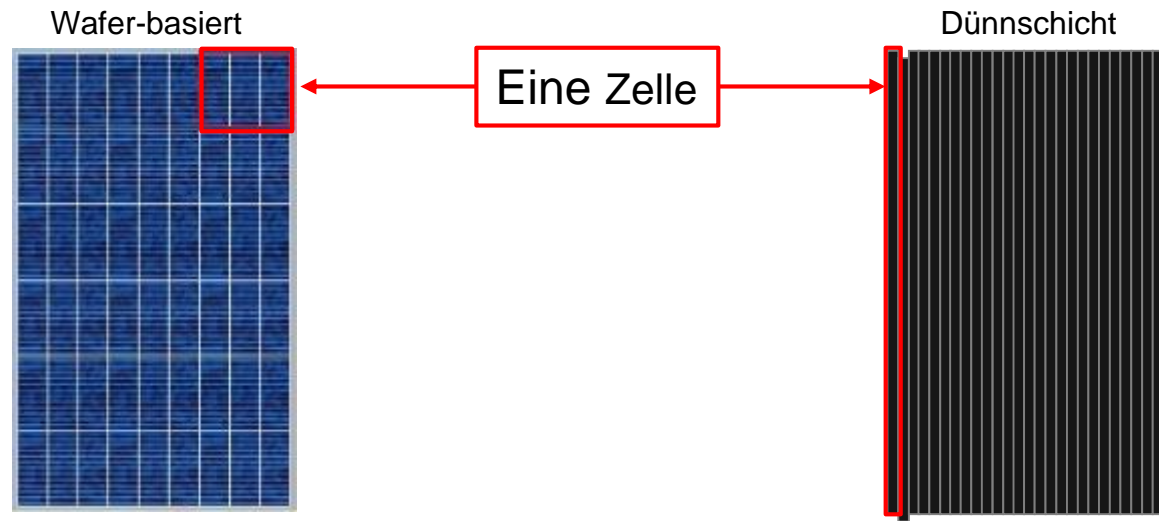
Trennung von Ladungsträgern  
am pn-Übergang durch  
Lichtbestrahlung

## Die wichtigsten Komponenten einer PV-Anlage

- Monokristallines Silizium
- Polykristallines / multikristallines Silizium (multi c-Si)
- Amorphes Silizium (a-Si ) und mikrokristallines Silizium ( $\mu$ c-Si)
- Kadmiumtellurid (CdTe)
- Kupfer-Indium-Sulfid (CIS)

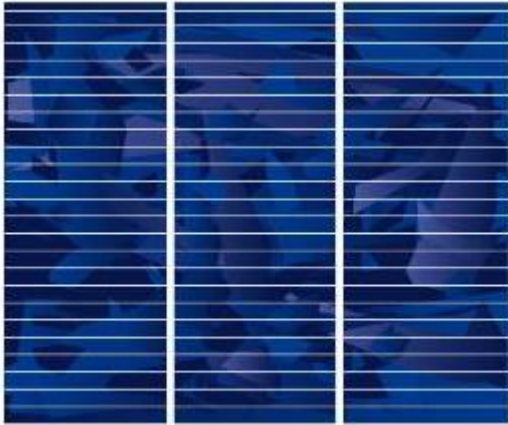


# Die Solarzelle macht den Unterschied

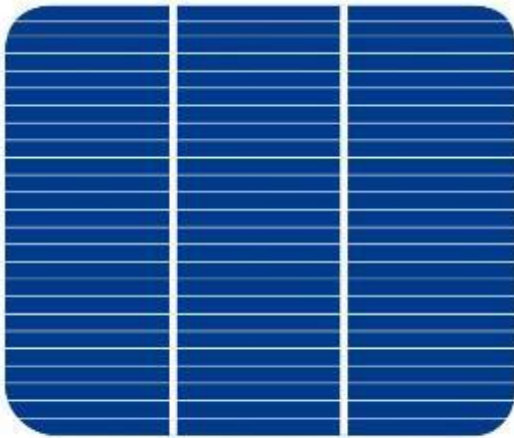


- Siliziumwafer werden zu Solarzellen verarbeitet, die dann in Reihe geschaltet werden
- Aktuelle Modulwirkungsgrade: 14-21%
- Abscheidungen auf großflächigen Substraten und "monolithische Serienintegration" der Zellen (in der Regel durch Laserung)
- Aktueller Modulwirkungsgrad 8-16%

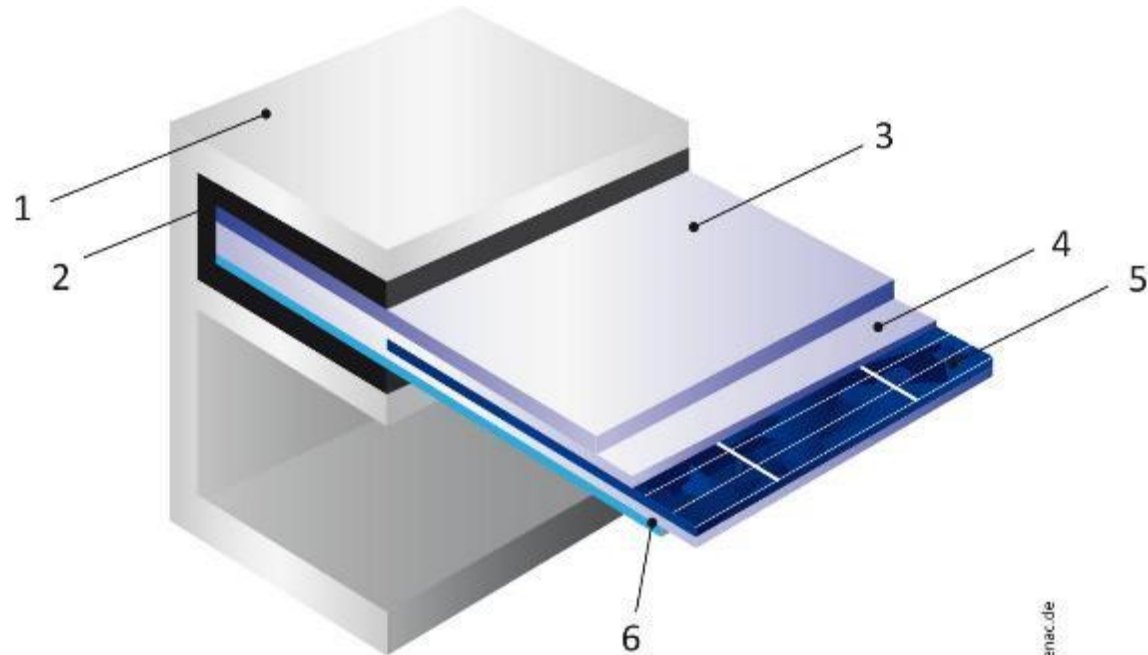
Je geringer der Wirkungsgrad, desto mehr Platz wird benötigt, um die gleiche Energiemenge unter den gleichen Bedingungen zu erzeugen!!!



