



# Schulungspräsentation in Zusammenarbeit mit

Das dena-RES-Projekt Angola ist Teil des weltweiten dena Renewable Energy Solutions Programme, das von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) koordiniert und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Initiative "renewables - Made in Germany" kofinanziert wird.



# Die Wertschöpfungskette

*Vom Sand zum Modul*



## ***Vorbereitung***

- Aus Siliziumdioxid SiO<sub>2</sub> (Quarzsand) wird Silizium (Reinheit von 98%)
- Kohle hilft beim Reinigungsprozess
- $1\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}_2$
- Pulverisierung und Zugabe können weiterhin reinigen
- Silizium von hoher Reinheit wird bei 1.000 bis 1.200 Grad hergestellt
- Sie muss dann gehärtet und gelagert werden.

### ***Rohsilizium***



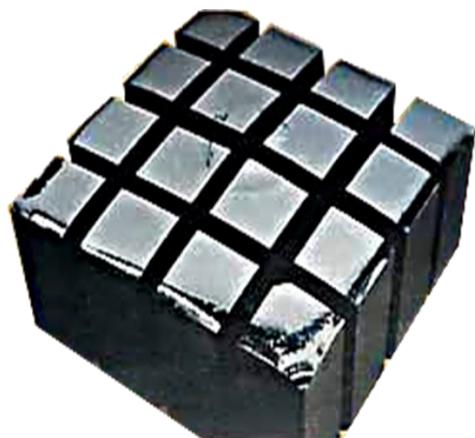
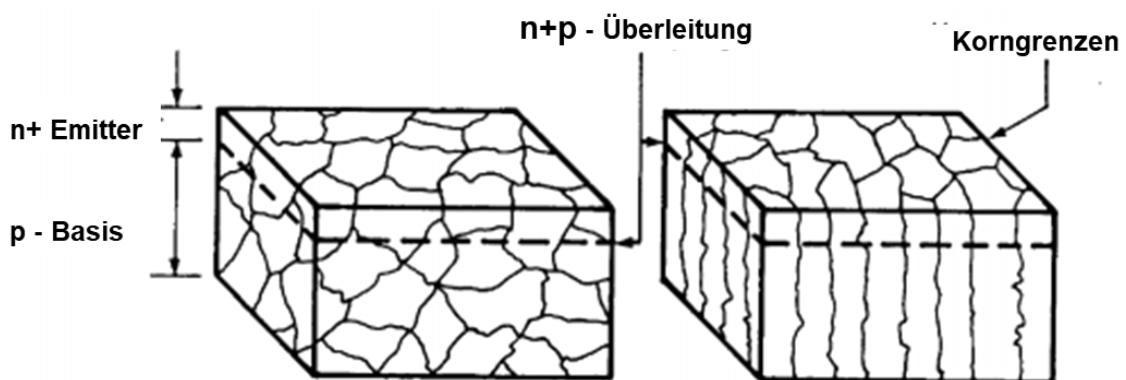
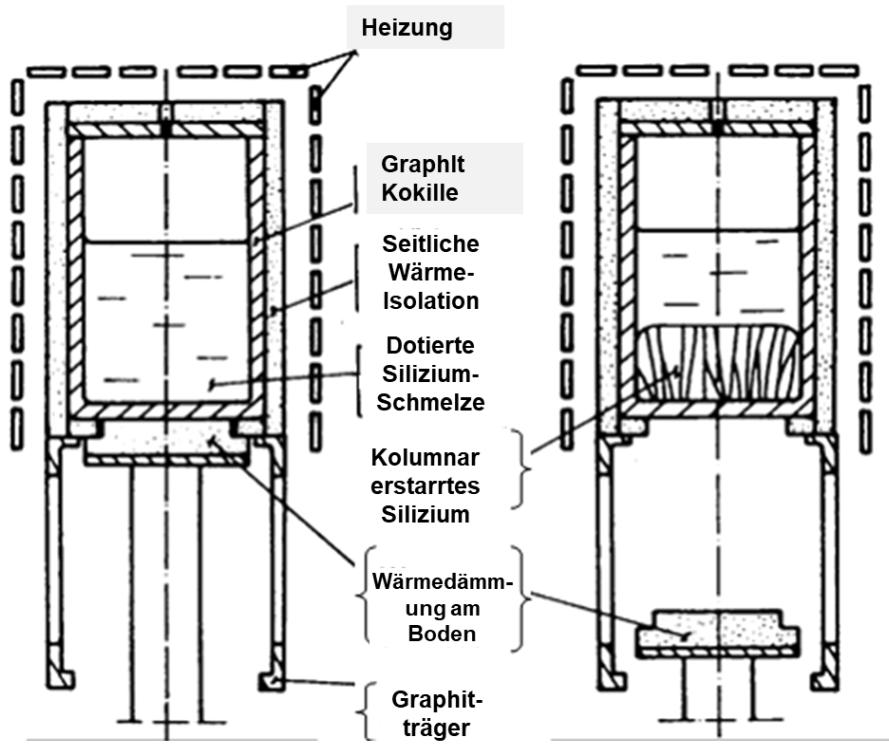
### ***Silizium Granulat***



### ***Kristallisierung***

Die Dauerformtechnik:

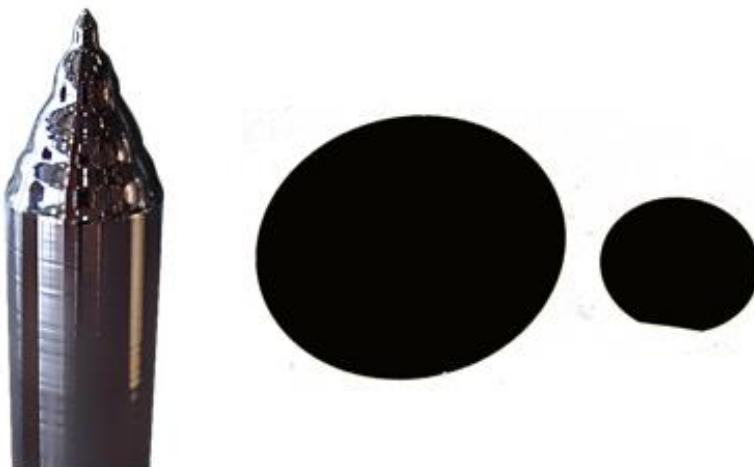
- Herstellung von polykristallinen Wafern.
- Die geschmolzene Masse wird zum Auskristallisieren und Aushärten in einen Quader gegeben.
- Es bilden sich viele Kristallisationsformen.
- Erhöhte Rekombinationsrate aufgrund der vielen Übergänge.





### **Gewinnung eines Einkristalls**

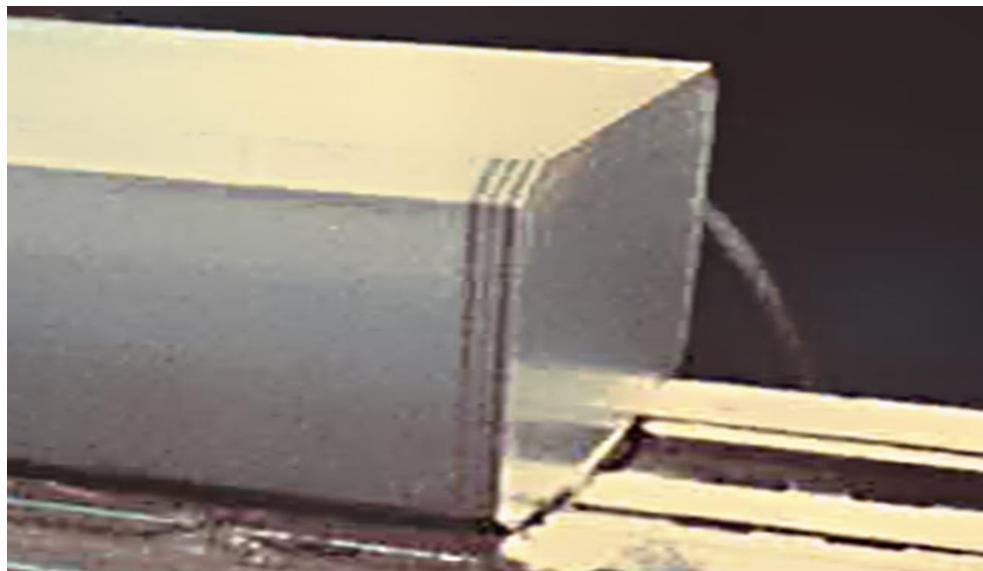
- Die Kristallisation wird durch Eintauchen des Impfkristalls eingeleitet.
- Durch das langsame Herausziehen des wachsenden Kristalls aus der Schmelze entsteht das Einkristall.
- Die konstante Rotation des Blocks gewährleistet eine perfekte Kristallisation.



### **Schneiden der Waffeln**

- Die Wafer werden mit einer Drahtsäge auf eine Dicke von 0,15 bis 0,3 mm geschnitten.
- Die Sägeverluste liegen bei etwa 40-50 %.
- Monokristalline Module haben höhere Verluste, um einen maximalen Wirkungsgrad zu erreichen.

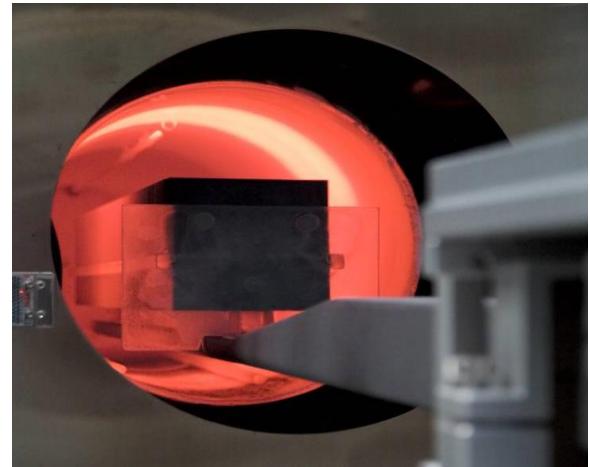
- Polykristalline Blöcke werden zunächst in die passende Zellgröße unterteilt, bevor die Wafer herausgeschnitten werden.

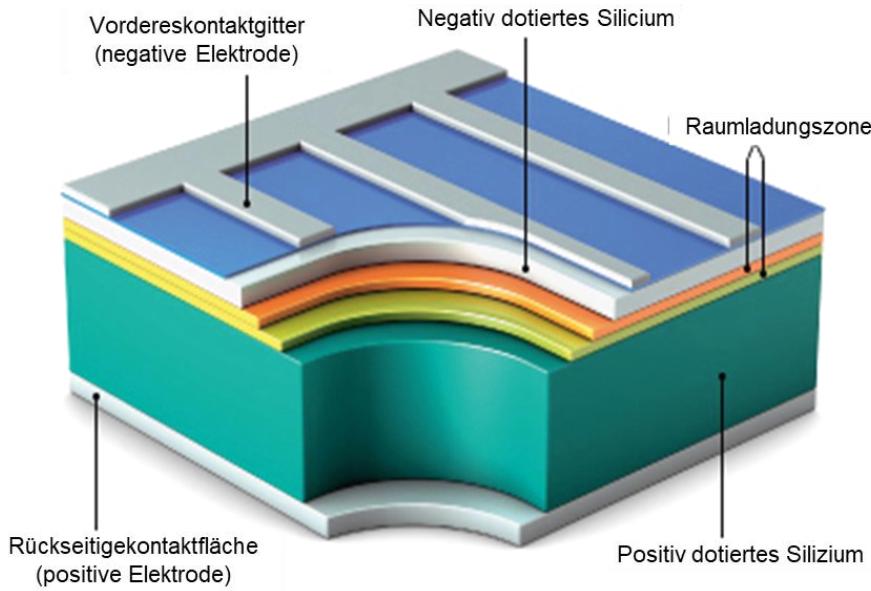


### ***Schaffung eines internen Ungleichgewichts***

- Um eine Potenzialdifferenz und damit eine Ladungstrennung zu erreichen, müssen ein positiver und ein negativer Bereich geschaffen werden.
- Die Dotierung führt zu Donatoren (emittierende Bereiche) und Akzeptoren (akzeptierende Bereiche).
- Das Silizium, das während des Herstellungsprozesses vordotiert wurde, muss noch mit dem entgegengesetzten Element dotiert werden.

- Die Dotierung erfolgt z. B. durch 5-wertigen Phosphor (P) oder 3-wertigen Bohr (B).
- Zur Dotierung werden zwei Plättchen aneinandergelegt und in einen mit Phosphor gefüllten Ofenraum eingeführt.
- Der Dotierstoff diffundiert so in das Material.





## Anwendung des Zelleiters



- Die Rückseitenkontakte, wie auch die Frontkontakte, werden im Siebdruckverfahren aufgebracht.
- Nach dem Trocknen der Kontaktschienen wird auf der Vorderseite eine Antireflexionsfolie aufgebracht.



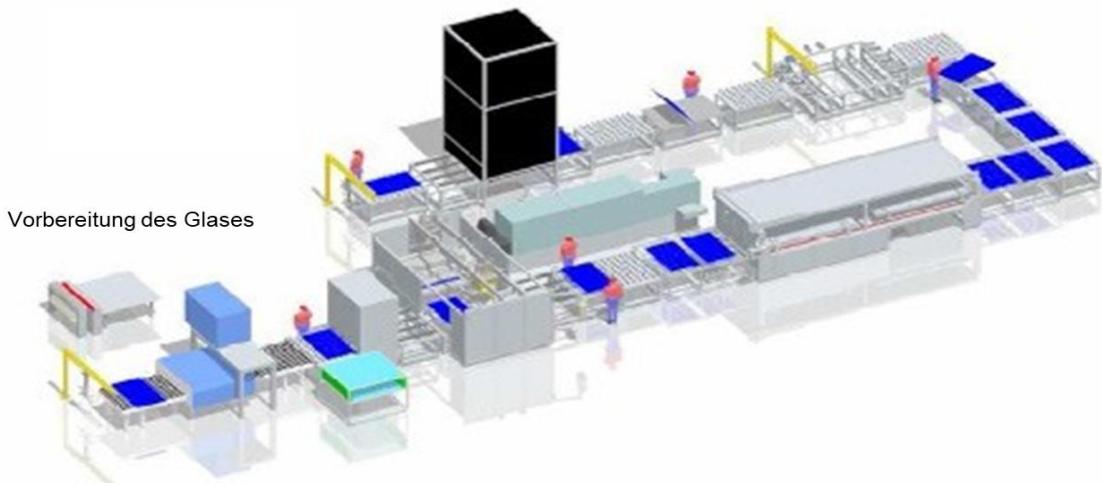
# Zusammensetzung der Module und ihre Produktion

*Das eigene Produkt bedeutet Sicherheit*

## **Produktionslinie SUNSET**

- Mit seiner neuen Produktionslinie eines namhaften deutschen Herstellers ist SUNSET in der Lage, höchste Qualität nach strengsten Richtlinien zu produzieren.
- Bei der Produktion von PV-Modulen übertrifft SUNSET sogar die hohen deutschen Anforderungen und Vorschriften.
- Mit den Maschinen von SUNSET erreichen Sie maximale Effizienz durch ein ideales Verhältnis zwischen manueller und maschineller Fertigung.

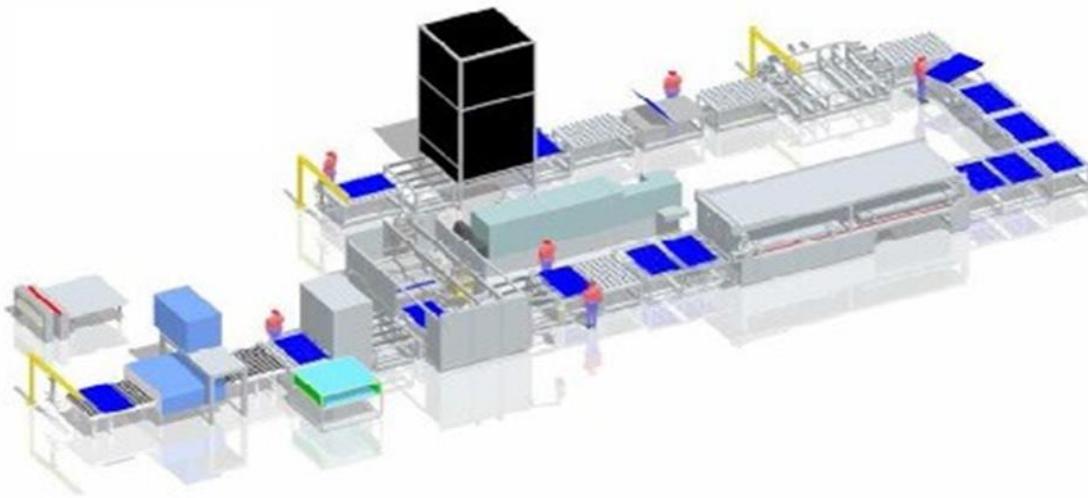
## **Vorbereitung des Glases**



## **Zellen bauen ein Modul**

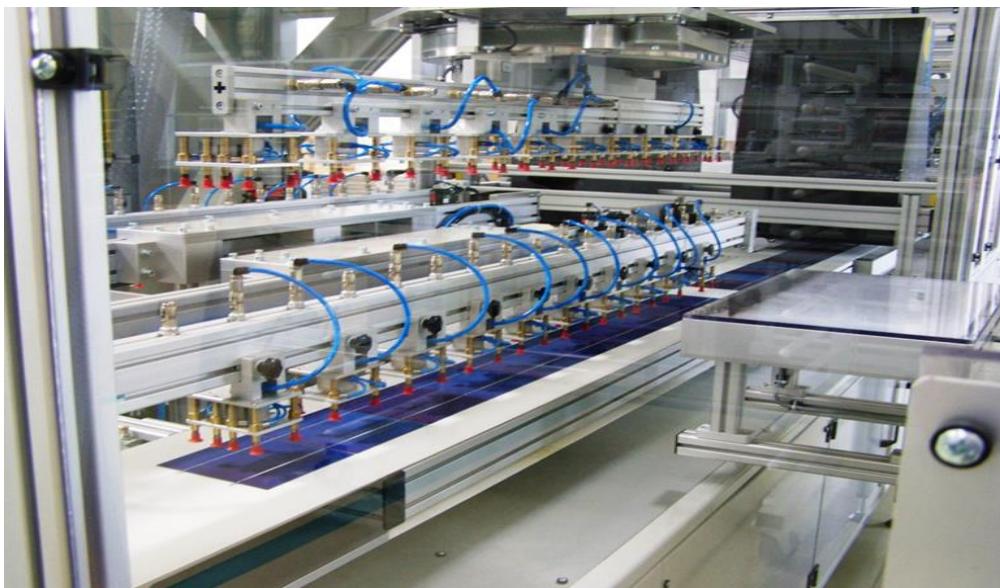
- Das Glas wird mit einem Tuch von eventuellen Verunreinigungen durch die Lieferung gereinigt.
- Die EVA-Folie wird geschnitten. Die Folie wird hier von einer Rolle abgemessen.
- Die EVA-Folie wird auf das gereinigte Glas aufgebracht.