polycrystalline silicon cell



monocrystalline silicon cell



1. Rahmen (normalerweise Aluminium)
2. Versiegelung (in der Regel Silikon)
3. Hochtransparentes "Solar"-Glas (normalerweise 3,2 mm)
4. Verkapselung von Zellen (normalerweise EVA)
5. Solarzelle
6. Rückenfolie ("Tedlar")

© www.renac.de

Quelle: RENAC AG

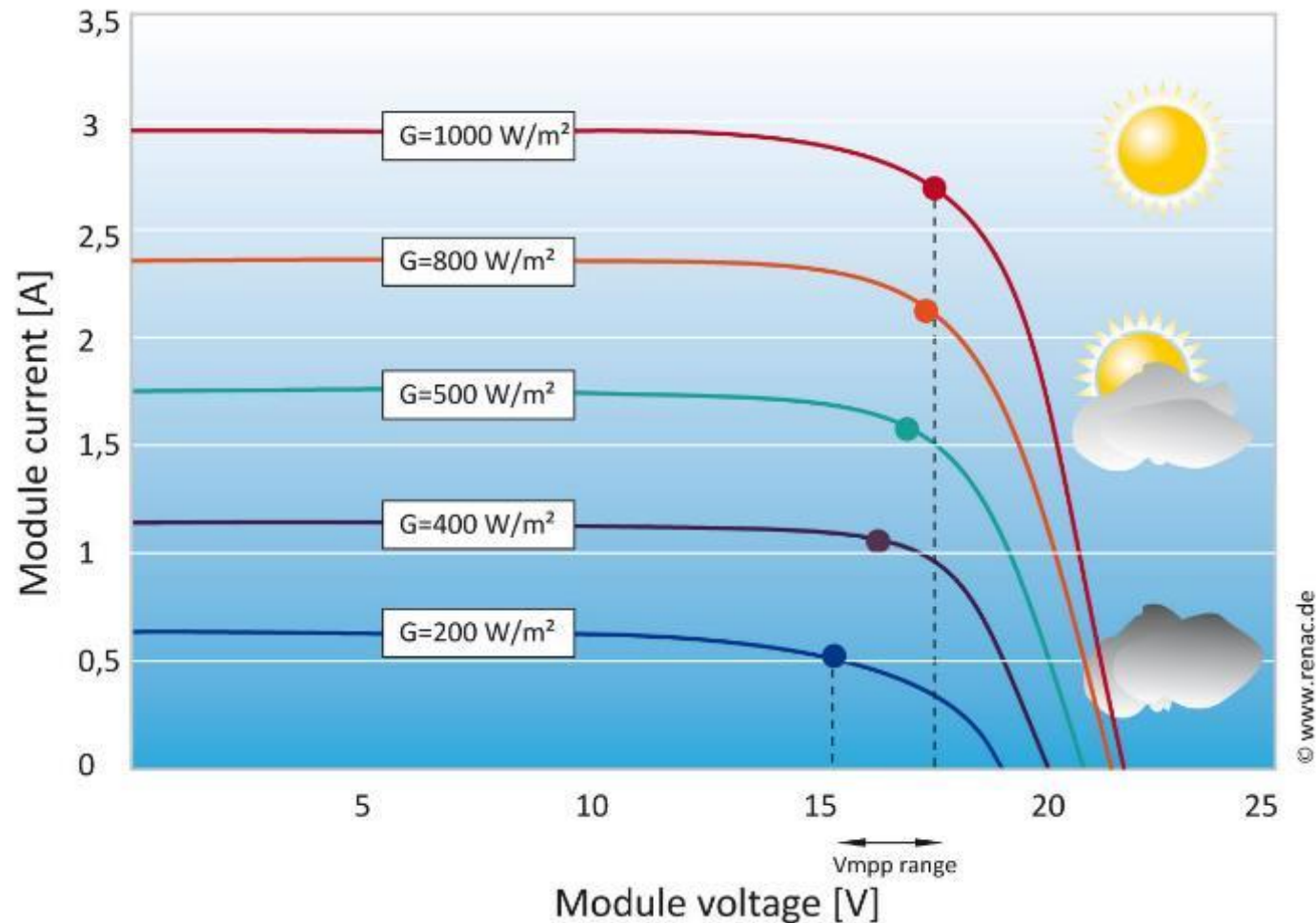
# Leistung eines PV-Moduls

- Die Leistungsabgabe eines PV-Moduls hängt vom Zellmaterial, der Temperatur und der Bestrahlungsstärke ab