### Auffädeln der Zellen

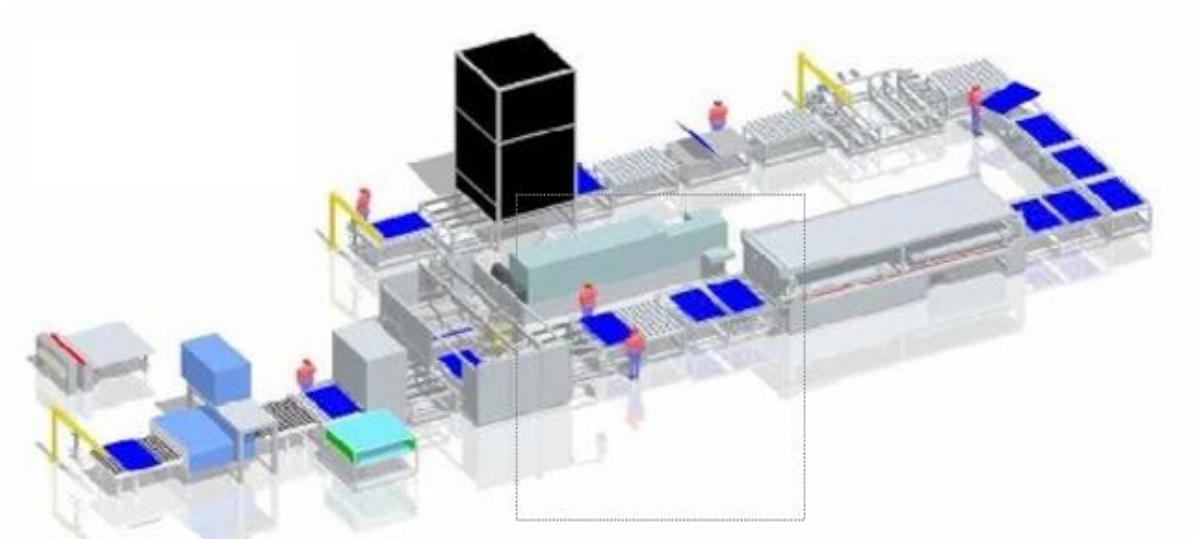


### **Cells build a Module**

- Die Zellen werden mit Zellstrings kombiniert und auf das Solarglas gelegt.
- Ein Roboter lötet die Zellen zu einzelnen Zellstrings.
- Das Aufbringen auf das Solarglas mit der EVA-Folie erfolgt durch Vakuumzangen, die die Zellen schonend transportieren.



### **Mehr Schichten**



- Eine weitere EVA-Folie wird auf die Zellen aufgebracht.
- Eine Rückseitenfolie vervollständigt den Sandwichaufbau des Moduls.
- Die Beschaffenheit der Rückseitenfolie bestimmt die optischen Eigenschaften des Endprodukts.

- transluzent      - schwarz      - weiß



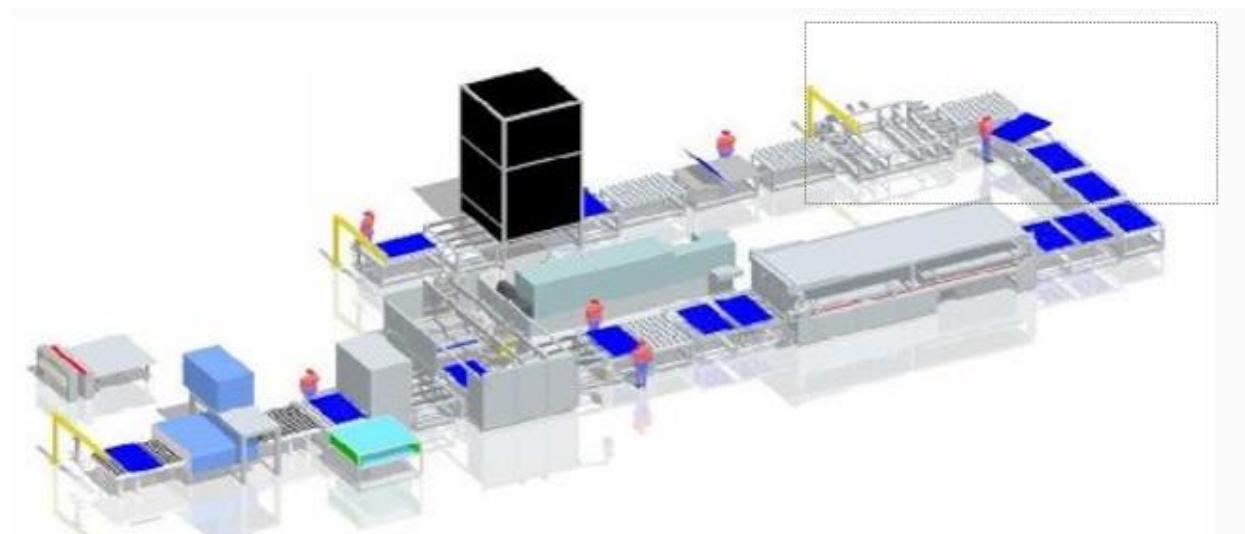
## ***Der Laminierungsprozess***

- Die noch lose aufgebrachten Schichten des Moduls werden unter Vakuum und Hitze laminiert.
- Aus dem Laminator geht ein zusammenhängendes Modul hervor.
- Die darüber liegende Rückwand und EVA-Folie werden geschnitten.

### **Der Laminator**



### **Fertigstellung**



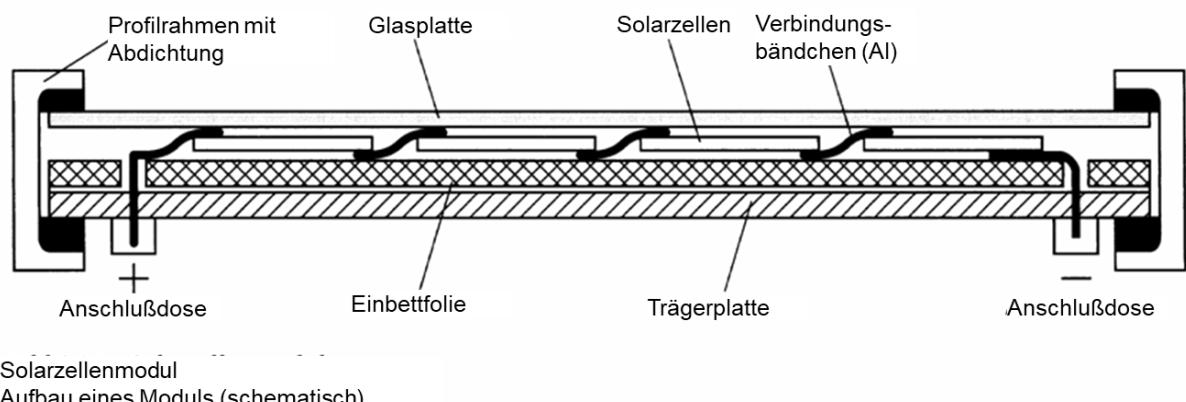
### **Endkontrolle**

Jedes Modul durchläuft die strengen Endkontrollen von SUNSET Energietechnik.

- Hochspannungstest.
- Ermittlung der Modulkennlinie und der spezifischen Werte/ Blinkvorgang.
- Erstellung eines EL-Bildschirms.



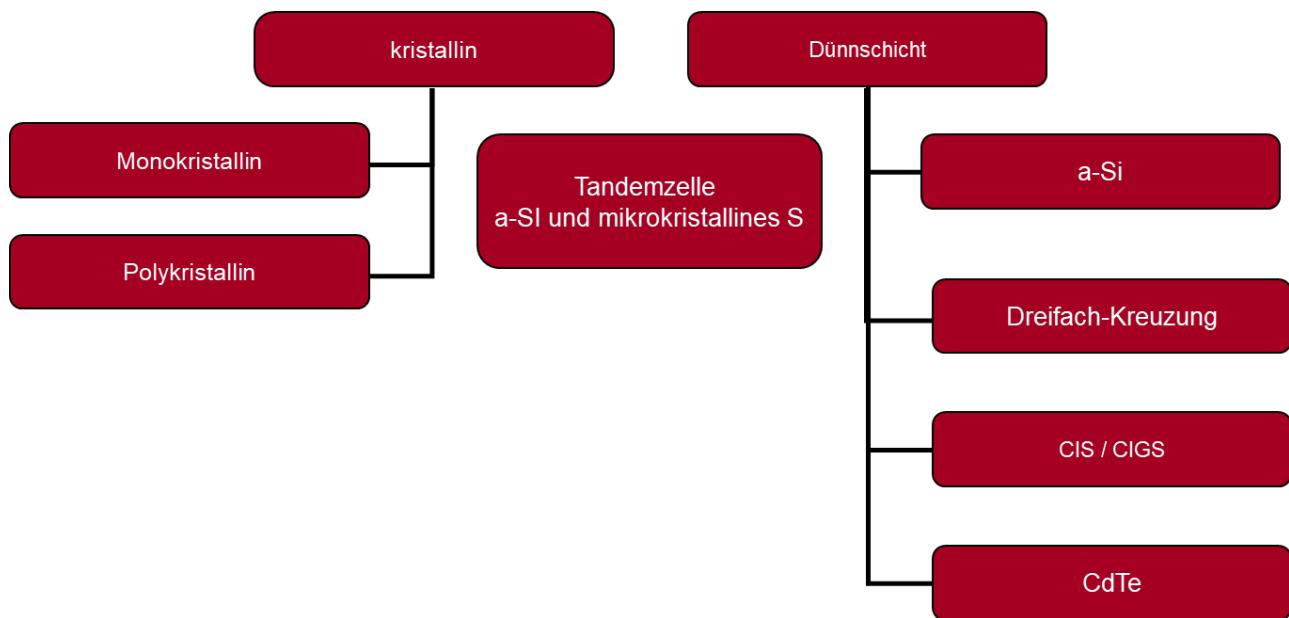
### ***Profil des fertigen Moduls***



# Verschiedene Modultypen

*Mit verschiedenen Technologien auf dem Weg zum Erfolg sein*

## ***Verschiedene Modultypen***



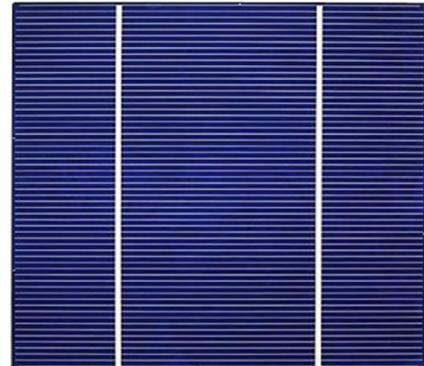
## ***Monokristalline Technologie***

- Aus einem Einkristall geschnitten.
- Keine Verluste an den internen Kristallübergängen.
- Wirkungsgrad von bis zu 19 %.
- Unsere Einkristalltechnologie umfasst auch unsere HPC-Module, die aufgrund ihrer Rückseitenkontakte einen besonders hohen Wirkungsgrad aufweisen.



## **Polykristalline Technologie**

- Geschnitten aus einem Polykristall.
- Weniger Aufwand - niedrigere Kosten.
- Erhöhte Rekombinationsrate an den Kristallübergängen.



### ***Beispiel Module***

#### **SUNSET AS Series / SUNSET PX Series**

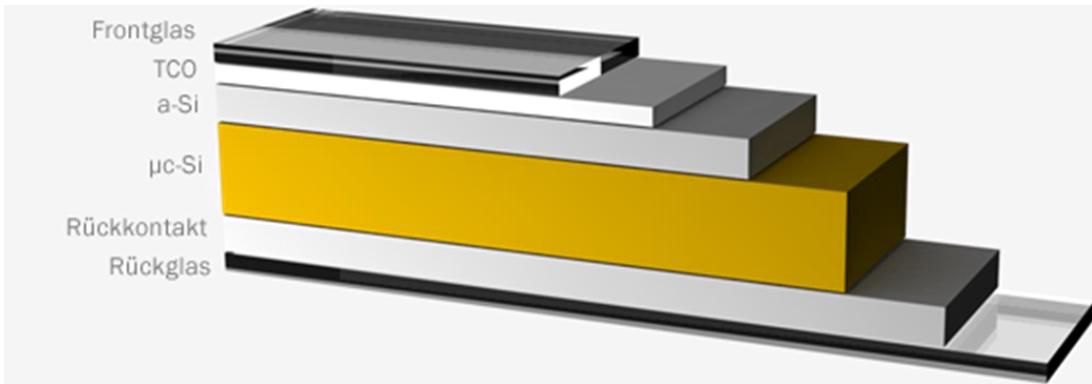
- 60 hocheffiziente mono-/polykristalline Siliziumzellen mit einem Wirkungsgrad von bis zu 18 %.
- Strukturierte Zelloberfläche für besonders hohe Energieausbeute.
- Langjährige Nutzung durch hochwertiges Ausgangsmaterial.
- Produziert nach deutschen Qualitätsstandards.



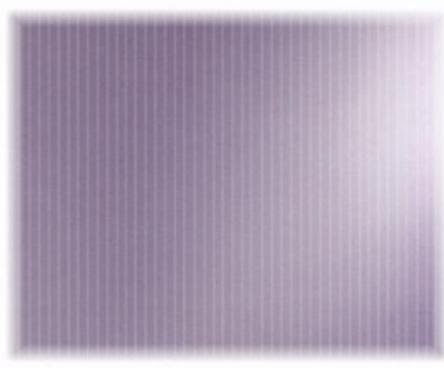
## **Die Tandemzelle**

#### **Thin film**

- Kombination aus mikrokristallinem Silizium und einer a-Si-Schicht.
- Die sehr dünne kristalline Schicht kann die Energie absorbieren, die durch die a-Si-Schicht dringt.
- So können die Infrarotanteile besser genutzt werden.



- Es wird wenig Material benötigt.
- Der Wirkungsgrad ist geringer als bei der kristallinen Technologie.
- Bessere Leistung bei ungünstiger Ausrichtung der Anlage, da ein anderes Lichtspektrum/ blauer Anteil des Lichts umgewandelt wird.



### a-Si von SUNSET

- Hochentwickelte a-Si-Dünnschichttechnologie, hergestellt von SUNsilicon®.
- Hoher Wirkungsgrad auch bei diffusem Licht, schlechter Belüftung, ungünstiger Dachausrichtung oder warmen Standorten.
- Homogene Oberfläche für optisch ansprechende Lösungen.
- Produziert nach deutschen Qualitätsstandards.
- Es werden keine giftigen Materialien verwendet.

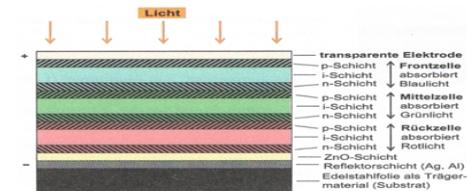


## SUNone SA

Technische Daten*) SUNone®	SA 90	SA 95	SA 100	SA 105	SA 110
Nennleistung $P_{max}$ [W <sub>P</sub> ]	67	72	78	80	83
Nennstrom $I_{MPP}$ [A]	0.73	0.75	0.80	0.82	0.85
Nennspannung $U_{MPP}$ [V]	95.0	96.0	97.0	97.0	98
Kurzschlussstrom $I_{SC}$ [A]	0.94	0.98	1.03	1.05	1.08
Leerlaufspannung $U_{OC}$ [V]	127	127	129	129	130
Länge [mm]			1300		
Breite [mm]			1100		
Höhe [mm]			7		
Gewicht [Kg]			24		

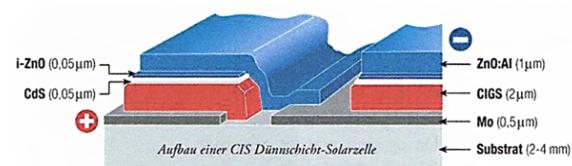
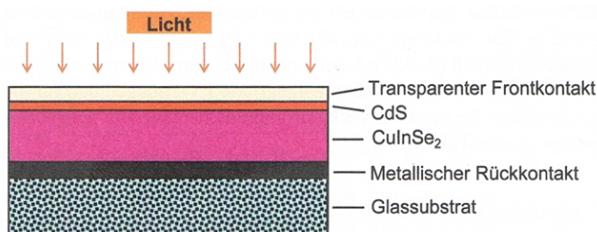
## Dreifach-Kreuzung (Triple Junction)

- Die einzelnen Schichten sind für die Umwandlung der einzelnen Lichtspektren optimiert.
- Der Wirkungsgrad steigt im Vergleich zum a-Si.
- Der Produktionsaufwand und der Preis ist höher.



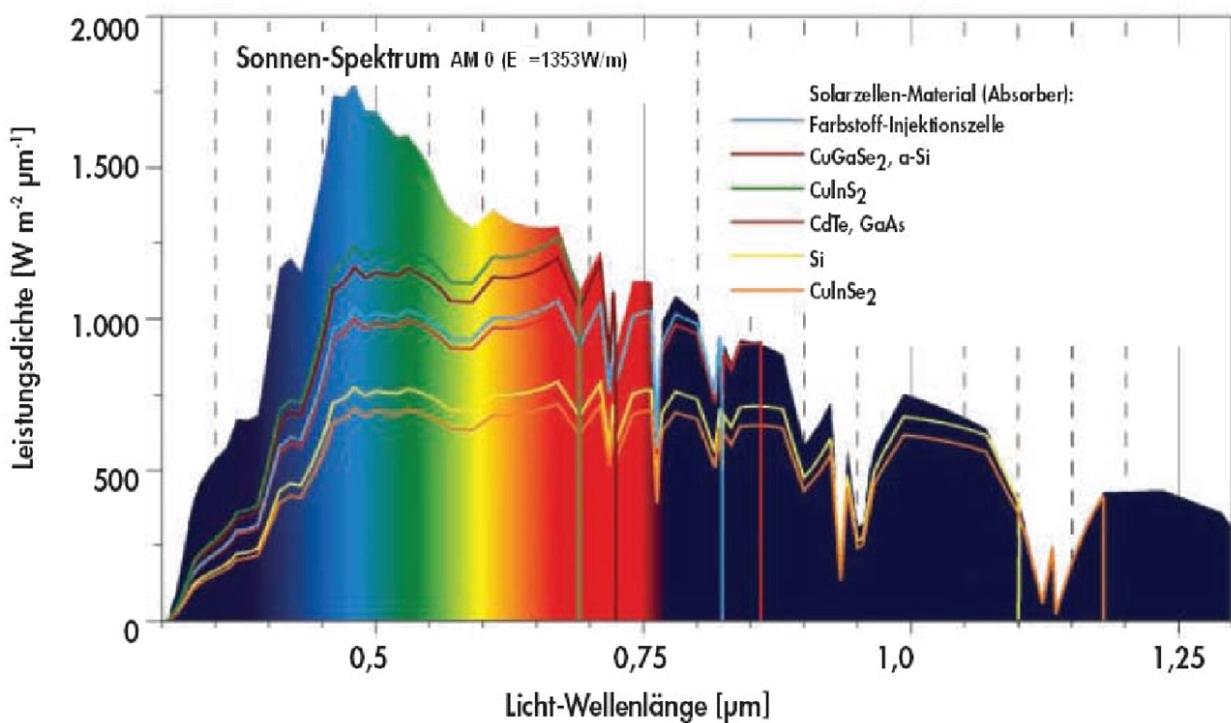
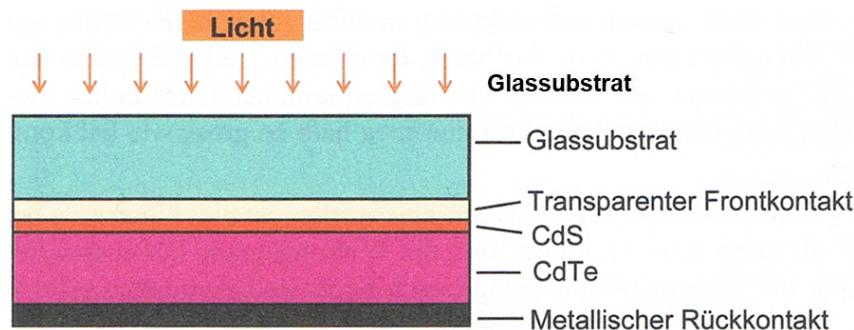
## CIS/ CI(G)S

- Benötigt nicht viel Material.
- Für die Produktion wird nicht viel Energie benötigt.
- Günstigere Produktion.
- Bei CI(G)S wird ein Teil des teuren Indiums durch Gallium ersetzt, so dass der Preis noch weiter sinkt.
- Wirkungsgrad von bis zu 12 %.



### CdTe

- Günstige Produktion.
- Hohe Lichtbeständigkeit.
- Cadmium und Tellur sind wirksame Umweltschadstoffe, die bei Freisetzung Schäden verursachen können.



### **Modules by SUNSET**

- Auf den folgenden Seiten stellen wir einige von SUNSET produzierte Module vor.
- SUNSET achtet auf eine hohe Flächeneffizienz seiner Module, die Minimierung der weißen Teile und auf eine hohe Sicherheit durch den Einsatz spezieller Dioden (in einigen Modulen).

### **SM 6/10/15/20/30/45**

Ausgelegt für die Versorgung mit wenig Strom (Erhaltungsladung der Batterien).

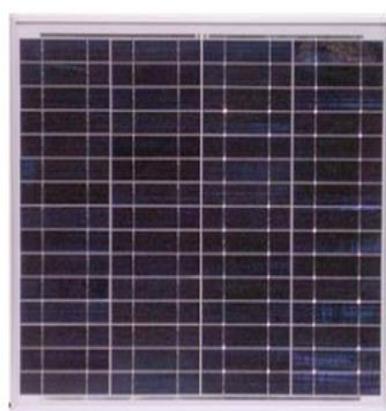


T. Daten *)		<b>SM 6/36</b>	<b>SM 10/36</b>	<b>SM 15/36</b>	<b>SM 20/36</b>	<b>SM 30/36</b>	<b>SM 45/36</b>
Nennleistung $P_{max}$	[W <sub>P</sub> ]	5,5	10	15	20	30	45
Nennstrom $I_{MPP}$	[A]	0,32	0,58	0,87	1,16	1,74	3,10
Nennspannung $U_{MPP}$	[V]	17,3	17,2	17,3	17,2	17,3	14,7
Kurzschlussstrom $I_{SC}$	[A]	0,36	0,64	0,96	1,28	1,93	3,3
Leerlaufspannung $U_{OC}$	[V]	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	17,5
Länge	[mm]	303	434	444	675	675	636
Breite	[mm]	152	238	294	345	345	530
Höhe	[mm]	20	20	20	20	20	20
Höhe Anschlußdose	[mm]	12	12	12	12	12	12
Gewicht	[Kg]	0,72	1,3	1,48	2,7	2,7	4,2

### **SM 10L/36 30L/36 45L/30D**

- Konzipiert für die Versorgung mit wenig Strom (Erhaltungsladung der Batterien).
- Leichtes und flaches Layout, da kein Rahmen montiert ist.

**Abb. SM 45/60**



**Abb. SM 10**



Technische Daten*)		SM 10L/36	SM 30L/36	SM 45L/36
Nennleistung $P_{max}$	[W <sub>P</sub> ]	10	30	45
Nennstrom $I_{MPP}$	[A]	0,58	1,74	3,10
Nennspannung $U_{MPP}$	[V]	17,2	17,3	14,7
Kurzschlussstrom $I_{SC}$	[A]	0,64	1,93	3,3
Leerlaufspannung $U_{OC}$	[V]	20,8	20,8	17,5
Länge	[mm]	460	681	645
Breite	[mm]	232	336	535
Höhe	[mm]	8	8	8
Höhe Anschlußdose	[mm]	11	11	11
Gewicht	[kg]	0,5	1,28	2,2

### AS 6506/ AS8005

- Monokristalline Technologie für Inselnetz Systeme
- 

Abb. AS 6506



Abb. AS 8005



### AS 110 - 130

- Monokristalline Technologie für Inselnetz Systeme.
- 36 hocheffiziente Zellen sorgen für ein zuverlässiges 12 V System.

Technische Daten*)		AS 110	AS 120	AS 130
Nennleistung $P_{max}$	[W <sub>p</sub> ]	110	120	130
Nennstrom $I_{MPP}$	[A]	6,6	7,1	7,6
Spannung $U_{MPP}$	[V]	16,7	16,9	17,2
Kurzschlussstrom $I_{SC}$	[A]	7,5	7,7	8,2
Leerlaufspannung $U_{OC}$	[V]	20,7	21	21,4
Systemspannung	[V]	800		
Länge	[mm]	1476		
Breite	[mm]	660		
Höhe	[mm]	35		
Höhe Anschlußdose	[mm]	50		
Gewicht	[kg]	11,7		



### AS 80 – 100 HPC

- Hocheffiziente monokristalline Module mit Rückseitenkontakten.
- Die aktive Fläche wird perfekt genutzt, da sich auf der Vorderseite keine Kontakte befinden, die die Energieaufnahme beeinträchtigen könnten.

Technische Daten *)		95 HPC	100 HPC	105 HPC	110 HPC
Nennleistung $P_{max}$	[W <sub>p</sub> ]	95	100	105	110
Nennstrom $I_{MPP}$	[A]	5.35	5.60	5.80	6.00
Nennspannung $U_{MPP}$	[V]	17.7	17.8	18.1	18.3
Kurzschlussstrom $I_{SC}$	[A]	5.75	6.00	6.20	6.40
Leerlaufspannung $U_{OC}$	[V]	21.5	21.6	21.6	21.9
Länge	[mm]	1040			
Breite	[mm]	528			
Höhe	[mm]	35			
Gewicht	[kg]	6.7			



### AS 220 – 260 HD

- Hohe Belastbarkeit.
- Eine zusätzliche Querstrebe sorgt für eine hohe Widerstandsfähigkeit des Moduls.
- Selbstverständlich wird auch dieser Modultyp nach deutschen Qualitätsstandards gefertigt.

Technische Daten *)		200	220	240
Nennleistung P <sub>max</sub>	[W <sub>p</sub> ]	200	220	240
Nennstrom I <sub>MPP</sub>	[A]	6.90	7.40	7.95
Nennspannung U <sub>MPP</sub>	[V]	29.0	29.8	30.3
Kurzschlussstrom I <sub>SC</sub>	[A]	7.60	8.10	8.50
Leerlaufspannung U <sub>OC</sub>	[V]	36.0	36.6	37.2
Länge	[mm]	1657		
Breite	[mm]	997		
Höhe	[mm]	47		
Gewicht	[kg]	21.9		



### PX 120- 150

- Polykristalline Modultechnologie nach deutschem Qualitätsstandard.
- Dient als optisches Highlight in Ihrer Anwendung.

Technische Daten *)		120	130	140	150
Nennleistung P <sub>max</sub>	[W <sub>p</sub> ]	120	130	140	150
Nennstrom I <sub>MPP</sub>	[A]	7.10	7.60	7.80	8.08
Nennspannung U <sub>MPP</sub>	[V]	16.9	17.2	17.8	18.5
Kurzschlussstrom I <sub>SC</sub>	[A]	7.70	8.20	8.30	8.70
Leerlaufspannung U <sub>OC</sub>	[V]	21.0	21.4	22.0	22.2
Länge	[mm]	1480			
Breite	[mm]	660			
Höhe	[mm]	35			
Gewicht	[kg]	11.7			



### PX 220 - 260

- Polykristalline Modultechnologie nach deutschem Qualitätsstandard.
- Dient als optisches Highlight in Ihrer Anwendung.

Technical data *)		220	240	250	260
Nominal Power P <sub>max</sub>	[W <sub>p</sub> ]	220	240	250	260
Nominal Current I <sub>MPP</sub>	[A]	7.40	7.95	8.17	8.45
Nominal Voltage U <sub>MPP</sub>	[V]	29.8	30.3	30.5	30.7
Short Circuit Current I <sub>SC</sub>	[A]	8.10	8.50	8.80	8.90
Open Circuit Voltage U <sub>OC</sub>	[V]	36.6	37.2	37.4	37.4
Length	[mm]	1657			
Width	[mm]	997			
Height	[mm]	47			
Weight	[kg]	21.9			



\*) Technical data may vary

### **PX 280 – 310 / AS 280-310**

- Polykristalline/ monokristalline Modultechnologie nach deutschem Qualitätsstandard.
- Dient als optisches Highlight in Ihrer Anwendung.
- 72 Zellen pro Modul sorgen für eine maximale Leistungsabdeckung.

Technical data *)		285	295	305	315
Nominal Power P <sub>max</sub>	[W <sub>p</sub> ]	285	295	305	315
Nominal Current I <sub>MPP</sub>	[A]	7.85	8.05	8.25	8.42
Nominal Voltage U <sub>MPP</sub>	[V]	36.3	36.6	37.0	37.4
Short Circuit Current I <sub>SC</sub>	[A]	8.3	8.5	8.7	8.9
Open Circuit Voltage U <sub>OC</sub>	[V]	45.9	46.2	46.5	46.8
Length	[mm]	1973			
Width	[mm]	997			
Height	[mm]	47			
Weight	[kg]	26.2			

\*) Technical data may vary



### ***Qualität unter Hand und Siegel***

- Auf den folgenden Seiten können Sie einen Blick auf die Zertifikate und offiziellen Anhänge werfen.
- SUNSET versteht sie jedoch als Mindeststandards, da für die SUNSET Energietechnik GmbH die gesetzlichen Vorschriften und Auflagen nicht völlig ausreichend sind.
- Das SUNSET Qualitätssiegel (Siegel: Made by SUNSET Germany) kennzeichnet unsere Qualitätsstandards.

# SUNSET Schulungspräsentation

**Certificate**

Registration No.: PV 50233055      Page 1      Report No.: 15050545.002

**License Holder:**  
SUNSET Energietechnik GmbH  
Industriestr. 8-22  
91325 Adelsdorf  
Germany

**Product:**  
With 6" Mono c-Si cell:  
AS 85/32 HPC-W AS 90/32 HPC-W  
AS 95/32 HPC-W AS 100/32 HPC-W  
AS 105/32 HPC-W  
AS 80/32 HPC-S AS 85/32 HPC-S  
AS 90/32 HPC-S AS 95/32 HPC-S  
AS 100/32 HPC-S

**Manufacturing Plant:**  
0001-15050545 001

**Basis:**  
 IEC 61215:2005  
 EN 61215:2005  
 "Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval"

**Factory Inspection**  
 To document the consistent quality of the product factory inspections are performed periodically.

**Remarks:**  
 The product test is voluntarily according to technical regulations. Any change of the design, materials, components or processing may require the repetition of some of the qualification tests in order to retain type approval.  
 The certificate is valid until 28 May 2017.

  
 www.tuv.com  
 TÜV Rheinland  
 ID: 0000038939

17 July 2012

TÜV Rheinland LGA Products GmbH, Tillystrasse 2, D-90431 Nürnberg  
 Contact: +49 911 806-1371 email: cert-validity@de.tuv.com

**Certificate**

Registration No.: PV 60076069      Page 1      Report No.: 21172213.004

**License Holder:**  
Sunset Energietechnik GmbH  
Industriestr. 8-22  
91325 Adelsdorf  
Germany

**Product:**  
PV Modules

**Type:**  
PXxxx/72 (xxx = 240 - 310, in steps of 5)  
ASxxx/72 (xxx = 250 - 315, in steps of 5)  
PXxxx/60 (xxx = 205 - 255, in steps of 5)  
ASxxx/60 (xxx = 210 - 265, in steps of 5)  
PXxxx/50 (xxx = 175 - 220, in steps of 5)  
ASxxx/50 (xxx = 180 - 225, in steps of 5)  
PXxxx/36 (xxx = 130 - 160, in steps of 5)  
ASxxx/36 (xxx = 130 - 160, in steps of 5)

**Manufacturing plant:**  
Sunset Solar GmbH & Co. KG  
Windmühlenstraße 2  
04626 Löbichau  
Germany

**Basis:**  
 IEC 61215:2005  
 EN 61215:2005  
 "Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval"

**Factory Inspection**  
 To document the consistent quality of the product factory inspections are performed periodically.

**Remarks:**  
 The details of the factory inspection are documented in report no.: 21172212.001.  
 The mechanical load test of EN IEC 61215:2005 was performed with a load of 5400 Pa.

**Conditions:**  
 The product test is voluntarily according to technical regulations. Any change of the design, materials, components or processing may require the repetition of some of the qualification tests in order to retain type approval.  
 The certificate is valid until 9 August 2016.

  
 www.tuv.com  
 TÜV Rheinland  
 ID: 0000038939

Cologne, 27 March 2012

TÜV Rheinland LGA Products GmbH, Tillystrasse 2, D-90431 Nürnberg / Contact: +49 911 806 2477 email: enertest@de.tuv.com

**Factory Inspection Certificate**

Registration No.: AK 60076071      Page 1      Report No.: 21172212.001

**License Holder:**  
Sunset Energietechnik GmbH  
Industriestr. 8-22  
91325 Adelsdorf  
Germany

**Product:**  
PV Module

**Type:**  
PXxxx/72 (xxx = 240 - 310, in steps of 5)  
ASxxx/72 (xxx = 250 - 315, in steps of 5)  
PXxxx/60 (xxx = 205 - 255, in steps of 5)  
ASxxx/60 (xxx = 210 - 265, in steps of 5)  
PXxxx/50 (xxx = 175 - 220, in steps of 5)  
ASxxx/50 (xxx = 180 - 225, in steps of 5)  
PXxxx/36 (xxx = 130 - 160, in steps of 5)  
ASxxx/36 (xxx = 130 - 160, in steps of 5)

**Manufacturing Plant:**  
Sunset Solar GmbH & Co. KG  
Windmühlenstraße 2  
04626 Löbichau  
Germany

**Remarks:**  
 The above listed module types are manufactured in the European Union. The manufacturing plant is under a periodic factory surveillance programme in the frame of TÜV Rheinland type approval certification according to IEC 61215:2005 and IEC 61730:2004.

**These main production steps are taking place in the above listed plant:**

- Cell stringing and connection of strings
- Assembly / Lamination
- Electrical tests

**Remarks:**  
 Further information can be found in the attachment of the factory inspection certificate.

  
 www.tuv.com  
 TÜV Rheinland  
 ID: 0000038939

Cologne, 27 March 2012

TÜV Rheinland LGA Products GmbH, Tillystrasse 2, D-90431 Nürnberg / Contact: +49 911 806 2477 email: enertest@de.tuv.com

**Business Stream Products**

**Annex to Factory Inspection Certificate**

Registration No.: AK 60076071  
 Report No.: 21172212.001

**License Holder:**  
Sunset Energietechnik GmbH  
Industriestr. 8-22  
91325 Adelsdorf  
Germany

**Manufacturing Plant:**  
Sunset Solar GmbH & Co. KG  
Windmühlenstraße 2  
04626 Löbichau  
Germany

The details of the factory inspection are documented in report no. mentioned above.

**Certificates:**  
 Registration no.  
 PV 60076069, PV 60076070 (valid until 09 August 2016)

The above listed plant is traceable by an identification code on the type label.

Explanation of Identification code:  
 Manufacturing plant ID: 001 - identifies SUNSET Solar GmbH & Co.KG, D-04626 Löbichau

  
 www.tuv.com  
 TÜV Rheinland  
 ID: 0000038939

Cologne, 27 March 2012

Annex Factory Inspection Certificate AK 60076071, SUNSET\_Energietechnik.doc

# SUNSET Schulungspräsentation

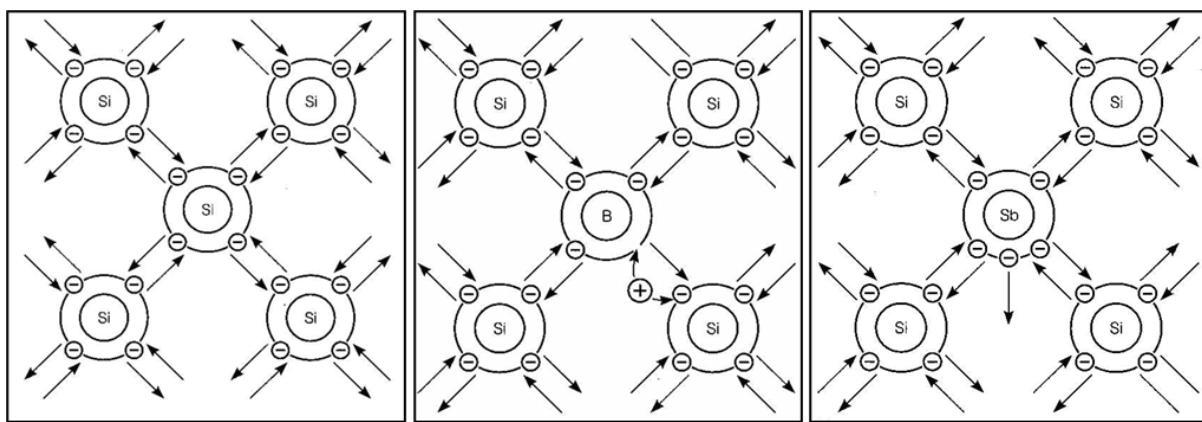


# Betriebsart von PV

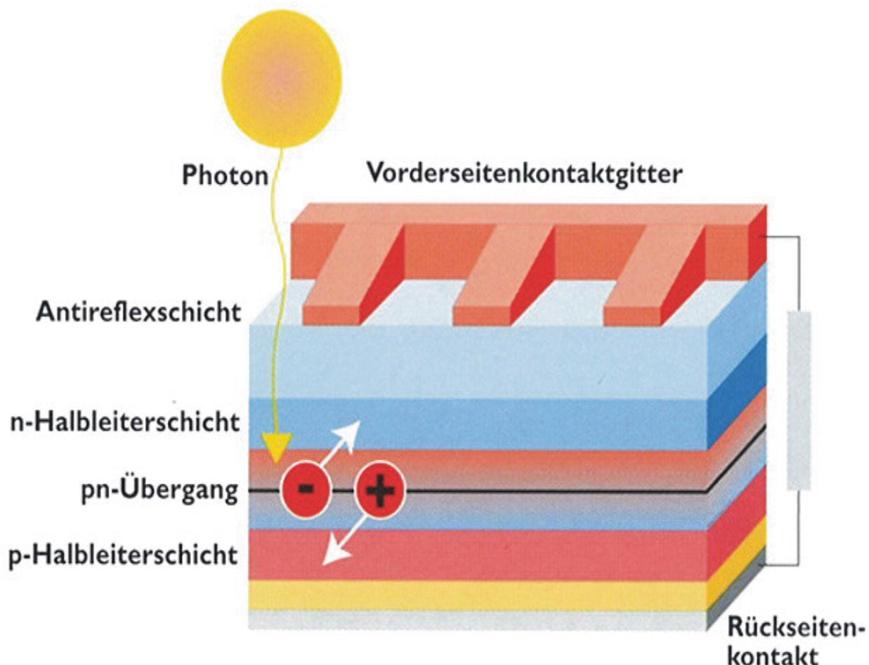
*Was passiert hinter den blauen Quadraten?*

## Mode of Operation PV

- Die photovoltaische Technologie basiert auf dem Effekt von dotiertem Silizium.
- Eine negative Dotierung erfolgt mit 5-wertigen Elementen: P, As, Sb, Bi.
- Eine positive Dotierung erfolgt mit 3-wertigen Elementen: B, Al, Ga, In.