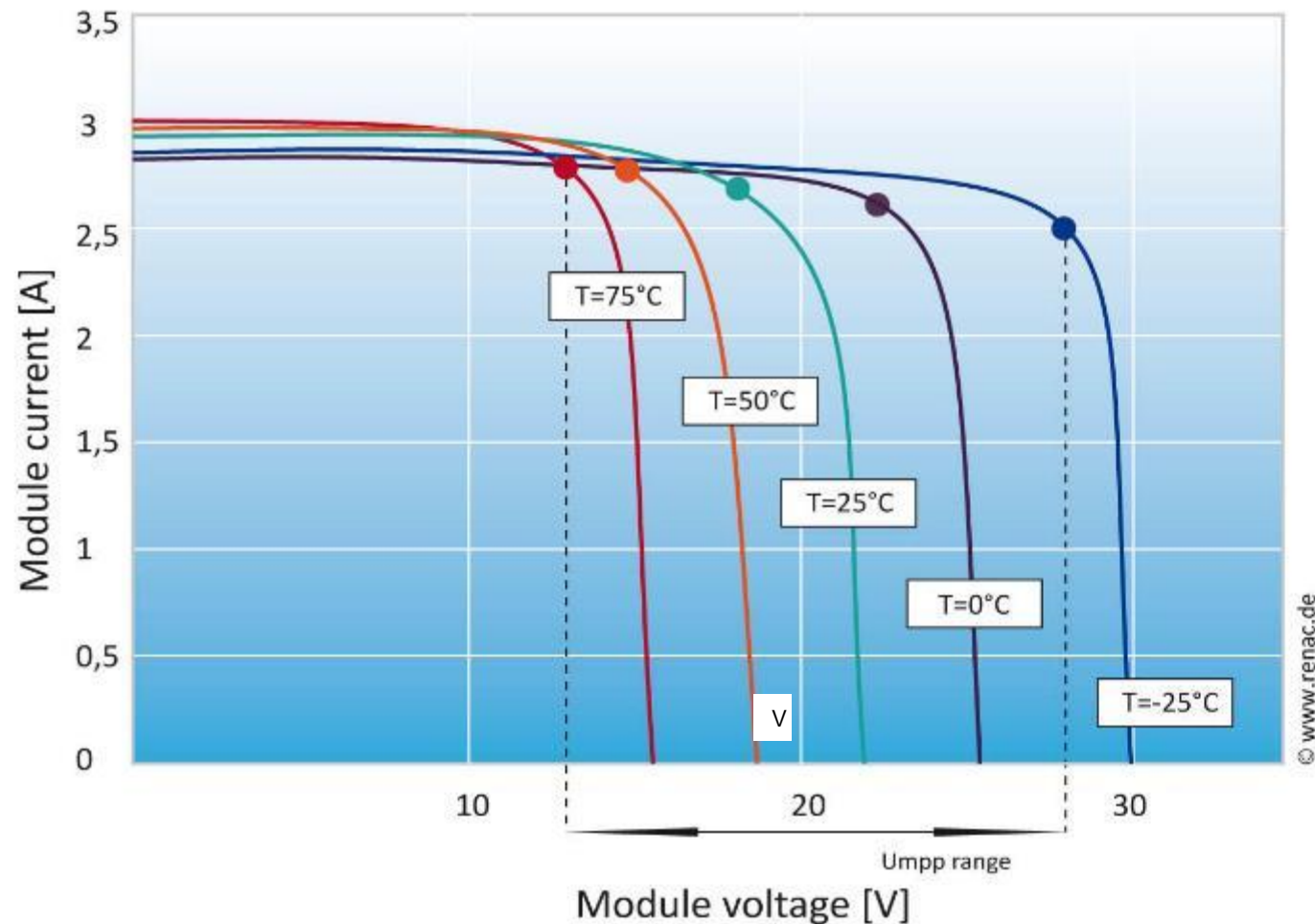
$$\text{Leistung } P \text{ [W]} = \text{Stromstärke } I \text{ [A]} \times \text{Spannung } V \text{ [V]}$$

- Die Nennleistung (Typenschild) wird immer unter den international anerkannten Standardtestbedingungen (STC) gemessen:
  - Temperatur der Zelle: 25 °C
  - Bestrahlungsstärke: 1000 W/m<sup>2</sup>
  - Luftmasse: 1,5 (dimensionslos)

- Der Modulstrom ist proportional zur Bestrahlungsstärke

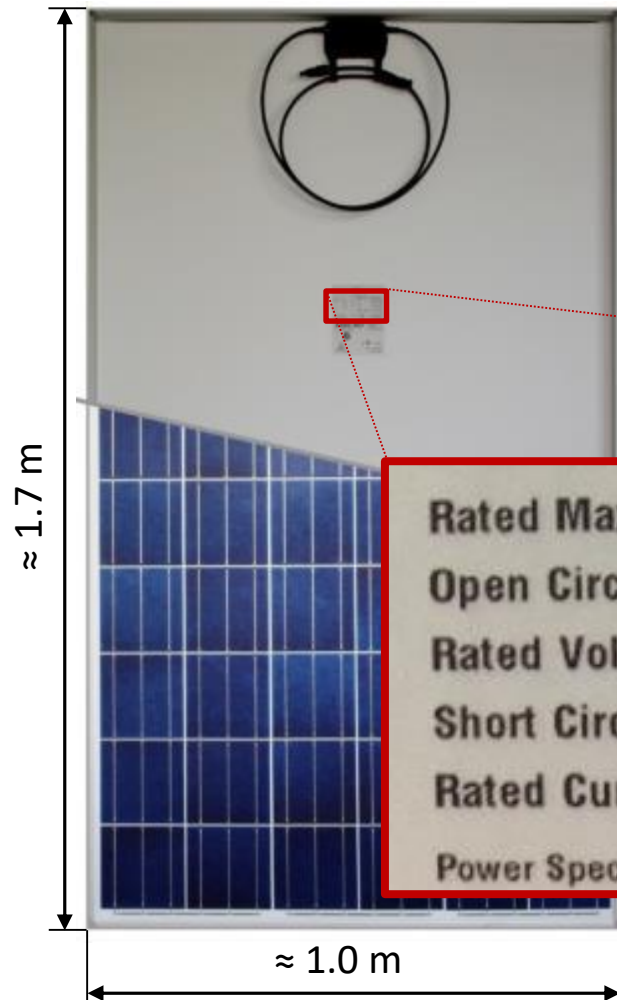


- T ist die Zelltemperatur und nicht die Umgebungstemperatur





# Standard-Testbedingungen (STC)

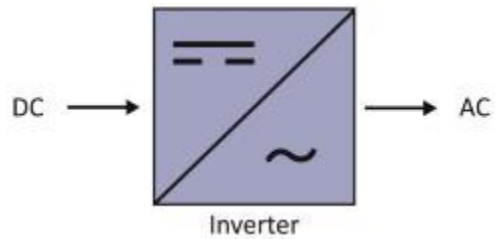


- Die Nennleistung von Solarmodulen wird unter **Standardtestbedingungen (STC)** angegeben:

- 1. Solare Bestrahlungsstärke: 1000 W/m<sup>2</sup>**
- 2. Temperatur der Zelle: 25°C**
- 3. Luftmasse: AM 1.5**

Rated Max. Power	$P_{max}$	[W]	285
Open Circuit Voltage	$V_{oc}$	[V]	39.7
Rated Voltage	$V_{mpp}$	[V]	31.3
Short Circuit Current	$I_{sc}$	[A]	9.84
Rated Current	$I_{mpp}$	[A]	9.20