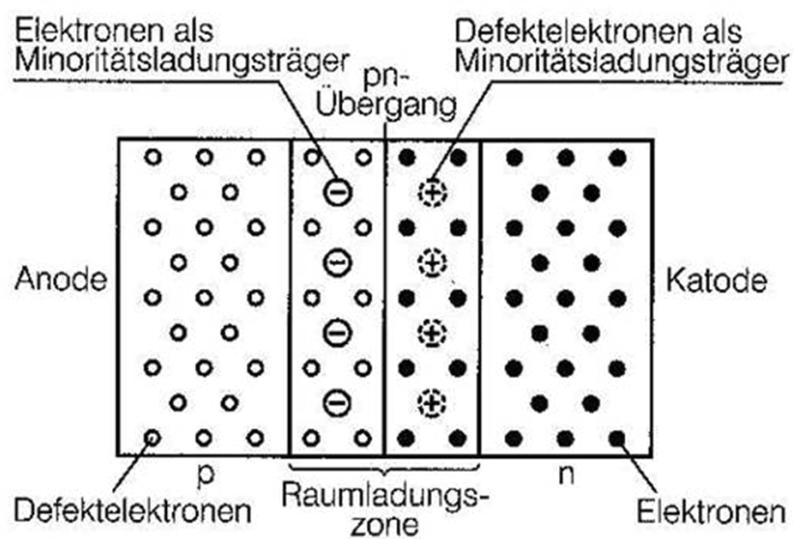
## Profil einer Solarzelle



## Betriebsart PV

- Die Sonnenstrahlen "reißen" die Elektronen aus dem Gitter.
- Die freien Elektronen versuchen, sich zu rekombinieren.
- Unter dem Einfluss der Bewegung der Elektronen baut sich ein elektrisches Feld auf.
- Es entsteht eine Raumladungszone, in der die negative Seite von der positiven Seite getrennt ist.
- Der Potenzialunterschied in diesem Bereich stellt eine Diffusionsspannung dar.
- Um rekombinieren zu können, müssen die Elektronen den Weg entlang der Leiterbahnen nehmen.
- Die n-Schicht, die der Sonne zugewandt ist, muss sehr dünn sein ( $0,2 \times 10^{-6} \text{ m}$ ), da die Sonnenstrahlen in den p-n-Übergang eindringen müssen.

## Die Raumladungsregion



## Efficiency Levels

Im Bereich der Photovoltaik werden verschiedene Wirkungsgrade unterschieden:

- Wirkungsgrad der Zellen: Bevor sie in ein Modul eingesetzt wird, hat die Zelle einen Wirkungsgrad von bis zu 21 %. Dieser gibt an, wie viel der auf die Zelle auftreffenden Sonnenenergie in Sonnenenergie umgewandelt werden kann.

- Wirkungsgrad der Module: Ein fertiges Modul hat einen geringeren Wirkungsgrad (bis zu 18 %). Die Reflexion und Absorption des Materials wirken sich negativ auf den Wirkungsgrad aus.
- Wirkungsgrad der Oberfläche: Er hängt von der Nutzung der Oberfläche des Moduls ab. Der freie Raum zwischen den Zellen und der Rahmenoberfläche beeinflusst diesen Wirkungsgrad. Entscheidend ist hier die Leistung pro Quadratmeter.

## Datenblatt eines Moduls

INNOVATIVE ENERGIESYSTEME

# SUNSET AS Serie 200 - 250 Watt<sub>P</sub> (Edition 02)

Durch die Erfahrung von mehr als 30 Jahren gilt SUNSET Energietechnik als einer der Pioniere in der Solartechnologie und leistet einen maßgeblichen Beitrag zum Fortschritt dieser Technologie. Das Resultat aus der langjährigen Erfahrung ist die AS Serie. Diese Module produzieren auch unter Extrembedingungen eine hohe und zuverlässige Leistung. Das fest verschweißte Laminat schützt die Zellen vor Feuchtigkeit, ermöglicht eine thermische Ausdehnung und stellt die elektrische Isolierung dar. Die Module der AS Serie finden bei Netzparallelanlagen Anwendung.

**Sunset AS Serie auf einen Blick**

- 60 hocheffiziente monokristalline Siliziumsolarzellen erreichen einen Wirkungsgrad von bis zu 18%
- Strukturierte Zelloberfläche für eine besonders hohe Stromausbeute
- Verwendung von spezialgehärtetem Solarglas, EVA-Kunststoff sowie ein eloxierter Aluminiumrahmen stellen einen langjährige Nutzung sicher
- Hergestellt nach deutschen Qualitätsstandards
- Geeignet für SUNpower Roof® (Dachintegration) und SUNpremium® (Freifeld)



*The world's future energy*<sup>®</sup> by   
[www.sunset-solar.com](http://www.sunset-solar.com)

PRODUKTION | IMPORT | GROSSHANDEL | PROJEKTIERUNG | ENGINEERING

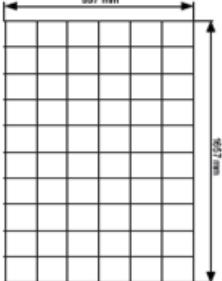
**INNOVATIVE ENERGIESYSTEME**

Gültig ab 01.06.2011

**Modulserie /02**  
**AS 200-/ 210-/ 220-/ 230-/240-/250-60 (Edition 02)**

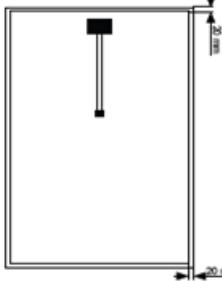
	200	210	220	230	240	250	
Nennleistung ( $\pm 5\%$ )	$P_{max}$ [W <sub>p</sub> ]	200	210	220	230	240	250
Nennstrom	$I_{MP}$ [A]	6.90	7.11	7.40	7.70	7.95	8.17
Nennspannung	$V_{MP}$ [V]	29.0	29.5	29.8	29.9	30.3	30.5
Kurzschlussstrom	$I_{SC}$ [A]	7.60	7.80	8.10	8.20	8.50	8.80
Leerlaufspannung	$V_{OC}$ [V]	36.0	36.3	36.6	36.9	37.2	37.4

Spitzenleistung unter Testbedingungen (STC: 1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C, Spektrum AM 1.5)



	200	210	220	230	240	250	
Nennleistung	$P_{max}$ [W <sub>p</sub> ]	142	149	156	163	170	178
Nennstrom	$I_{MP}$ [A]	5.52	5.69	5.92	6.16	6.36	6.54
Nennspannung	$V_{MP}$ [V]	26.1	26.6	26.8	26.9	27.3	27.5
Kurzschlussstrom	$I_{SC}$ [A]	6.16	6.32	6.56	6.64	6.89	7.13
Leerlaufspannung	$V_{OC}$ [V]	32.4	32.7	32.9	33.2	33.5	33.7

Nennwerte bei Nennbetriebs-Zellentemperatur (NOCT: 800 W/m<sup>2</sup>, 51±2°C, Spektrum AM 1.5)



**Systemeigenschaften**

Schutzklasse	II			
Systemspannung	$V_{sys}$ [V]	1000	Temperaturkoeffizient $I_{SC}$	$\alpha$ [%/K] + 0.055
Rückstrom	$I_R$ [A]	15	Temperaturkoeffizient $V_{OC}$	$\beta$ [%/K] - 0.34

**Mechanische Eigenschaften**

Vorderseite	4 mm Solarglas	Schutzklasse	Anschlussdose IP 65
Rückseite	Mehrschichtfolie	Anschlusskabel	Multi Contact MC4 od. kompatibel
Zellentyp	monokristallin	Gewicht	21.9 kg
Abmessungen	1657 x 997 x 47 mm		

Über die Jahre setzte SUNSET Energietechnik immer wieder neue Qualitätsstandards. Fortlaufende Tests garantieren eine durchweg hohe Qualität. Jedes Modul wird einer visuellen, technischen und elektrischen Kontrolle unterzogen. Dies ist an dem original SUNSET-Etikett, der Seriennummer und an den SUNSET-Garantien erkennbar:

- 5 Jahre Produktgarantie
- 10 Jahre Leistungsgarantie auf eine Leistungsabgabe von 90%
- 25 Jahre Leistungsgarantie auf eine Leistungsabgabe von 80%
- Detaillierte Informationen finden Sie in unseren Garantiebedingungen
- Konform gemäß IEC 61215 und IEC 61730

Irrtum sowie technische Änderungen ohne Ankündigungen vorbehalten.

SUNSET Energietechnik GmbH • Industriestraße 8-22 • D-91325 Adelsdorf  
 Telefon 09195.94.94-0 • Telefax 09195.94.94-200 • E-Mail: support@sunset-solar.com

**PRODUKTION | IMPORT | GROSSHANDEL | PROJEKTIERUNG | ENGINEERING**

Partner:

## ***Elektrische Grundwerte***

### **STC Bedingungen**

Um Standardnormen festzulegen und PV weltweit vergleichbar zu machen, wurden die STC (Standard Test Conditions) definiert. Ein Modul muss unter diesen Bedingungen geprüft werden:

- Bestrahlung: 1000 W/m<sup>2</sup>
- Zelltemperatur: 25° Celsius gleichmäßig
- AM (Luftmasse): 1,5

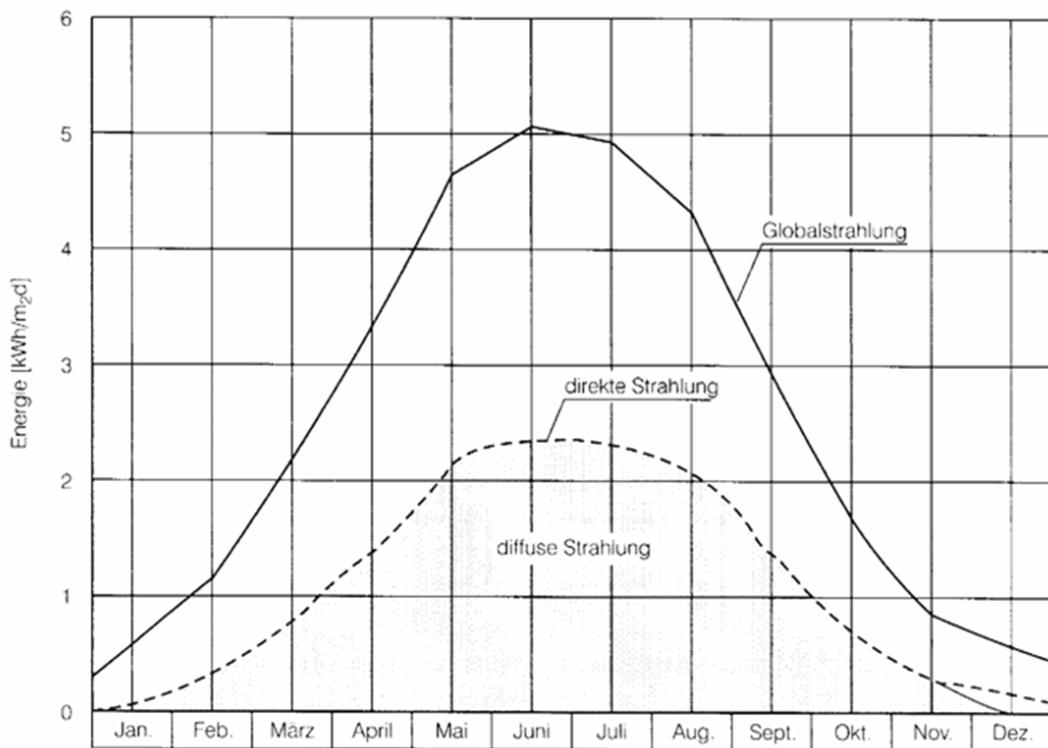
### **NOCT**

- NOCT = Normale Betriebszelltemperatur
- Definiert die normale Zelltemperatur
- Dient dem Vergleich der Werte von verschiedenen PV-Anlagen
- Die Rahmenbedingungen bestehen aus den folgenden Durchschnittswerten:
  - Windgeschwindigkeit: 1m/s
  - Intensität der Strahlung: 800 W/m<sup>2</sup>
  - Luftmasse: 1,5
  - Temperatur: 20°C
  - Die elektrische Spannung wird am offenen Stromkreis gemessen.

### **Die Strahlung**

- Die Strahlung setzt sich aus direkter und indirekter Strahlung zusammen.
- Unter direkter Strahlung versteht man ungebrochene, nicht reflektierte Sonnenstrahlen.
- Unter indirekter oder diffuser Strahlung versteht man Strahlung, die in der Luft durch Teilchen gebrochen wird oder einer Diffusion unterliegt.
- In Deutschland macht die diffuse Strahlung bis zu 50% der jährlichen Sonnenenergie aus, die auf einen Quadratmeter eintrifft.

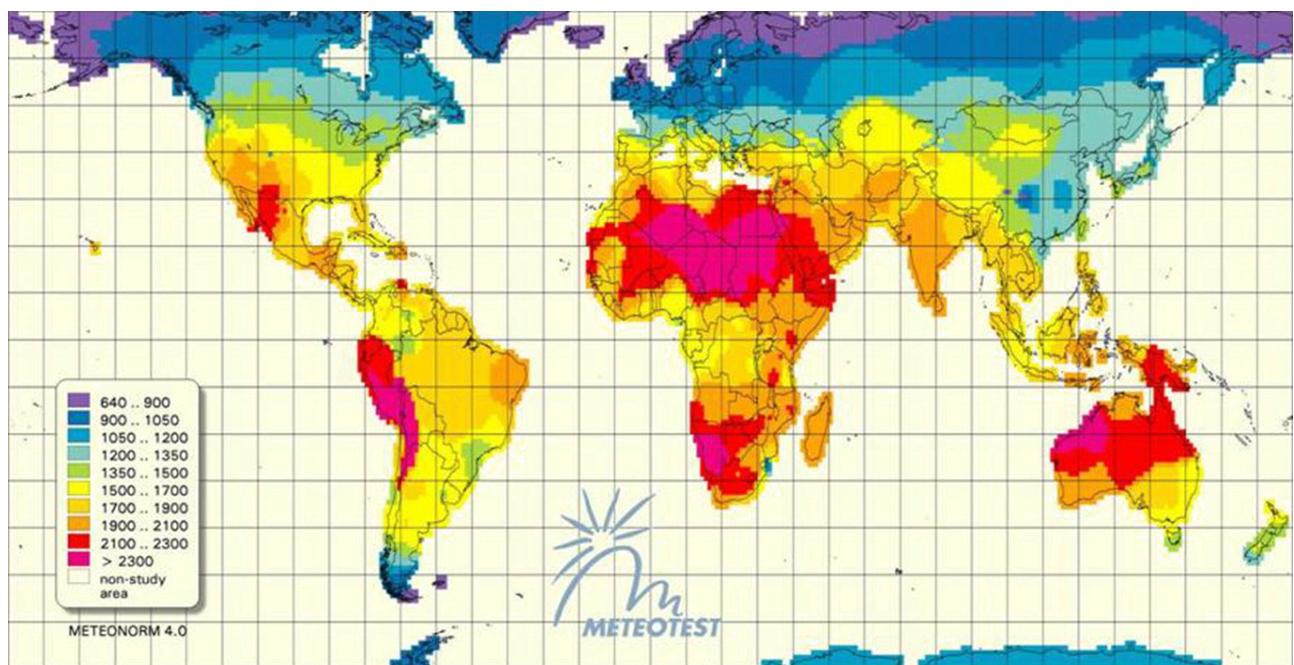
### Direkte/indirekte Strahlung



### Intensity of Radiation

- W/m<sup>2</sup> (Watt pro Quadratmeter).
- Steht für die Intensität der Sonneneinstrahlung und variiert mit der lokalen AM.
- Die Energie der Strahlung variiert ortsabhängig mit ihrer Dauer:
  - Angola: bis zu 2190 kWh/m<sup>2</sup>
  - Deutschland: 1150 - 1200 kWh/m<sup>2</sup>
  - Nordpol: 640 - 900 kWh/m<sup>2</sup>

### Strahlungsniveau weltweit



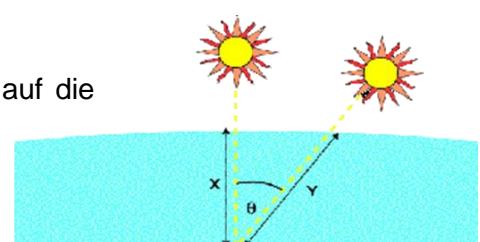
### Die Sonnenkonstante (E)

- Der Durchschnittswert der extraterrestrischen Strahlung wurde über viele Jahre hinweg ermittelt und als Sonnenkonstante E bezeichnet.
- Der Wert der Sonnenkonstante E beträgt  $1367 \text{ W/m}^2$ .
- Die Atmosphäre schwächt diese Sonnenstrahlung ab.
- $1367 \text{ W/m}^2$  ist die maximale Energie, die die Erde erreichen kann

### AM = Airmass

- Dieser Wert hängt vom Eintrittswinkel der Sonnenstrahlen auf die Erde ab.
- Wenn er  $90^\circ$  beträgt, ist der Weg der Strahlen durch die Atmosphäre am kürzesten.
- Die Reflexion und Absorption durch Luftmoleküle und Luftteilchen ist am geringsten.

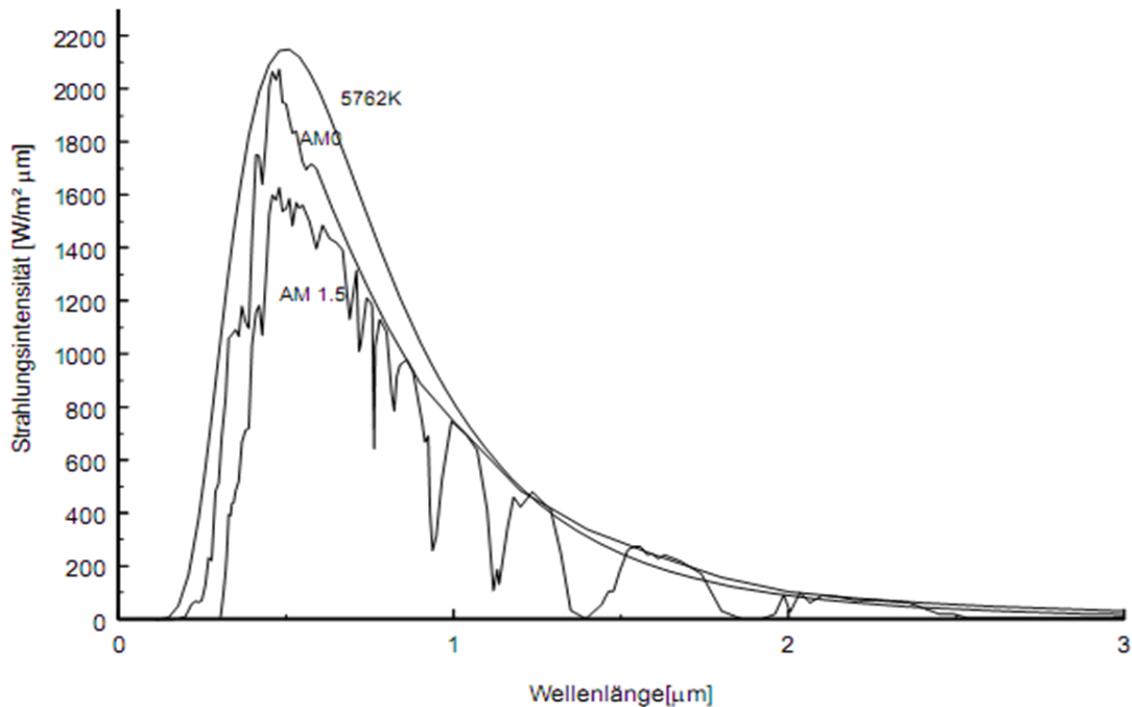
→ AM=1



$$\text{AM } X = 1/\sin(90 - \Theta)$$

$$\text{AM Deutschland} = 1,5$$

### Solar Spectrum



### Modulwerte unter STC

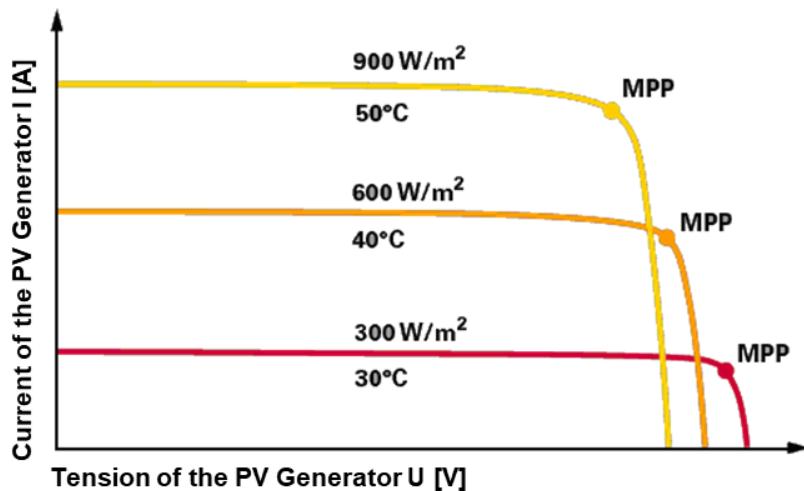
- Die Werte auf dem Datenblatt eines Moduls sind unter STC angegeben.

Hier finden wir:

- $P_{MPP}$ : Leistung am Punkt der maximalen Leistung unter STC Bedingungen.
- $U_{MPP}$ : Spannung am Punkt der maximalen Leistung.
- $U_{oc}$ : Spannung im Leerlaufzustand.
- $I_{MPP}$ : Strom im Punkt der maximalen Leistung.
- $I_{sc}$ : Strom im Falle eines Kurzschlusses.

### Definition der MPP

- Der MPP-Punkt einer PV-Anlage wird durch den Wechselrichter bestimmt, der die Kennlinie der Module erfasst.
- An dem auf dem Diagramm dargestellten MPP-Punkt können Sie die Spannung und den Strom am MPP-Punkt ablesen.
- Der MPP-Punkt variiert stetig mit der Einstrahlung und der Modultemperatur.



### Warum variiert der MPP Punkt?

- Die Energieausbeute eines PV-Moduls ist direkt proportional zur Intensität der Strahlung. Da diese Intensität ständig schwankt, bewegt sich der MPP-Punkt.
- Die Spannung eines Moduls ist meist nahezu konstant zur Strahlungsintensität und ändert sich nur mit der Temperatur des Moduls.
- Die wichtigen Daten hierzu (Temperaturkoeffizient) stehen im Datenblatt.
- Mit dem Temperaturkoeffizienten ist es möglich, die maximale und minimale Spannung für ein Modul zu bestimmen, was für die Dimensionierung einer Anlage wichtig ist.

Die folgende Formel ist zu verwenden:

$$U_{max} = U_{oc} - (\beta/100) * \Delta T_n * U_{oc}$$

$$U_{min} = U_{STC} - (\beta/100) * \Delta T_p * U_{oc}$$

$U_{max}/U_{min}$  = die maximale/minimale Spannung in Abhängigkeit von der Temperatur.

$\beta$  = Temperaturkoeffizient  $V_{oc}$  [%/K].

$\Delta T$  = Temperaturunterschied von 25 °C zur Mindesttemperatur der Zelle bei Sonneneinstrahlung.

$\Delta T_p$  = Temperaturunterschied von 25 °C zur maximalen Zelltemperatur unter Sonneneinstrahlung.

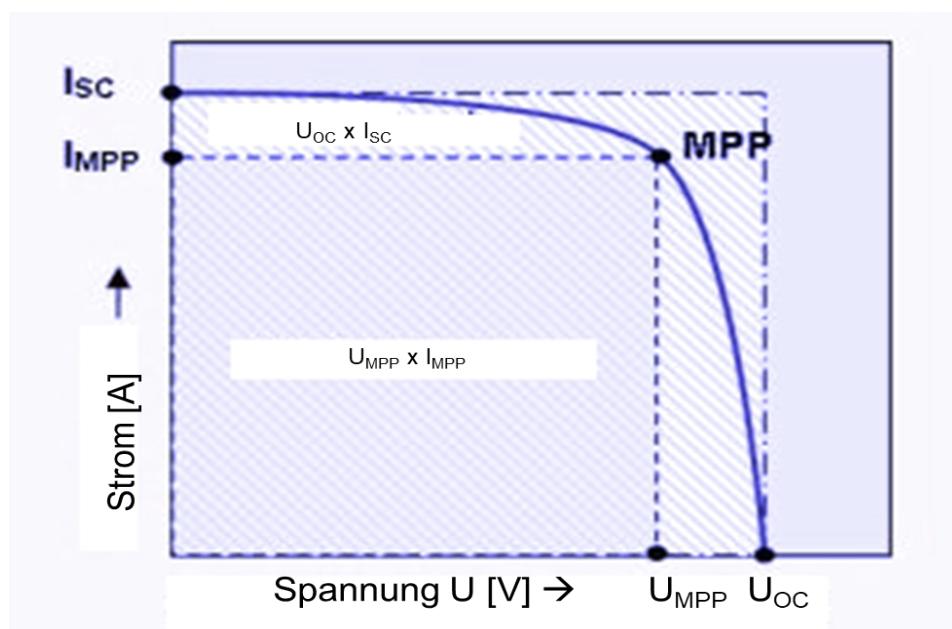
### Leerlaufspannung ( $U_{oc}$ )

- Die Leerlaufspannung  $U_{oc}$  (OC: open circuit) ist höher als die MPP Spannung.
- Die Ursache hierfür ist, dass der Solarkreis gerissen ist und somit ein hoher Widerstand gegen die Elektronen besteht, so dass sie nicht rekombinieren können.
- Ihr maximaler Versuch, zu ihrem Ursprung zurückzukehren, drückt sich in  $U_{oc}$  aus.
- Wenn  $U_{oc}$  angelegt wird, ist der Stromfluss = 0
- Da  $U_{oc}$  unabhängig von der tatsächlichen MPP-Nachführung ist, können die Moduldaten mit diesem Wert überprüft werden.

### Kurzschlussstrom ( $I_{sc}$ )

- - Der Kurzschlussstrom  $I_{sc}$  (SC: short circuit) bildet sich, wenn der Widerstand zwischen dem positiven und dem negativen Teil so gering wie möglich ist, und somit die Rekombination mühelos funktionieren kann.
- -  $I_{sc}$  ist also höher als  $I_{MPP}$ .
- - Die Spannung ist hier Null.
- - Dieser Wert sollte bei der Bewertung eines Moduls oder einer Anlage angegeben werden.

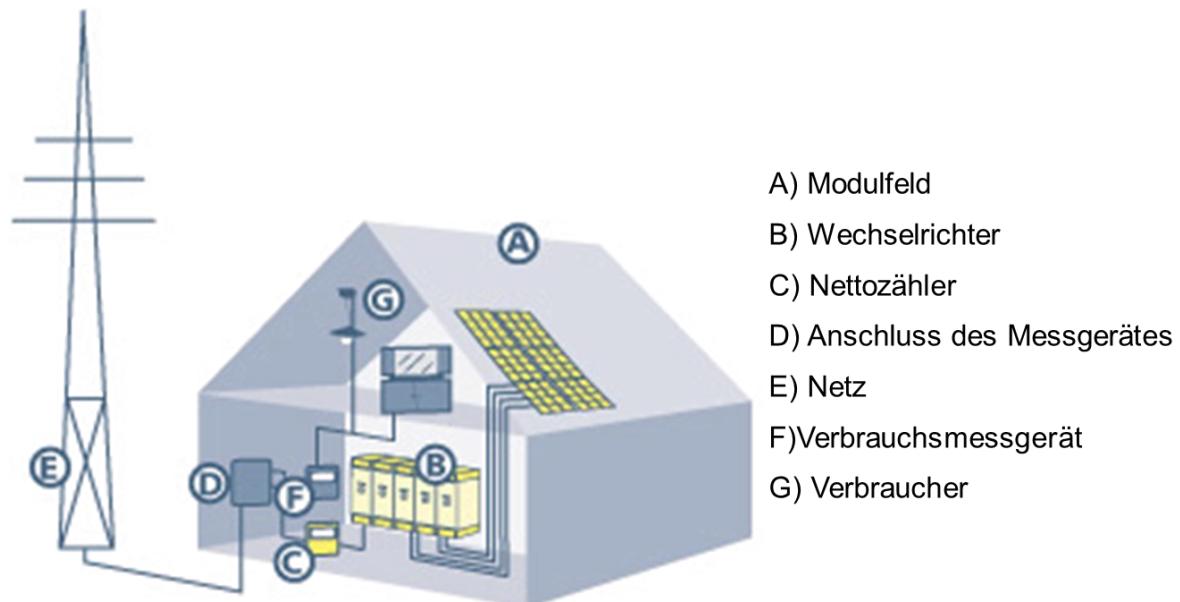
Diagramm der erörterten Werte



# Komponenten von PV

*Welche Komponenten bilden eine Anlage?*

## *Notwendige Komponenten*



## *Individuelles Aussehen der Komponenten*

### PV-Kabel

- Die verwendeten Solarkabel müssen den hohen Anforderungen gerecht werden.
- Sie sind permanent den Umweltbedingungen ausgesetzt.
  - Sonne
  - Regen
  - Tiere

### **Steckverbinder**

- Die aktuellen Steckverbinder sind kompatibel mit MC3 und MC4



### **DC Trennschalter**

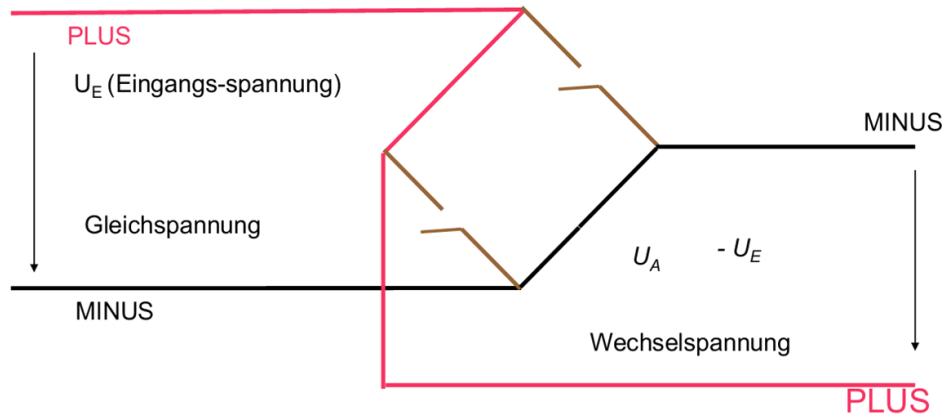
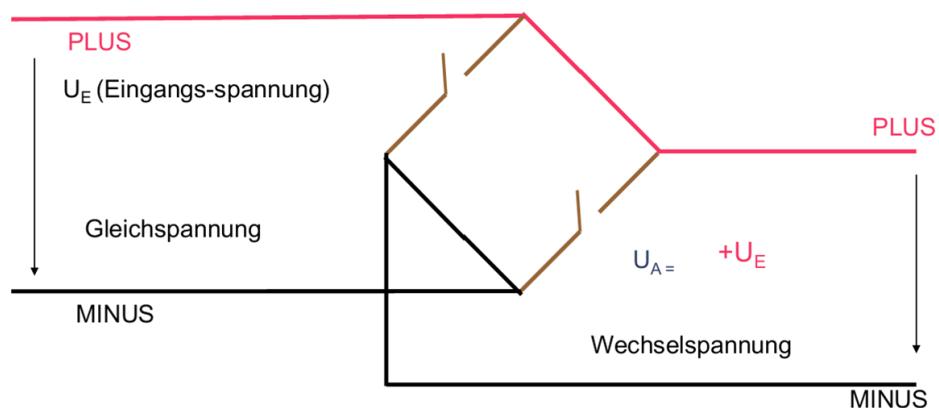
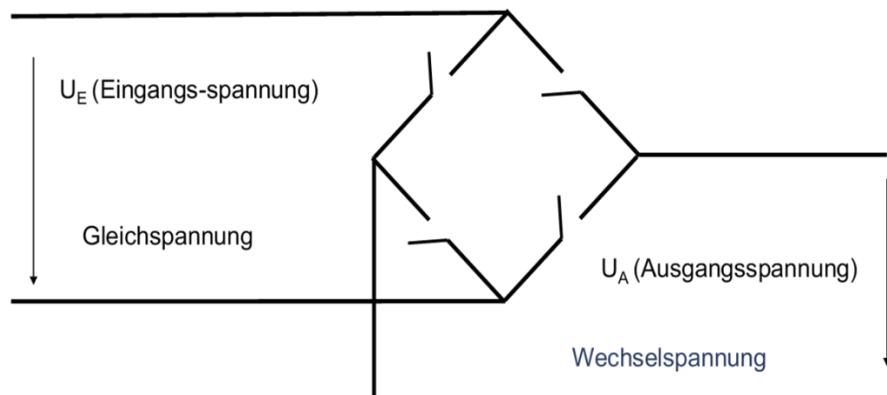
- DC-Trennschalter werden eingesetzt, weil im Falle eines Fehlers oder bei Installationsarbeiten keine Spannung am Arbeitsplatz anliegen darf.
- Sie sind entweder in den Wechselrichter integriert oder extern erhältlich.
- DC-Trennschalter müssen Gleichströme von bis zu 1.000 Volt und bis zu 25 Ampere verarbeiten können.
- Vermeiden Sie ständige Lichtbögen.

### **Wechselrichter mit Trafo**

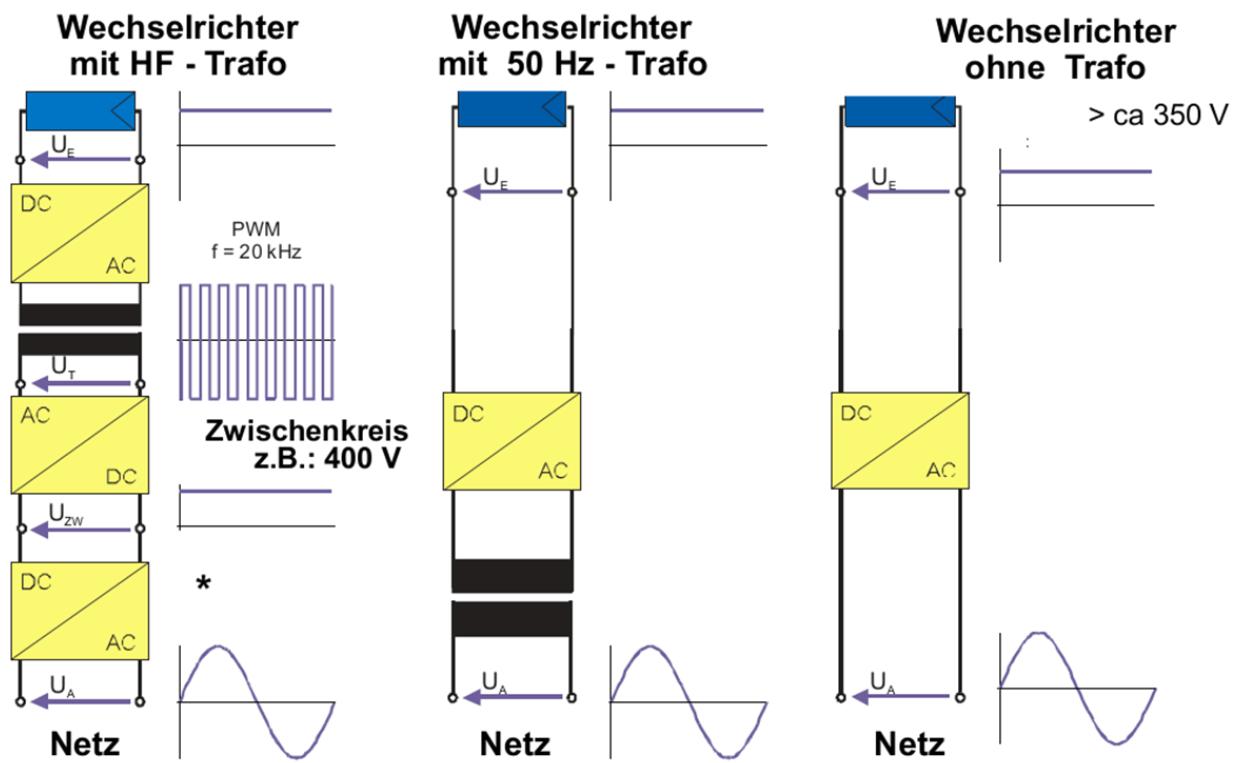
- Wechselrichter mit Transformator haben den Vorteil einer galvanischen Trennung zwischen der DC-Seite und der AC-Seite.
- Wechselrichter mit Transformator sind Modultypen, die Effekte wie potenzialinduzierte Degradation oder elektrische Aufladung vermeiden oder ihnen entgegenwirken.
- Der Wirkungsgrad solcher Geräte ist geringer, die Kosten und das Gewicht sind höher, weil mehr Elemente vorhanden sind.
- Wechselrichter ohne Transformator sind für die meisten Module mit kristalliner Technologie geeignet.
- Da sie weniger Material und elektronische Elemente benötigen, ist ihre Herstellung billiger und einfacher.
- Sie sind weniger anfällig für Defekte.
- Der Wirkungsgrad dieser Geräte ist höher.

- Nicht alle Modultypen können mit diesen Wechselrichtern verwendet werden, da eine nicht isolierte Funktionserfüllung nicht möglich ist.

## **Grundprinzip Wechselrichter**



## Anschlusssschemata von Wechselrichtern

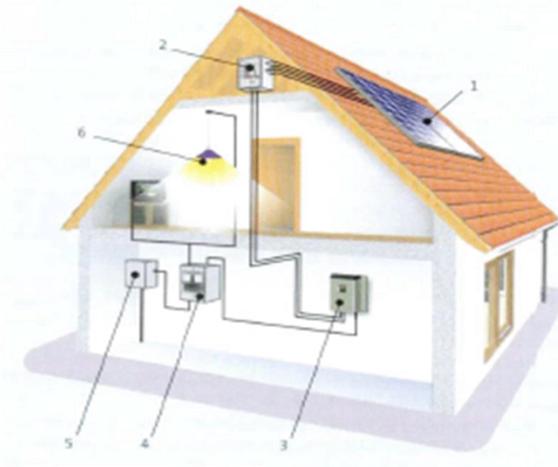


# Netzgekoppelte Installationen

*Funktionsweise und Komponenten*

## Hauptkomponenten

1. Modulfeld
2. PV Anschlusskasten
3. Netz Wechselrichter.
4. Netz / Verbrauchszähler
5. Netzanschluss
6. Verbraucher



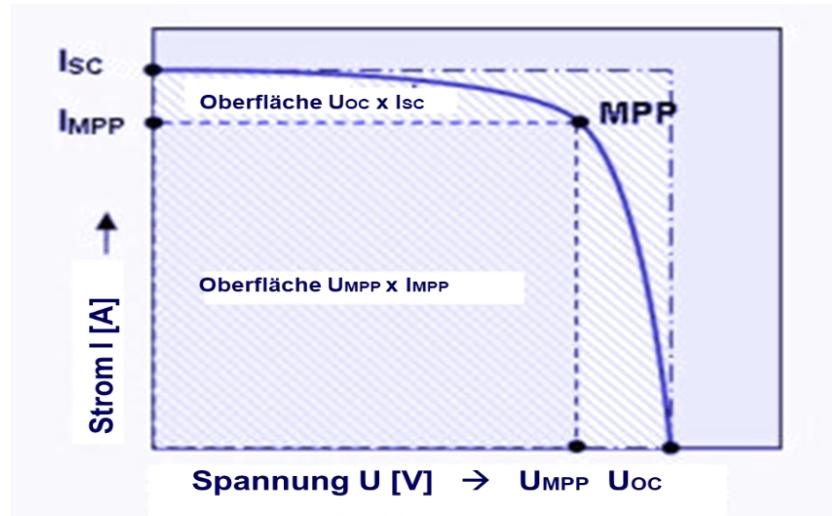
## **Der Wechselrichter**

- Wechselrichter wandeln den vom Modulfeld erzeugten Gleichstrom in einphasigen oder dreiphasigen Wechselstrom um und passen Spannung und Frequenz an die Eigenschaften des vorhandenen Netzes an.
- Wechselrichter kontrollieren und überwachen die Netzparameter und schalten das Einspeisesystem ab, wenn die Parameter überschritten werden.
- Sie sind in verschiedenen Größen erhältlich und werden je nach den Parametern des Modulfeldes ausgewählt.