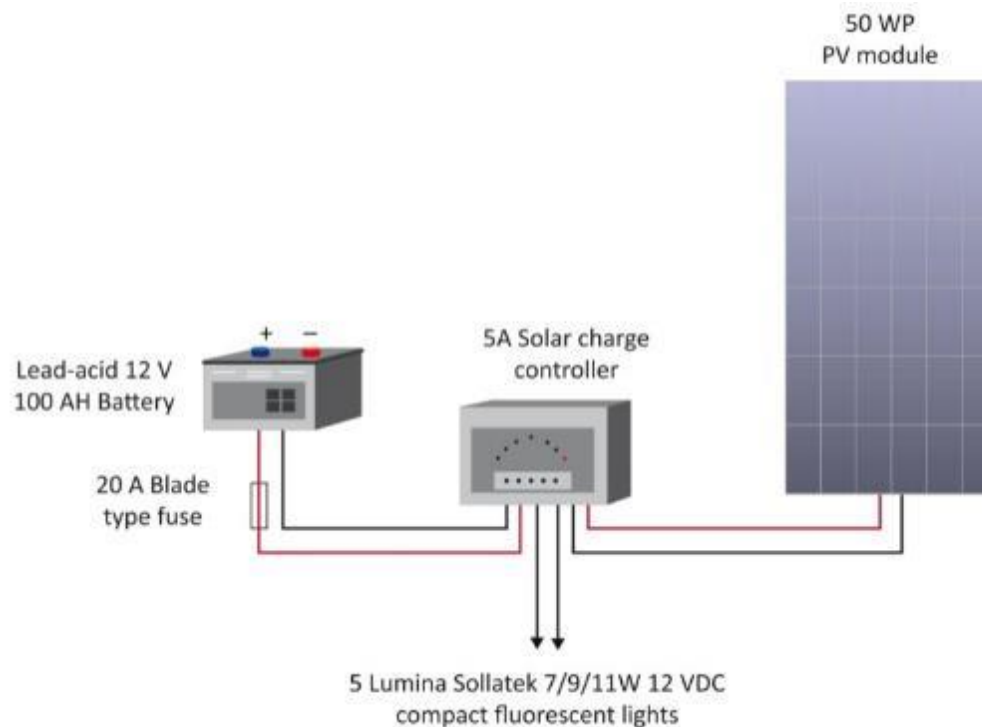
Power Specifications at STC: 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5



# Wechselrichtertypen - allgemeine Kategorien

- Wechselrichter sind unterschiedlich und die Datenblätter geben Auskunft darüber, um welche Art von Wechselrichter es sich handelt.
- Das könnten sie sein:
  - **Batterie-Wechselrichter** (eine Richtung oder 'unidirektional')
  - **Batterie-Wechselrichter mit integriertem Solarladeregler** (unidirektional)
  - **Batterie-Wechselrichter-Ladegeräte für DC-gekoppelte Systeme** (oft "bidirektional" genannt)
  - **Batterie-Wechselrichter-Ladegeräte für AC-gekoppelte Systeme** (auch "bidirektional" genannt und manchmal als "Insel-Wechselrichter" bezeichnet), auch **netzbildende Wechselrichter** genannt
  - **Netzgekoppelte Wechselrichter** (auch "netzgekoppelt", "netzinteraktiv" oder "netzdirekt" genannt), verschiedene Typen

- Es schützt die Batterie vor Überentladung und Überladung
- DC-Lasten werden direkt vom Laderegler abgenommen
- Sie werden automatisch abgeschaltet, sobald die Batteriespannung unter einen bestimmten Wert fällt.



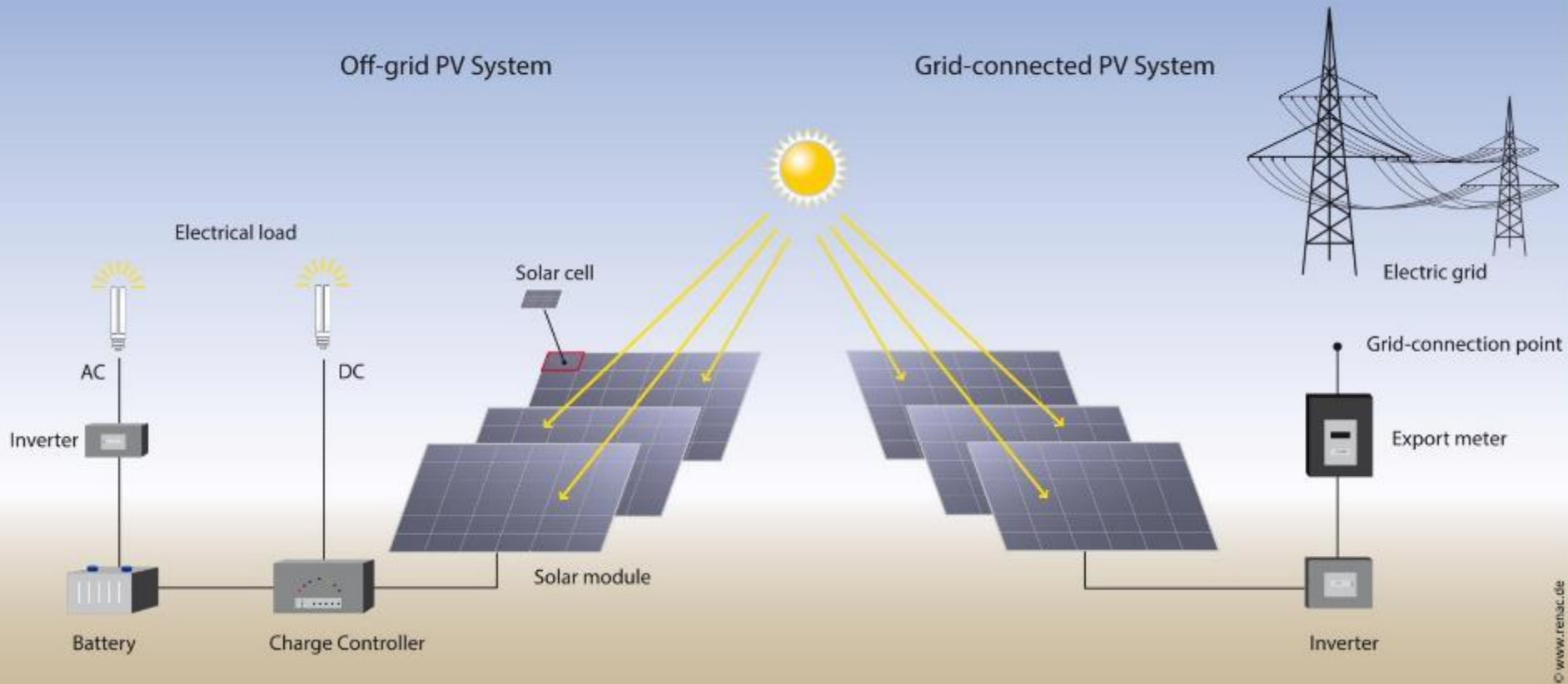
- Blei-Säure-Batterien
- Welche Arten von Batterien sind vor Ort erhältlich?
  - Vor Ort hergestellt?
  - Importiert?
- Autobatterien (SLI) werden **nicht** empfohlen, werden aber in SHS verwendet, wo sie die einzige Option sind.
- Eine maximale Lebensdauer von 2 Jahren ist manchmal möglich, wenn sie richtig bemessen ist, in der Regel jedoch weniger.