## Technische Anforderungen für Netz-Wechselrichter

- Erzeugung von Sinuswellen, die mit den Sinuswellen des Netzes synchron sind
- Exakte Lokalisierung des MPP-Punktes in der Strom-Spannungs-Kurve des Modulfeldes.
- Hocheffizienter Betrieb sowohl bei optimaler als auch bei teilweiser Einspeisung.
- Automatischer und zuverlässiger Betrieb.
- Anzeige der Leistung, der Herkunft von Defekten, usw.
- Entsprechen jeder Spezifikation und Norm.

### Der MPP Punkt



### Wechselrichtertypen

- Zentralwechselrichter für Großanlagen.
- Wechselrichter für einen oder mehrere Strings oder für kleine oder mittlere Anlagen.
- Wechselrichter für einzelne Module.

### Zentralwechselrichter

 Powador XP series von 100 kVA bis 550 kVA



 Powador kilowatt/  
megawatt Station von 500  
kVA bis 1050 kVA

- Kombination aus Parallel- und Reihenschaltung der Module
- Nur anwendbar, wenn das Modulfeld eine einheitliche Ausrichtung hat.
- Nur anwendbar, wenn alle Module im Feld die gleichen technischen Eigenschaften haben.

- Normalerweise besteht das Modulfeld aus verschiedenen Strängen, die vor dem Anschluss an den Wechselrichter mit einer Anschlussdose verbunden werden..

**Vorteile:**

- Günstige Einkaufspreise.
- Robuste Konstruktion.
- Übersichtlicher Anschluss aller DC-Kabel durch eine Anschlussdose.

**Wechselrichter für kleine und mittelgroße Anlagen**

Kaco TL3  
33.3 – 60.0 kVA



Kaco/SUNSET  
TL3 9 – 15 kVA



SUNSET TL3  
3 – 8 kVA



- Wenige Strings pro Wechselrichter.
- Genaue Überwachung der kleinen Systemkomponenten.
- Möglichkeit, verschiedene Ausrichtungen für Teile der Anlage zu berücksichtigen.
- Im Falle einer Beschädigung fällt nur ein Teil der Anlage aus.
- Möglichkeit, verschiedene Modultypen in einer Anlage zu verwenden.
- Möglichkeit zur Berücksichtigung von Verschaltungssituationen.
- In bestimmten Wechselrichtertypen sind verschiedene MPP-Tracker integriert.

### **Wechselrichter für Einzelmodule**

SUNSET Wechselrichter  
für den Anschluss von  
Einzelmodulen



Einzelne Module oder ein Paar von Modulen können perfekt verbunden werden.

#### **Vorteile:**

- Es ist keine DC-Verkabelung notwendig.
- Schatten auf einem Modul oder Wechselrichterdefekte haben keinen Einfluss mehr auf das restliche Modulfeld.
- Ideal, wenn Module mit unterschiedlichen Parametern in der Anlage eingesetzt werden.
- Optimierung der Leistung der einzelnen Module.

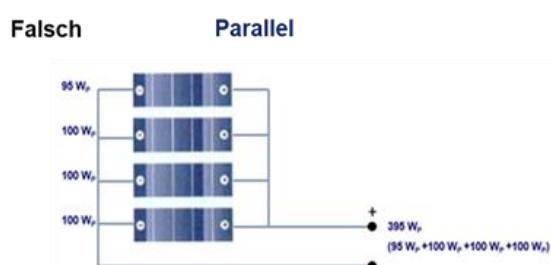
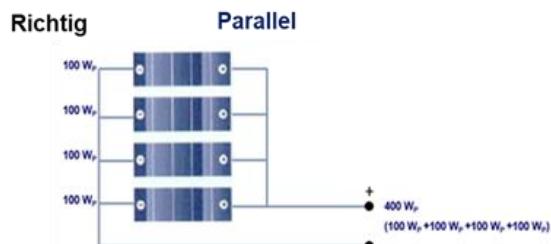
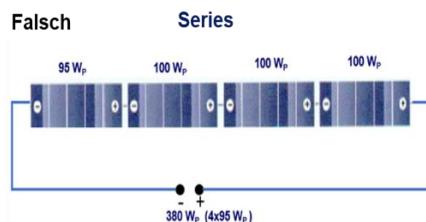
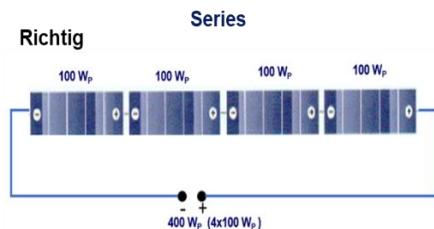
#### **Anschluss der Module**

- Die Module können in Reihe, parallel oder in einer Kombination aus beiden Möglichkeiten angeschlossen werden.
- Die Eigenschaften des gewählten Wechselrichters bestimmen die Verkabelung und Verdrahtung der Photovoltaik-Generatoren; Reihenschaltung/Parallelschaltung.
- In der Regel werden die Module von netzgekoppelten Anlagen in Strings verschaltet. Die maximale Spannung eines Strangs muss geringer sein als die maximale Spannung des Wechselrichters.

## Anschlusstypen

Anschluss in Reihe:

- Der Ausgangsstrom eines Strangs hängt von dem schwächsten Modul ab.
- Die Ausgangsspannung ist die Summe aller Modulspannungen eines Strangs.
- In einem Stromkreis ist es wichtig, dass die Module den gleichen Strom liefern.

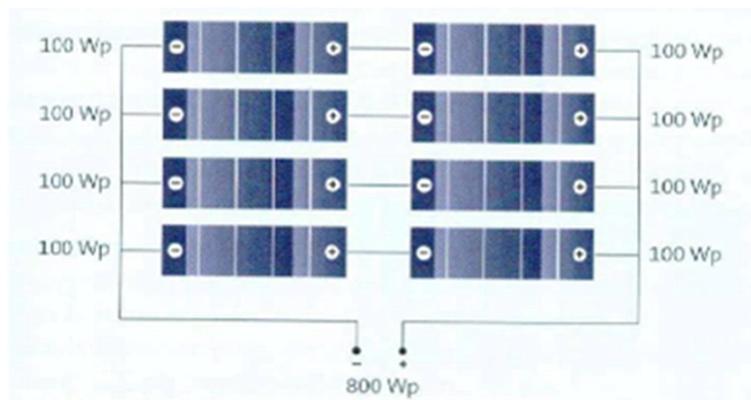


Parallelschaltung:

- Das schwächste Modul bestimmt die Spannung
- Die Ströme werden zu einem Gesamtstromwert addiert
- Bei parallel geschalteten Strings ist es wichtig, auf annähernd gleiche Modulspannungen zu achten

## Reihen und Parallelschaltung:

### Reihen-Parallelschaltung



### **Kompatibilität, Größe und Ort der Installation**

- Nicht nur der Wechselrichter, sondern auch das Modulfeld muss auf die anderen Komponenten abgestimmt sein.
- Das Verhältnis zwischen der AC-Leistung des Wechselrichters und der DC-Leistung der Module darf nicht schlechter als 0,95 sein (optimierte Ausrichtung).
- Der MPP-Bereich des Wechselrichters muss mit den MPP-Spannungen des Modulfeldes übereinstimmen.
- Die maximale Spannung des Wechselrichters darf nicht überschritten werden.

### **Ort der Installation des Wechselrichters**

- Der Aufstellungsort muss kühl, trocken und zugänglich sein.
- Bei Temperaturen von mehr als 70 °C beginnt der Wechselrichter die angeschlossene Leistung zu reduzieren, um sich selbst zu schützen.
- Die Hinweise des Verarbeiters sind bei der Installation zu beachten.

### **Erforderliche technische Daten für die Auswahl eines geeigneten DC-Wechselrichters**

#### **Modul Daten**

- $U_{MPP}$
- $U_{STC}$
- $I_{MPP}$
- $I_{SC}$

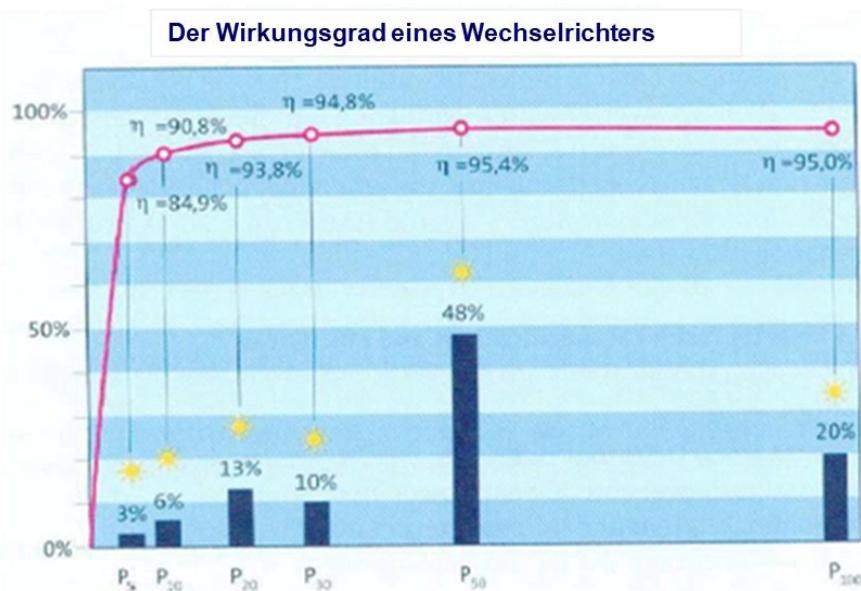
#### **Wechselrichterdaten**

- Spannungsbereich des MPP-Eingangs
- Maximale Spannung
- Startspannung, maximaler Eingangsstrom
- Anzahl der MPP-Tracker
- Einphasige/ dreiphasige Versorgung

- Maximaler Strom
- Zulässige unsymmetrische Belastung des Netzes.

### Wirkungsgrad eines Wechselrichters

- Der Wechselrichter arbeitet je nach Ladung mit unterschiedlichen Wirkungsgraden.
- Dies wird in der Wirkungsgradkurve eines Wechselrichters dargestellt.
- Für den Vergleich verschiedener Wechselrichter reicht es nicht aus, die Anlage nur unter optimalen Bedingungen zu betrachten, da die maximale Leistung nicht immer vorhanden ist.



### Solarkabel

Für die DC-Verkabelung einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage müssen die Kabel zusätzliche Anforderungen erfüllen, die über die der AC-Kabel hinausgehen:

- Doppelte Isolierung.
- Beständigkeit gegen UV und Wasser.
- Extreme Temperaturbereiche (etwa -40°C bis 120°C).
- Extreme Spannungen ( $\geq 2 \text{ kV}$ ).
- Flexibilität.
- Feuerbeständig, geringe Toxizität im Falle eines Brandes, halogenfrei.

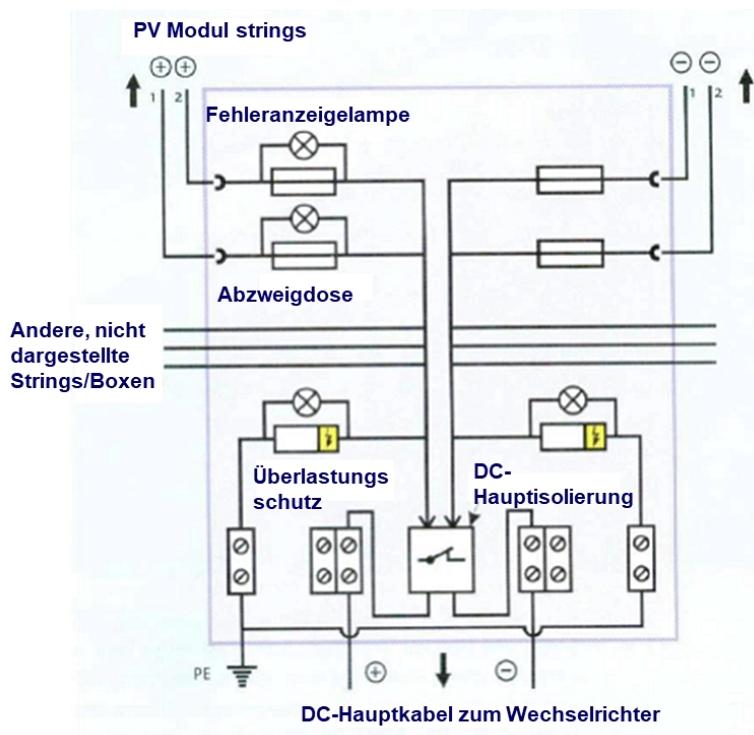
- Konzipiert für Gehäuse mit niedriger Spannung (normalerweise 2 %).

### Die PV Anschlussdose

- Die Strings können auf dem Feld in Verteilerkästen angeschlossen werden.
- Die Anzahl der Kabel, die zu den Wechselrichtern führen, kann so reduziert werden.

### Hauptfunktionen:

- Parallelschaltung der Modulstränge.
- Vereinfachung der Prüfung von Modulstrings (wenn leicht zugänglich).
- Platz für die String-Sicherungen.
- Platz für die Schutzvorrichtungen gegen Überspannung.



- Schutz von Hochspannungsleitungen, die im Fehlerfall auftreten können.
- Ein Überspannungsschutz schützt das Modulfeld vor hohen induzierten Spannungen bei Blitzeinschlägen usw.
- Anforderungen an die Abzweigdose:
  - IP 54

- Positiver und negativer Teil müssen räumlich getrennt sein.
- Pro Wechselrichter/ MPP-Tracker ist ein Anschlusskasten erforderlich.
- Der Anschlusskasten kann auch einen DC-Trennschalter enthalten, der die Trennung des Wechselrichters von der DC-Seite ermöglicht.
- Wenn er den Haupttrennschalter enthält, muss er leicht zugänglich sein.

### **Der DC Haupttrennschalter**

- Die Integration eines DC-Trennschalters in die Anlage ist notwendig.
- Bei der Installation, bei Wartungs- oder Reparaturarbeiten trennt der Trennschalter die Anlage und den Wechselrichter.
- Die Parameter des DC-Trennschalters müssen über den Modulfeldwerten liegen.
- Angeschlossene Spannung: mindestens 1.000 V.
- Angeschlossener Strom: Beispiel 20 A / 25 A.

### **Messgerät und Netzzählung**

- Der Stromzähler misst die aus dem Netz entnommene und die ins Netz eingespeiste Energie.
- Bilanzierende Zähler berücksichtigen diese Werte, um den Stromverbrauch zu reduzieren.
- Falls dies nicht zulässig ist, kann ein bidirektonaler Zähler eingesetzt werden.
- Die Zähler sind in einer einphasigen und einer dreiphasigen Ausführung erhältlich.

### **Fernüberwachung**

#### **Datenlogger**

- Kann an die meisten Wechselrichter angeschlossen werden.
- Veranschaulichung der Werte von Wechselrichtern.
  - Spannungen, Ströme, Leistungen.

- Systemfehler werden aufgezeichnet.
- Über ein Portal oder ein Programm können die Daten in Grafiken dargestellt werden.
- Weltweiter Zugriff, über den heimischen Computer.
- Sensoren können weitere Werte liefern
  - Temperatursensoren (Modultemperatur, Umgebungstemperatur).
  - Strahlungssensor
  - Windsensor.

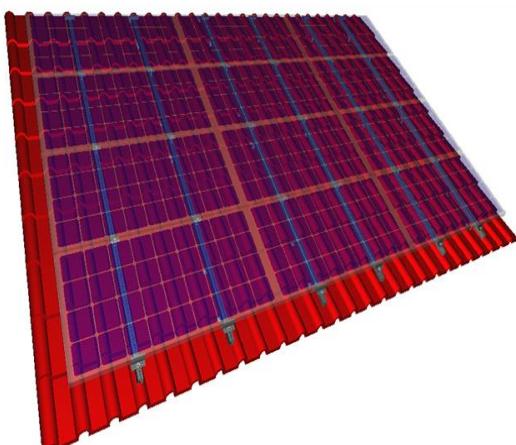
## ***Montagestrukturen für die Module***

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für den Aufbau von Modulen:

- Auf-Dach-Montage
- Dachintegration
- Gekippter Einbau
- Orientierungssysteme
  - Unidimensional
  - Zweidimensional

### **Installation auf dem Dach**

- Es ist notwendig, die Abmessungen des Daches und die Dachart (Ziegel, Wellblech) zu kennen.
- Die Generatoren werden mit Hilfe von Modulhaken am Schienensystem befestigt.
- Die Gleichstromkabel werden an der Struktur befestigt.
- Es ist ratsam, die Struktur von einem Fachmann montieren zu lassen.



### **Dachintegration**

- Die Integration des Daches erfordert mehr Zeit, und der Einbau ist schwieriger. Für die Installation sollte der Lieferant konsultiert werden.
- Hinter den Modulen ist eine ausreichende Belüftung wichtig, da Hitze die Leistung um bis zu 20 % verringern kann.
- Die Beständigkeit gegen Regen sollte gewährleistet sein.
- Wenden Sie sich an einen Experten für Dachintegrationssysteme.

### **Gekippte Installation auf Dächern**

- Anwendung auf Flachdächern oder auf Dächern mit geringer Neigung.
- Durch die Montagekonstruktion wird das Modulfeld angepasst.
- Gekippte Systeme auf offenen Feldern heben die Modulfläche an und richten sie aus.



### **Orientierungssysteme**

- Das Nachführsystem kann horizontal und vertikal, nur horizontal oder nur vertikal erfolgen.
- Erhöhte Leistung.
- Höherer Energieverbrauch durch das Nachführsystem und den Motor.
- Lohnt sich, wenn wenig Platz vorhanden ist und hohe Einstrahlungswerte vorhanden sind.
- Erfordert mehr Wartungsarbeiten.



# Die Installation

## ***Inspektion des Aufstellungsortes***

### **Bewertung des Daches**

- Prüfen/ Sortieren der Stabilität:
- Sind die Dachbalken intakt?
- Sind die Ziegel/ die Eindeckung bequem?
- Bei Flachdächern: Sind die statischen Voraussetzungen ausreichend?
- Kann auf dem Dach verlegt werden?



### **Sicherheit auf dem Dach**

Sicherheit ist von größter Bedeutung.

- Besteht die Gefahr, vom Dach zu fallen?
- Besteht die Möglichkeit, dass etwas von oben herunterfällt?
- Welche Sicherheitsausrüstung ist erforderlich?
- Abstand zu den Grenzen einhalten
- Sicherheitsausrüstung oder Gerüste?

## **Elektrotechnische Sicherheit**

Beachten Sie die Sicherheitsvorschriften.

- Unterbrechung.
- Schutz gegen Wiedereinschalten.
- Herstellung eines spannungsfreien Betriebszustandes.
- Elektrische Erdung und Kurzschluss.
- Erfassen von nahen, unter Spannung stehenden Bauteilen.

## **Sicherheitsausrüstung**

Sicherheitseinrichtungen auf dem Dach.

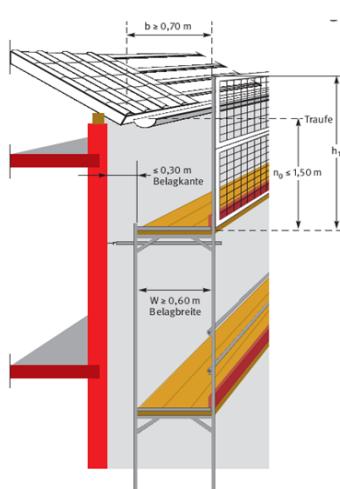
- Sicherheitsgurt gegen Herunterfallen vom Dach.
- Seil
- Fixierung
- Maximal 8 Arbeitsstunden.



Mehr Sicherheitsausrüstung.

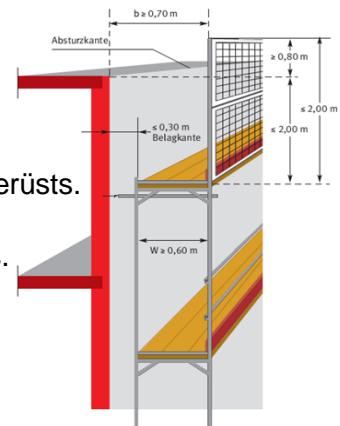
- Schutzbrille
- Gehörschutz
- Sicherheitsschuhe
- Sicherheitshandschuhe

## **Gerüste**

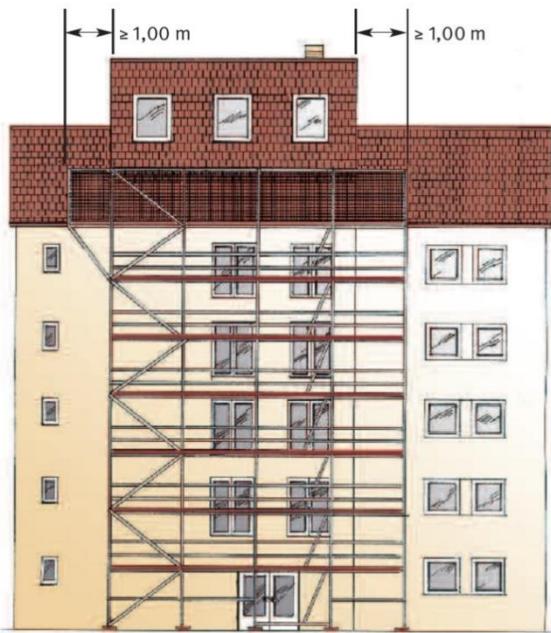


Schutz gegen Absturz, Verwendung eines Gerüsts.

- Gerüste an der Unterkante des Daches.
- An den Seiten.
- Sicherheitsnetz an den Seiten.



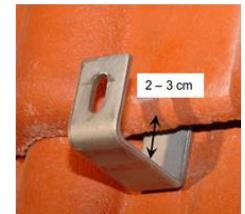
Visier auf einem Gerüst mit seitlichen Überlängen.



### **Montage der Montagestruktur**

#### **Ziegeldach**

- Legen Sie die Dachlatten frei.
- Befestigen Sie die Dachhaken.
  - Sie müssen vollständig auf den Balken liegen.
  - Sie dürfen nicht auf den Fliesen liegen.
- Befestigen Sie die Schienen an den Haken.
- Im Falle einer doppelten Montagestruktur:  
die zweite Reihe von Schienen montieren.



### Andere Dachtypen

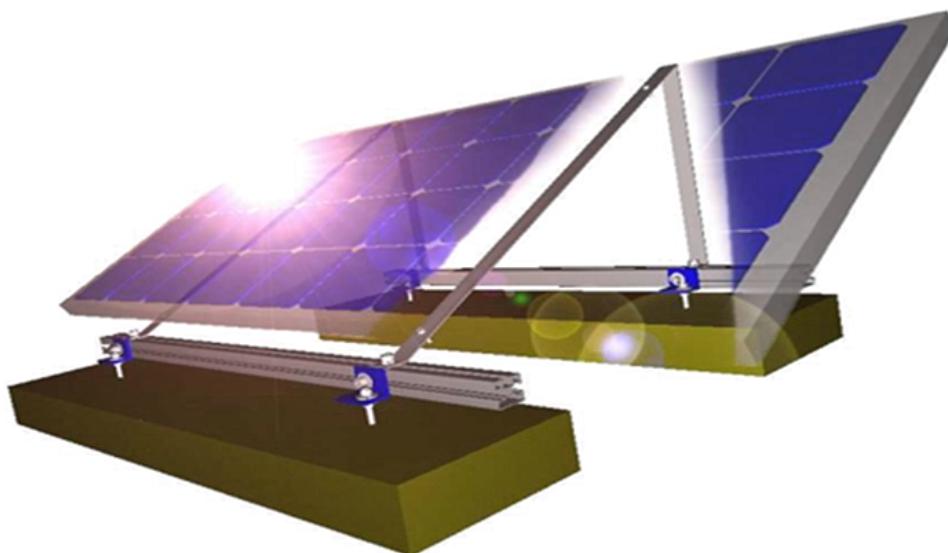
- Anbringen der Fixierung
  - Bringen Sie die Haken für das Trapezblech an.
  - Bohrungen/Standardschrauben positionieren.
  - Kalzip-Klemme/Stehfalzklemme.
- Montieren Sie, falls erforderlich, die Läufer.
- Befestigen Sie die Schienen an den Winkeln bzw. an der Halterung.

Da hier die Abstände der Konstruktion willkürlich sind, wird in der Regel eine einfache Montagekonstruktion gewählt.



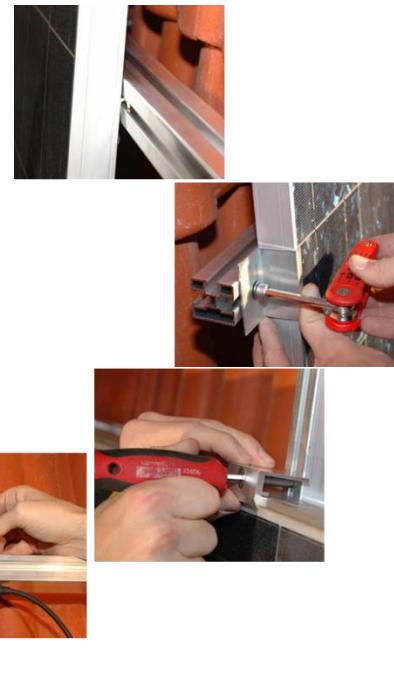
### Flachdach

- Justieren Sie die Belastungselemente / bringen Sie die Stockschrauben an.
- Befestigen Sie die Winkel an den Ladungselementen.
- Befestigen Sie die Schienen/ den Kippaufbau an den Winkeln.
- Befestigen Sie die Traversen.



### **Modul mit Rahmen:**

- Setzen Sie die Module auf die Montagestruktur.
- Befestigen Sie die Module (an den Rändern mit Abschlussfittings, sonst mit mittleren Fittings).
- Verbindung der Module während der Anwendung.



### **Rahmenlose Module - Laminate:**

- Tragen Sie ein Zwischengummi auf
- Setzen Sie die Module auf die Montagestruktur.
- Befestigen Sie die Module (an den Rändern mit Abschlussbeschlägen, sonst mit mittleren Beschlägen).
- Verbindung der Module während der Anwendung.

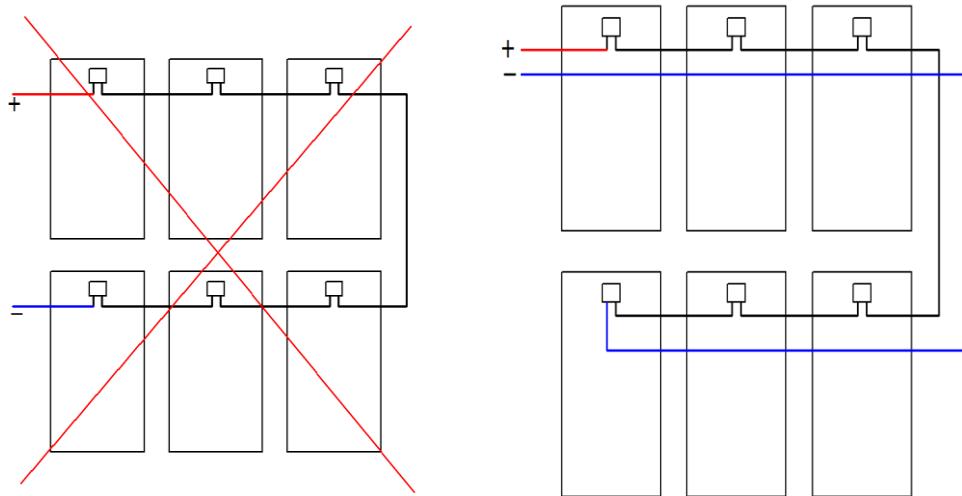
### **Montage der Module: Wichtige Faktoren**

- Achten Sie auf eine sichere Verbindung/ korrekte Kontakte.
- Lassen Sie keine Schrauben oder Befestigungen locker.
- Binden Sie die Kabel unter den Modulen an der Montagestruktur fest.
- Bei Verwendung von Laminaten die Schrauben nicht zu fest anziehen (Bruchgefahr).
- Die Module stehen unter Spannung. Sie können nicht abgeschaltet werden.

### **Verkabelung/ Kabeltrasse**

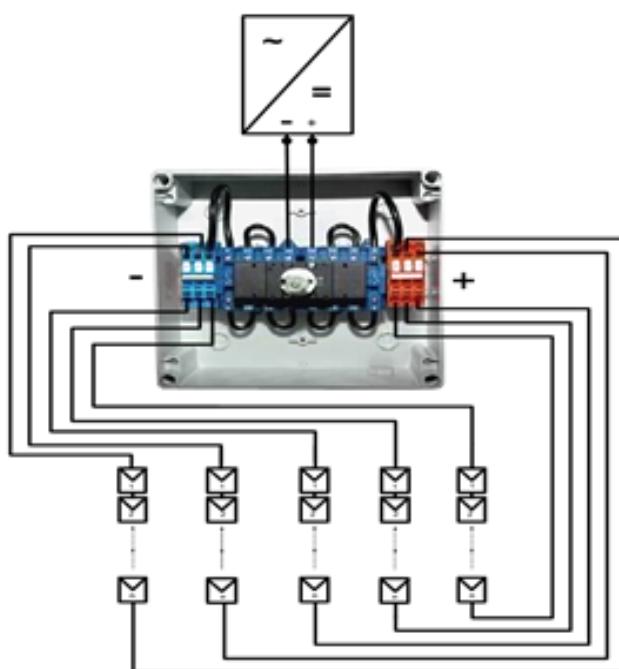
- Fotovoltaikkabel sind:
  - Beständig gegen UV-Strahlung.
  - Widerstandsfähig gegen Witterungseinflüsse.
- + und - müssen nebeneinander geführt werden.

- Bestimmen Sie einen angemessenen Biegeradius für die Kabel.
- Vermeiden Sie scharfe Kanten in Durchgängen (Wand/Dach).
- Längere, hängende Leitungen unterstützen.
- Achten Sie auf die Polarität und kennzeichnen Sie diese.
- Beschriften Sie einzelne Kabel.



### Montage des DC-Trennschalters

- Die DC-Trennschalter werden direkt am Wechselrichter installiert.
- Die Befestigung an der Wand erfolgt mit Schrauben.
- DC-Trennschalter haben Federzugklemmen. Leitungsabschlüsse sind nicht erforderlich.
- Wichtig ist, dass der betreffende Wechselrichter sicher zugeordnet werden kann.



### **Montage des Wechselrichters**

- Der Wechselrichter ist auf einer Grundplatte befestigt.
- Die Grundplatte wird mit Schrauben an der Wand befestigt.
- Halten Sie die Abstände zu anderen Geräten/ Wechselrichtern oder zu Wänden ein.
- Stellen Sie die Zugänglichkeit sicher.
- Achten Sie auf die Schutzart.

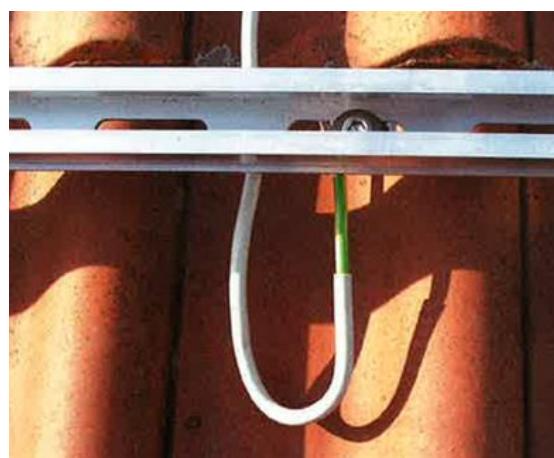
### **Anschluss des Wechselrichters**

- Entweder mit Stockschrauben oder mit Federzugklemmen.
  - Schraubklemmen mit Drahtanschlüssen.
- Einphasiger oder dreiphasiger Anschluss.
- Die Isolation darf nicht geklemmt werden.
- Achten Sie bei der Installation immer auf Spannungsfreiheit.
- Schließen Sie den Gleichstromteil entsprechend der Polarität an; eine Änderung der Polarität kann zu Schäden am Gerät führen.



### **Elektrische Erdung der Montagestruktur**

- Die Montagekonstruktion muss über einen Erder und ein Kabel geerdet werden.
- So können kapazitive Erdströme sicher abgeleitet werden.
- Sorgen Sie für eine leitende Verbindung zwischen den verschiedenen Teilen der Montagestruktur.
- Erden Sie die Anlage an mehreren Punkten.



### Datenaufzeichnung

- *Die Datenprotokollierung einer Anlage kann erfolgen über:*
  - *eine Sichtung der Leistung an den Wechselrichtern und Zählern.*
  - *eine Messung der Ströme und Spannungen.*
  - *ein Datenerfassungsgerät*
- *Ein Datenlogger bietet komfortable Möglichkeiten wie die Visualisierung der Daten oder den einfachen Zugriff auf die Daten.*



### Datenaufzeichnung

#### **SUNlog**

#### **XL**

- *Schnittstelle*
  - *Ethernet - ISDN - GPRS - analog*
  - *Max. 31 Wechselrichter*

#### **Licht**

- *Schnittstelle*
  - *Ethernet - analog*
- *Max. 5 Wechselrichter*
- *Max. 20 kWp*

#### **Wohnen**

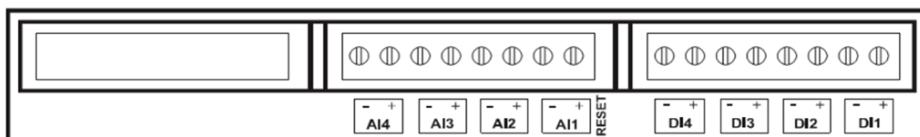
- *Schnittstelle*
  - *Ethernet*
- *Max. 3 Wechselrichter*
- *Max. 15 kWp*



### Installation des Datenloggers



### Die Schnittstellen



Analogeingänge A1-A4 :

0-10 V

0-20 mA

Digitaleingänge D1-D4 :

Optisch

getrennt

12 bis 24 VDC

### **Installation der Sensoren**

- *Angemessen: ein Sensor pro Ausrichtung.*
- *Der Sensor wird an die analoge Schnittstelle des Datenloggers angeschlossen.*
- *Montieren Sie den Sensor an der Schiene der Anlage (kleben/schrauben).*
- *Passen Sie die Ausrichtung des Sensors an die Ausrichtung der Anlage an.*



### **Temperatursensor:**

- *Angemessen: Modultemperatur und Umgebungstemperatur.*
- *Der Sensor ist mit der analogen Schnittstelle des Datenloggers verbunden.*
- *Installieren Sie den Modulsensor hinter einem Modul der Anlage (Stock).*
- *Der Sensor muss vollständig auf dem Modul aufliegen.*
- *Befestigen Sie den Umgebungssensor an einem schattigen, windgeschützten Ort..*



### **Windsensor:**

- *Angemessen: ein Windsensor pro Anlage.*
- *Der Sensor wird mit der analogen oder digitalen Schnittstelle des Datenloggers verbunden.*

- *Der Sensor wird auf einer Stange montiert, so dass er von der höchsten Position aus arbeiten kann.*
- *Achten Sie auf einen isolierten Montageort für den Windsensor.*



### Überprüfung der Installation

- *Messung der einzelnen Strings mit einem geeigneten Messgerät.*
- *Gemessen werden die Werte  $U_{OC}$ ,  $I_{SC}$  und der Widerstand der Isolation gegen die Erde.*
- *Die Werte werden in einem Protokoll festgehalten, das dem Kunden zur Verfügung gestellt wird.*
- *Abschließende visuelle Kontrolle der Kabel und des Modulfeldes.*



### Aushändigung an den Kunden

- *Der Kunde wird durch die Anlage geführt, um ihm die Möglichkeit zu geben, sie zu besichtigen.*
- *Die Funktionsweise wird erklärt, ebenso wie die Handhabung der Wechselrichter, Sensoren, des Datenloggers und der Trennschalter.*
- *Der Kunde wird über die Wartungsintervalle informiert.*
- *Die Messprotokolle werden ausgehändigt.*
- *Mit seiner Unterschrift erkennt der Kunde die voll funktionsfähige Anlage an.*

### **Verlassen der Baustelle**

- *Die Baustelle wird in demselben Zustand belassen wie vor der Installation:*
  - *Lassen Sie keine Komponenten zurück, die nicht mehr benötigt werden.*
  - *Reinigen Sie die Baustelle.*
  - *Lassen Sie keinen Abfall zurück.*
  - *Stellen Sie das Funktionieren der Anlage sicher.*

*So nicht!*



*So nicht!*



*So nicht!*



*So nicht!*



*So nicht!*





*So nicht!*



# Inselnetz Installationen

*Was sind die richtigen Komponenten?*

## Konfigurationsbereich des Systems

	Eigenständige PV-Systeme	Leistungsbereich	Anwendung
		DC- Lasten	Einfache Gleichstrommotoren, Springbrunnenpumpen, Ventilatoren
		Pumpen, Kathodischer Schutz	Pumpen mit Stromaufbereitung, kathodischer Schutz
		AC-Lasten	Größere AC-Pumpen oder andere AC-Antriebe
		DC- Lasten	Minaturgeräte, Taschenrechner, Uhren
		DC- Lasten	
		DC- Lasten	
		DC- Lasten AC- Lasten	Abgelegene Häuser, Schulen, Krankenhäuser - mit zusätzlicher Stromquelle (Diesel / Wind) in größeren Installationen
 PV Modul(e)  Wechselrichter			Blei-Säure- oder NiCd-Akku, Kondensator
 Laderegler, Batterieüberwachung			Zusätzlicher Strom Quelle, Diesel, Wind

## Grundlagen für die Dimensionierung von Systemen

Um ein gutes Inselsysteme zu dimensionieren, müssen die folgenden Parameter berücksichtigt werden:

- Reduzieren Sie den Verbrauch und sparen Sie Energie.
- Dimensionieren Sie konservativ
- Verwenden Sie eine gute Solarbatterie
- Gefährden Sie die Anlage nicht mit einem billigen Laderegler
- Erstellen Sie eine detaillierte Verbrauchsanalyse:
  - Wattzahl pro Gerät und Betriebsstunden/Tag □ Wh/Tag und Ah/Tag
  - Systemverluste (ca 10 %)
  - MPPT-Anpassung der Module (ca. 70 %)