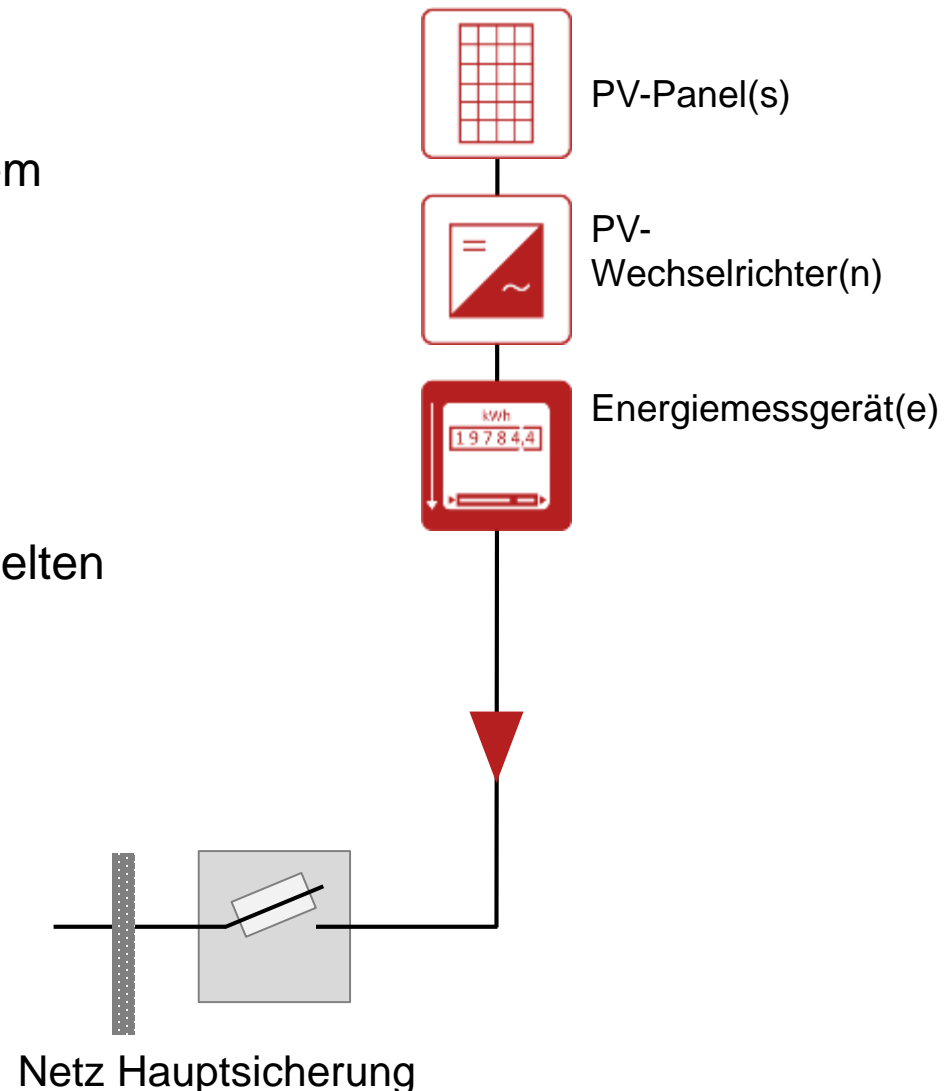
Figure 4.9 Types of battery: Sunset flat plate solar battery (top left); local Kenyan SLI batteries, not generally recommended but often the only option (top right); Hoppecke 2 volt cell, flooded, tubular plates, deep cycle, recommended for larger systems (bottom left); Surrette 6 volt batteries, deep cycle (bottom right)

Von autonomen Solarstromsystemen,  
Hankins, Earthscan Expertenreihe

# Netzunabhängige und netzgekoppelte PV-Systeme



- Tagsüber erzeugte und ins Netz eingespeiste Elektrizität
- Nachts benötigte Elektrizität aus dem Netz importiert
- Vollautomatisch
- Funktioniert nicht, wenn das Netz **ausgeschaltet** ist ...
- Netzgekoppelte Technologie (Wechselrichter) wird in AC-gekoppelten Mini-Netzen eingesetzt





# Netzgekoppelte PV-Systeme auf Hausgrundstücken

- Senkung der Energiekosten des Eigentümers/Unternehmens
- Typischerweise 1 - mehrere kWp
- Besonders geeignet für dicht besiedelte Gebiete
- Nähe zum Stromverbrauch



Quelle: SMA Solar Technology AG



- Senkung der Energiekosten des Eigentümers/Unternehmens
- Bis zu ein paar MWp
- Häufig auf industriellen Flachdächern mit großen Dachflächen zu finden
- Statik des Gebäudes, die zu berücksichtigen ist
- Abdeckung von Lastspitzen ebenfalls möglich

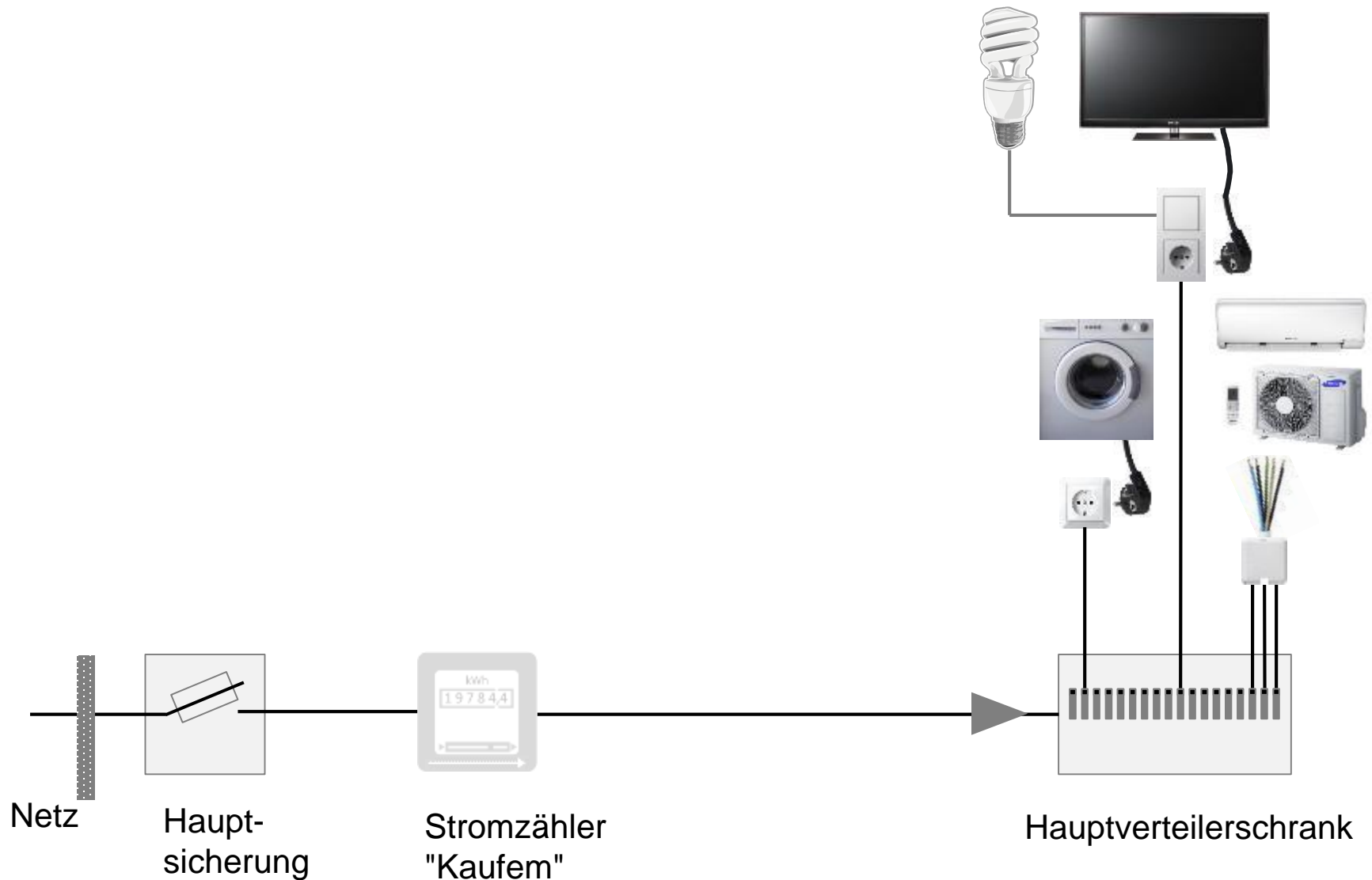


# Netzgekoppelte PV-Anlagen als "Solarkraftwerke"

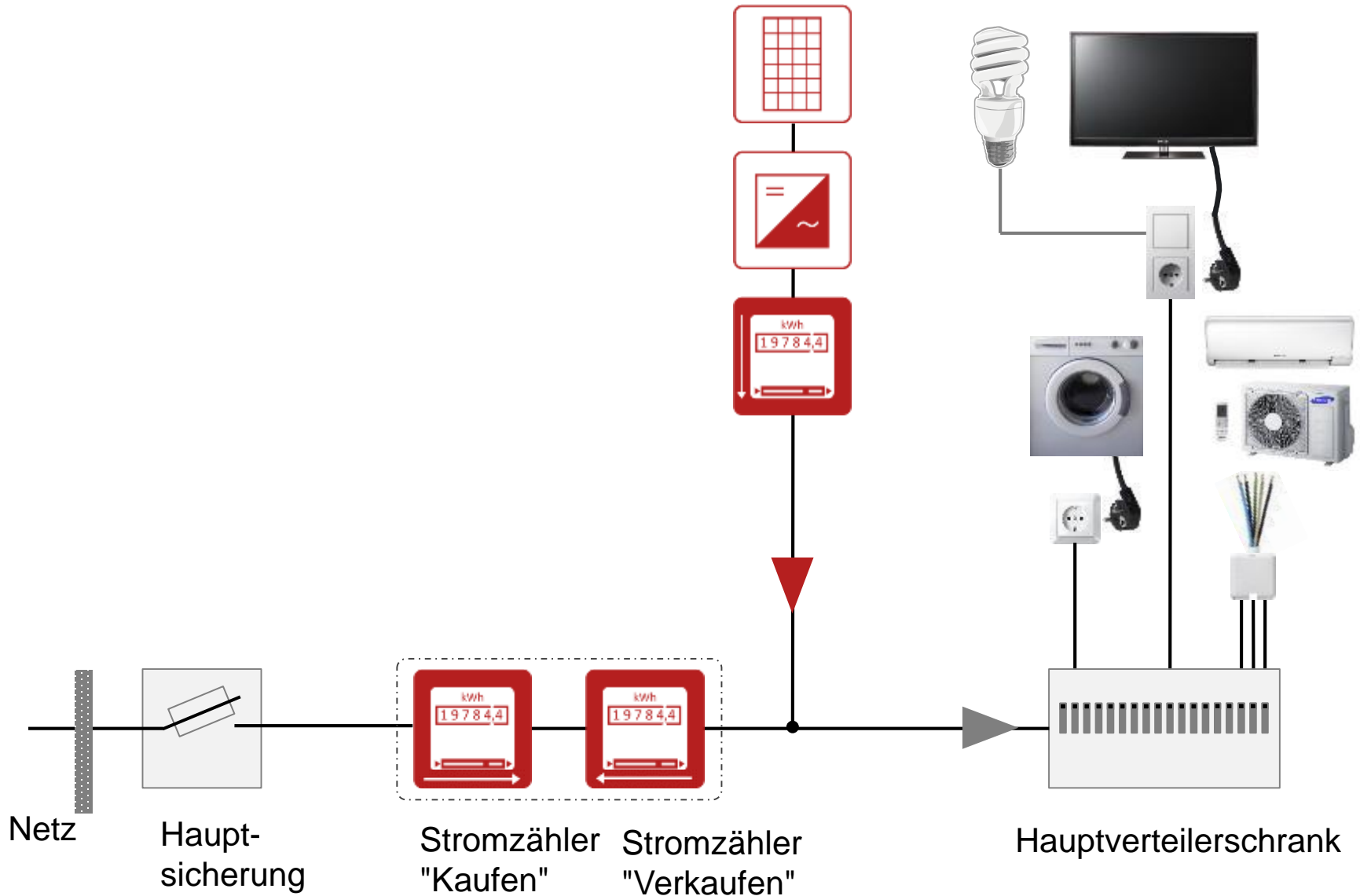
- Größenvorteile
- Bis zu 100s von MWp
- Steigendes Interesse der Stromversorger
- Freiflächenanlage



# Schematische Darstellung eines bestehenden Versorgungsanschlusses

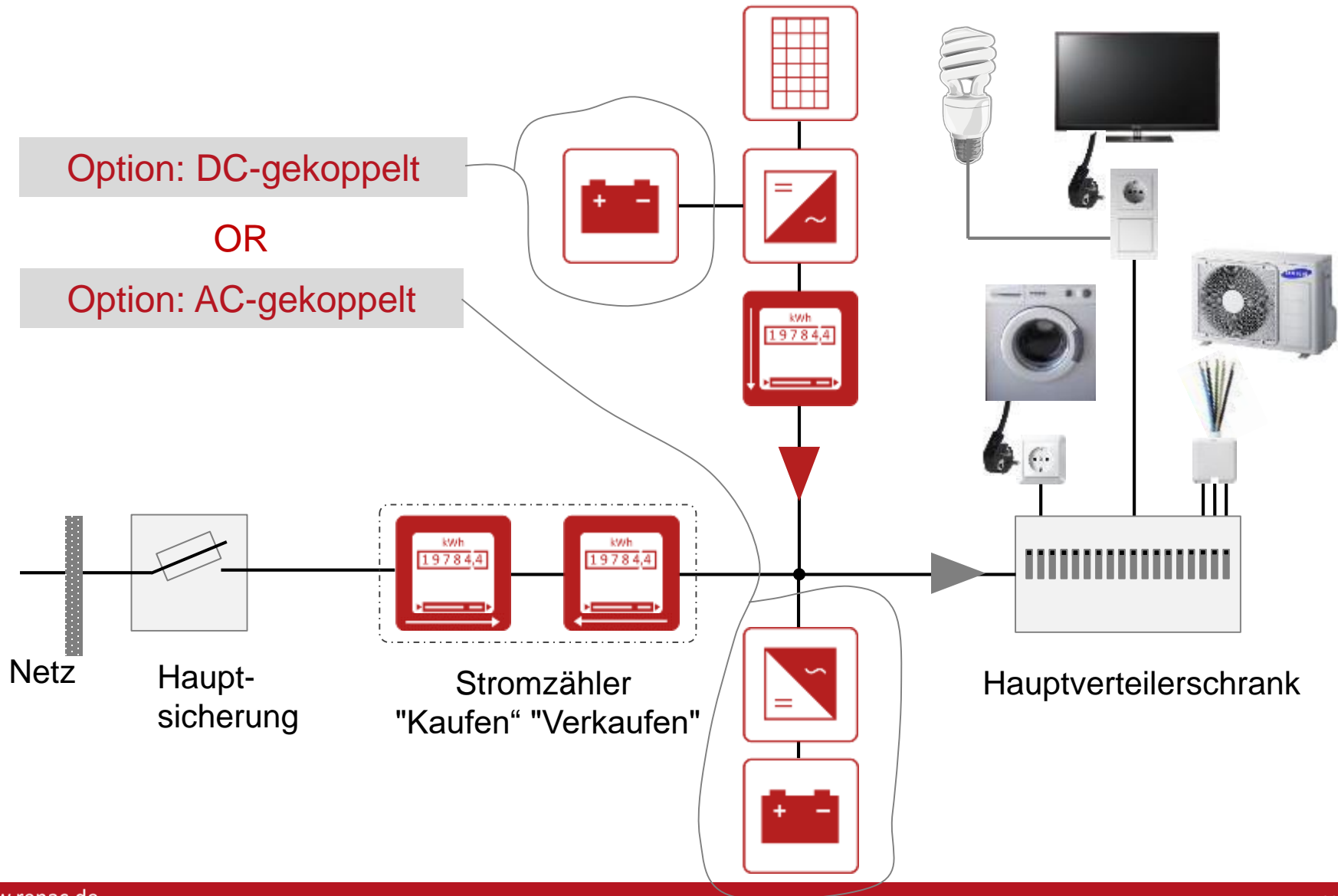


# Net-Metering-Konzept ("Wenn Sie Ihre Stromrechnung senken wollen")



# Schema einer PV-Anlage mit integriertem Speicher

## DC- und AC-Kopplung des Speichers dargestellt



## **1.3 Installation der baulichen und mechanischen Komponenten der PV-Anlage**

# Planung der Installationsarbeiten

- Die Installationsarbeiten müssen geplant werden
- Dazu gehören:
  - Ausrüstungslisten
  - Sicherstellen, dass alle Installationshandbücher verfügbar sind
  - Kabelpläne
  - Stromlaufpläne
- In welcher Reihenfolge sollen die Arbeiten durchgeführt werden?

- Ist das gesamte Personal mit den Sicherheitsanforderungen vertraut?
- Ist die erforderliche Sicherheitsausrüstung vorhanden?
- Risikobewertungen?
- Wer ist dafür verantwortlich, dass die Baustelle sicher ist und alle Mitarbeiter die Sicherheitsvorschriften einhalten?



# Installationscodes und Installationsanleitungen

- Es gibt kein einziges "Regelwerk" oder einen Kodex, der alle Situationen abdecken würde.
- Dies bedeutet, dass mehrere Informationsquellen konsultiert werden müssen
- Dazu gehören
  - einschlägige elektrische Vorschriften
  - Leitfäden zu einschlägigen elektrischen Vorschriften
  - und Installationshandbücher für Geräte
- Seriöse Unternehmen, die Anlagen für die Photovoltaik liefern, sollten bei Bedarf um Rat gefragt werden.

# Mechanische Arbeiten, Hauptaufgaben

- Installation des Montagesystems für den PV-Generator
- Bau eines Krafthauses / Batteriehauses
- Einsetzen der Batterien in ihre Position



*Quelle: Hoppecke Installations- und Betriebsanleitung für geschlossene stationäre Blei-Säure-Batterien.*

# Montagestrukturen für PV-Anlagen

- Zu beachtende Dinge...



# Entwurfskriterien für Montagekonstruktionen



## Standort

- Wind
- Schnee
- Sand
- Frost
- Seismik

## Boden

- Natürlich oder gefüllt
- Felsen
- Kontamination
- Mögliche Korrosion





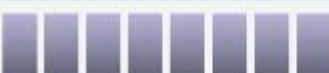
## Modul

- Größe
- Gerahmt/ ungerahmt
- Verkabelung

## Letzte Aspekte

- Neigungswinkel
- Boden
- Lokale Regulierung

# Ungefährer Flächenbedarf

Cell material	Module efficiency	Surface area need for 1kWp
Monocrystalline silicon	11-16%	7-9 m <sup>2</sup> 
Polycrystalline silicon (EFG)	10-14%	8-9 m <sup>2</sup> 
Polycrystalline silicon	8-10%	9-11 m <sup>2</sup> 
Thin film copper-indium diselenide	6-8%	11-13 m <sup>2</sup> 
Amorphous cell	4-7%	16-20 m <sup>2</sup> 

© www.renac.de

*Ungefährer Vergleich des "Feldwirkungsgrads" verschiedener PV-Module und der für 1 kWp PV-Anlage benötigten Fläche. Beachten Sie, dass der geringere Wirkungsgrad von Dünnschichtmodulen eine größere Modulfläche und damit mehr Module und eine größere Montagestruktur erfordert, um die gleiche Gesamtleistung wie mit kristallinem Silizium zu erzielen. Beachten Sie auch, dass dies keine "Zellwirkungsgrade" oder "Modulwirkungsgrade" bei STC sind - diese Werte sind höher und werden in den Datenblättern angegeben.*

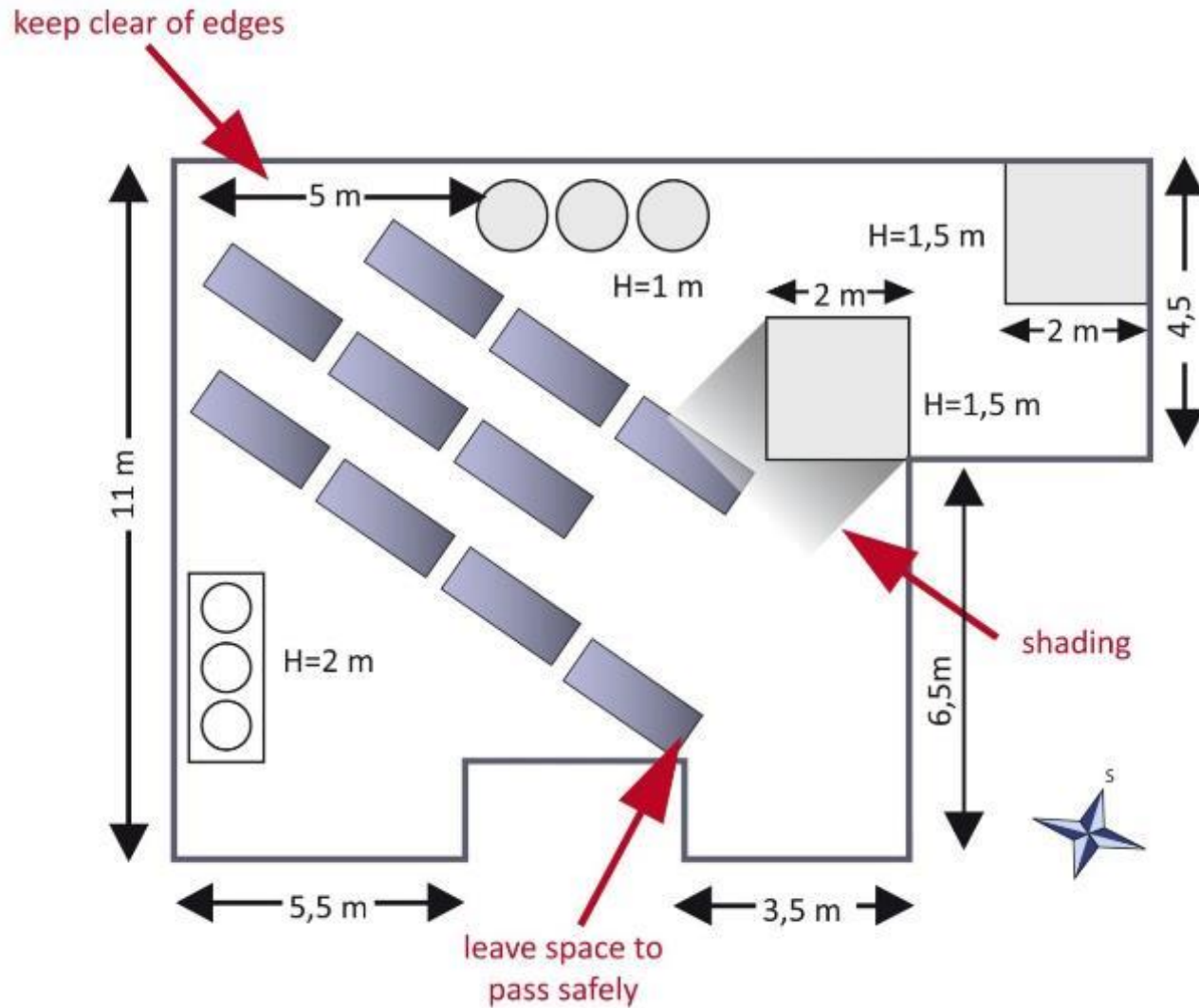
## Freistehende, auf dem Boden montierte Strukturen

- Ein Bodengutachten ist in den meisten Fällen erforderlich, um das geeignete System und die beste Verbindung zum Boden auszuwählen.
- Übliche Arten sind Betonfundamente, Bodenschrauben oder Rammfundamente
- Lassen Sie genügend Abstand zwischen den Modulreihen, um die gegenseitige Abschattung zu vermeiden.
- Generell ist die Bodenmontage einfacher und zugänglicher
- Kabel sollten zum Schutz vor UV-Strahlung und Witterungseinflüssen in Leerrohren oder Kanälen verlegt werden.
- Schutz vor Diebstahl

# PV-Generator-Montagestrukturen - netzgekoppelt

- Ausrichtung - Süd/Nord  $\pm 30^\circ$
- **Korrigieren Sie den Neigungswinkel für einen maximalen Solarstromertrag über das ganze Jahr mit einer Genauigkeit von  $\pm 10^\circ$**
- Vermeiden Sie jeglichen Schatten
- Belüftung zur Vermeidung hoher Temperaturen
- Stützstruktur, die starken Winden standhält
- Die Struktur sollte im Allgemeinen verzinkt oder aus Aluminium sein.
- Blitzschutz kann erforderlich sein

# Platz von PV-Modulen auf dem Flachdach





- Beispielhafte Installationen: Installierte Struktur



Bilder: Schletter GmbH

	<b>Stahlbetonfundament (vorgefertigt)</b>	<b>Verzinkter Stahl in den Boden gehämmert</b>	<b>Verzinkter Stahl in den Boden geschraubt</b>
Profis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnell zu installieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gut für kleine Haufen</li> <li>• Schnelle Installation</li> <li>• Gut für Lehm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelle Montage</li> <li>• Gut für weiche Böden</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten</li> <li>• Ebenerdig?</li> <li>• Transportkosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Begrenzte Länge</li> <li>• Nicht gut für harte Böden</li> <li>• Schäden an der Spitze des Stapels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten</li> <li>• Nicht für harte Böden</li> <li>• Das Pfahlende muss für das Bohren angepasst werden</li> </ul>



# Bodenvorbereitung und Fundamente

- Für Freiflächenanlagen:
  - Bodengutachten für ein geeignetes Fundament
  - Nivellierung der Fläche
  - Anschlusspunkt an das Netz definieren
- Bestimmung des richtigen Reihenabstands zur Vermeidung von Beschattung
- Installation eines Diebstahlschutzes (Zaun, Videoüberwachung usw.)



Quelle: Schletter