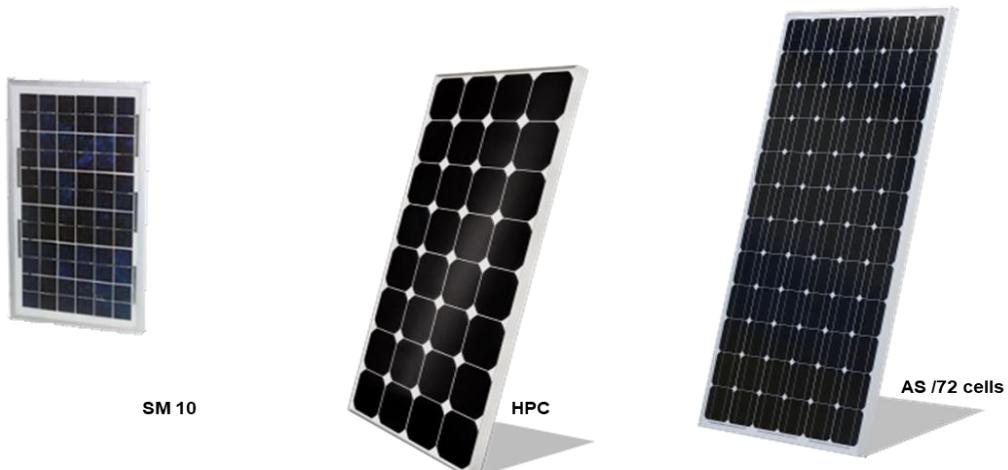
- *Batterieverluste (ca. 15 %)*
- *Batteriekapazität (POD 70 %) - POD = Entladetiefe.*
- *Lokale Bestrahlung*
- *Zeitraum der Autonomie (- 7 Tage).*
  - › *Leistung des Moduls* › *Entladesteuerung* › *Batteriekapazität*

## **Modul Grundlagen**

- *Die Leistung einer Inselsysteme Installation muss so bemessen sein, dass sie jederzeit 100 % des Verbrauchs deckt.*
- *Da die meisten Inselsysteme Installationen ohne MPP-Tracking arbeiten, sind nicht alle Module für Inselsysteme geeignet.*
- *Die Spannung von Inselsysteme Modulen muss höher sein als die Ladespannung der Batterien (normalerweise 14,4 V), auch nach den Verlusten von Kabeln, Dioden, Ladereglern usw. und auch bei Temperaturen von über 70 °C.*
- *Daraus ergibt sich ein Wert  $V_{oc}$  von mindestens 20 V für eine zuverlässige Ladung der Batterien.*
- *Module mit diesen Merkmalen haben normalerweise 36 Zellen (oder Halbzellen) oder ein Vielfaches dieser Zahl.*

### **Typische SUNSET Inselsysteme Module:**

- **SM series:** mono- oder polkristalline Zellen.
- **AS and PX series** mit 36 or 72 Zellen.
- **HPC Module.**



### Grundlagen des Ladereglers

Die Aufgabe des Ladereglers:

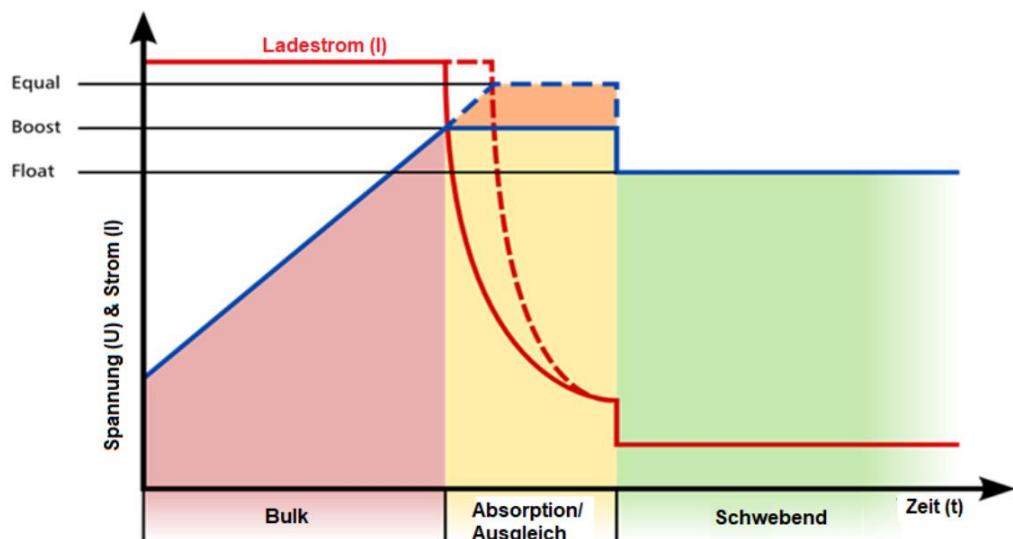
- Schutz gegen Tiefenentladung im Falle eines bestimmten POD (Tiefgang der Entladung).
- Schutz gegen Überlastungen.
- Verhinderung eines Rückstroms zum Modul während der Nacht.

### Zusätzliche Funktionen der SUNSET Laderegler:

- Regelung der verschiedenen Batterietypen (Säure/Gel), da es unterschiedliche Ladespannungen.
- Temperaturkompensation.
- Automatische Anpassung der Spannung.
- Anzeige der Betriebsparameter, des Ladezustands und der Fehleranzeigen über ein Display oder eine LED.



### Die Ladekurve der Batterie



### Allgemeiner Überblick über Standard Laderegler

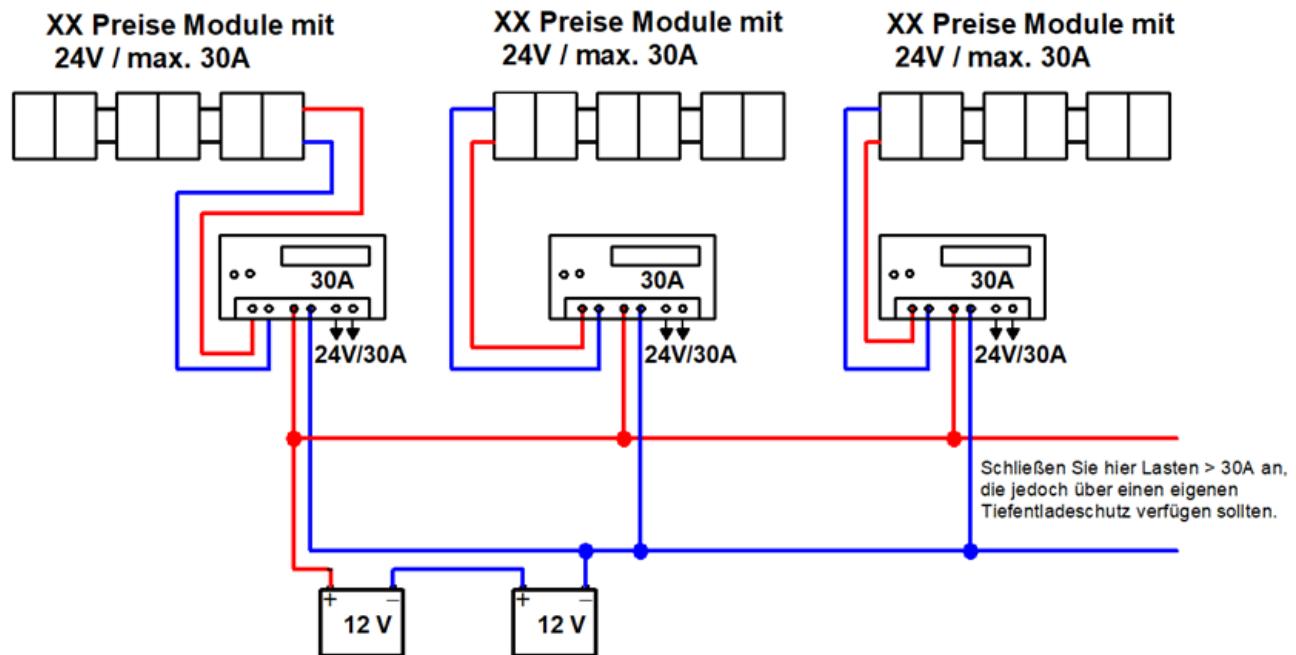
Typ	Spannung	Maximal Strom
SR 6.6	12 / 24 V	6 A
SR 8.8	12 / 24 V	8 A
SR 1010	12 / 24 V	10 A
SR 1515	12 / 24 V	15 A
SR 2020	12 / 24 V	20 A
SR 3030	12 / 24 V	30 A
SR 1010 M	12 / 24 V	10 A
SR 1515 M	12 / 24 V	15 A
SR 2020 M	12 / 24 V	20 A
SR 3030 M	12 / 24 V	30 A



Typ	Spannung	Maximal Strom
Solarix MPPT 1010	12 / 24 V	10 A
(Solarix) SUNmaxima MPPT 2010	12 / 24 V	20 A
Tarom 4545	12 / 24 V	45 A
Tarom 4545-48	12 / 24 / 48 V	45 A
Tarom 6000	12 / 24 / 48 V	60 A
Power Tarom 2070	12 / 24 V	70 A
Power Tarom 2140	12 / 24 V	140 A
Power Tarom 4055	48 V	55 A
Power Tarom 4110	48 V	110 A
Power Tarom 4140	48 V	140 A



### Laderegler mit Parallelschaltung

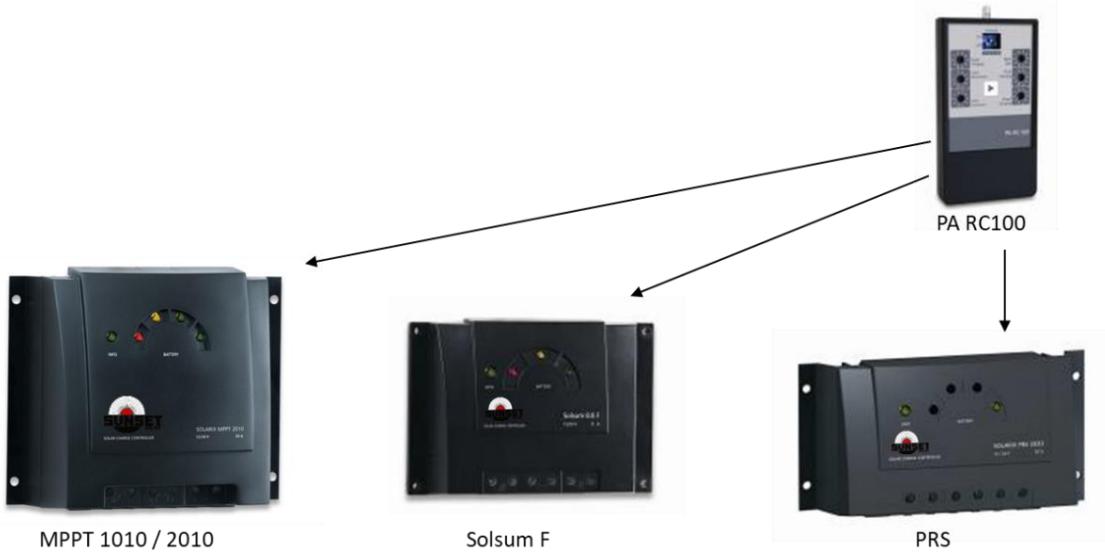


### PA RC 100 Fernsteuerung

Die folgenden Regelbereiche sind vollständig über das Programmiermedium PA RC 100 programmierbar:

- Die SR- serie
- Die SR-M serie
- Der SUNmaxima MPPT.

In den meisten Fällen handelt es sich um die Nachtlichtfunktion.

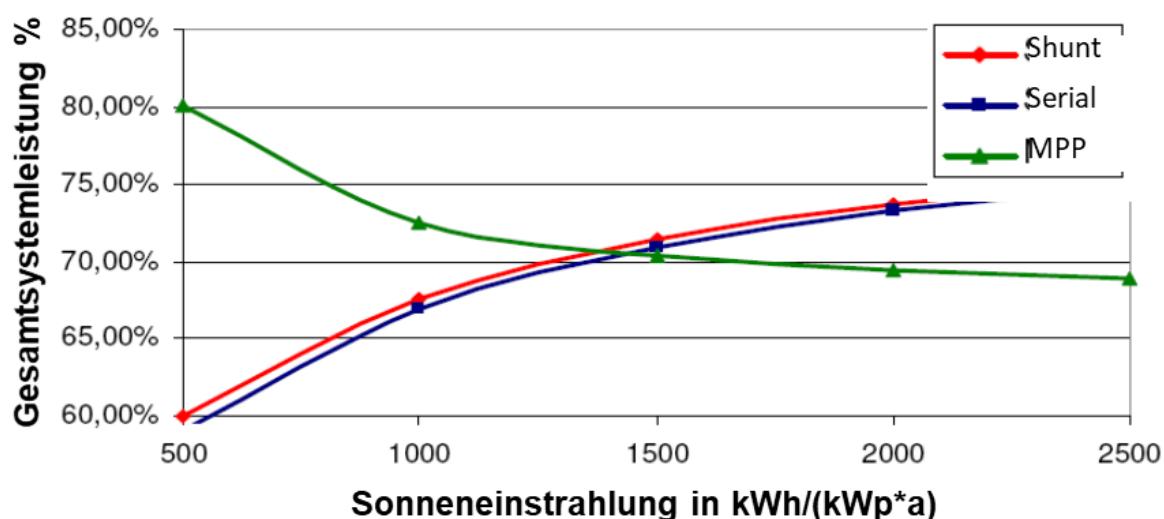


### Vergleich Shunt/ seriell vs. MPPT

#### Vergleich

Analyse der Gesamtleistung des Systems.

- Ein gut konzipiertes, kosteneffizientes PV-System muss einen hohen Grad an Lastabdeckung sowie einen hohen Wirkungsgrad der PV-Eingangsleistung bieten
- Die Multiplikation beider Faktoren wird ein Index für die Qualifikation der verschiedenen Ladereglertechnologien sein.



### **ERGEBNISSE:**

- Systeme mit MPPT zeigen bei geringer Einstrahlung und niedrigen Temperaturen eine höhere Leistung als Serien- und Shunt-Regler
- MPPT-Ladegeräte sind vorzuziehen, wenn Solarmodule mit mehr als 36 Zellen in einem 12-V-System oder 72 Zellen in einem 24-V-System verwendet werden.
- Der Vorteil von MPPT verringert sich, wenn die Bestrahlungsstärke zunimmt, da die Verlustleistung des MPP-Trackers höher ist (Tracking-Verluste + DC/DC-Wandler-Verluste)
- MPPT ist empfehlenswert für Gebiete mit einer Einstrahlung von bis zu 1200 kWh/(kWp\*a) und niedrigen Temperaturen (Winter, kalte Regionen)
- In Gebieten mit einer Einstrahlung zwischen 1200 und 1500 kWh/(kWp\*a) sind alle Ladetechnologien geeignet.
- In Gebieten mit einer Einstrahlung > 1500 kWh/(kWp\*a) sind Serien- oder Shunt-Steuerungen vorzuziehen.

### **Lebensdauer und Anteil an den Kosten**

	<b>Lebensdauer</b>	<b>Kosten</b>
Solarmodul	> 20 Jahre	25-30%
Laderegler	ca. 10 Jahre	2-4%
Batterie	2-6 Jahre	50-60%
Der Rest	10 Jahre	10%

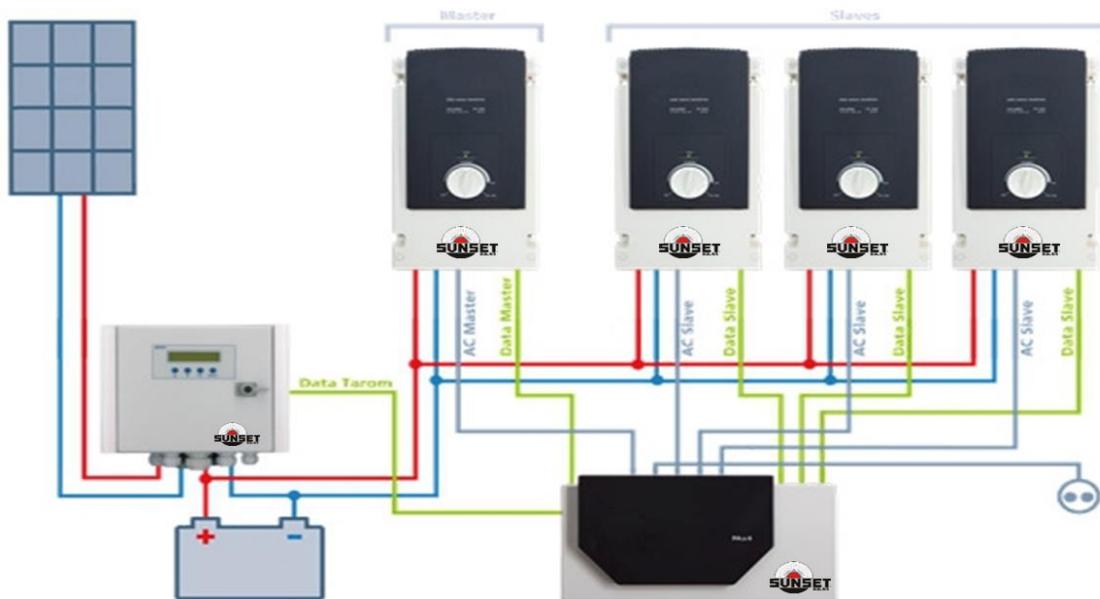
Die Ladetechnik beeinflusst die Effizienz und Leistung der Batterie, so dass **eine teure Ladetechnik die Gesamtkosten senken kann!**

## Grundlagen der Wechselrichter



*Wichtige Merkmale von Inselnetz Wechselrichter:*

- *Es wird eine reine Sinuswelle erzeugt*
- *Die AC-Ausgangsspannung und die Frequenz werden stabil dargestellt*
- *Die DC Eingangsspannung ist so eingestellt, dass sie verschiedenen Batteriespannungen entsprechen, kann*
- *muss so ausgelegt sein, dass immer genügend Dauerstrom zur Verfügung steht, um alle Verbraucher zu versorgen.*
- *sollte eine ausreichende Überlastkapazität haben, um hohe Anlaufströme reproduzieren zu können.*
- *sollte einen hohen Wirkungsgrad haben, sowohl im Vollbetrieb als auch im Teilbetrieb*
- *sollte einen niedrigen Standby-Verbrauch haben.*



### **Grundlagen des Kombi-Wechselrichters Xtender**

Die Grundfunktionen des bidirektionalen Wechselrichters Xtender sind wie folgt:

- Der Wechselrichter, das Batterieladegerät, die Schaltfunktion und die Unterstützung für externe Wechselstromquellen. Diese Funktionen können in Kombination oder vollautomatisch geregelt werden.
- Reine Sinusspannung.
- Außergewöhnliche Überlastbarkeit.
- Zuverlässig und geräuschlos mit allen Arten von Verbrauchern.
- Unterstützung von Wechselstromquellen durch Smart-Boost-Funktion.
- Automatische Reduzierung des Ladestroms an der Lastgrenze der AC-Quelle (Power Sharing).
- Batterieladegerät mit programmierbaren Ladestrategien und Ladespannungen.
- Ladungserkennung (Stand-by) bereits bei einem sehr niedrigen Wert.
- Hoher Effizienz.



### **Grundlagen der Batterie**

- Batteriesysteme werden möglicherweise nicht vollständig aufgeladen. Dies verringert die Lebensdauer der Batterien und verschlechtert sie.
- Die maximale Entladetiefe liegt bei 50% der Kapazität.
- Die Batteriekapazität muss also doppelt so hoch sein wie der Bedarf der Verbraucher.
- Bei der Dimensionierung der Batterien ist auf die gewünschte Autonomiezeit der Anlage zu achten.

Die Batteriekapazität wird in Ah (Amperestunden) angegeben):

- Wenn eine Batterie 100 Ah hat, kann sie Folgendes liefern.
  - 1 Ampere für 100 Stunden.
  - 10 Ampere für 10 Stunden.

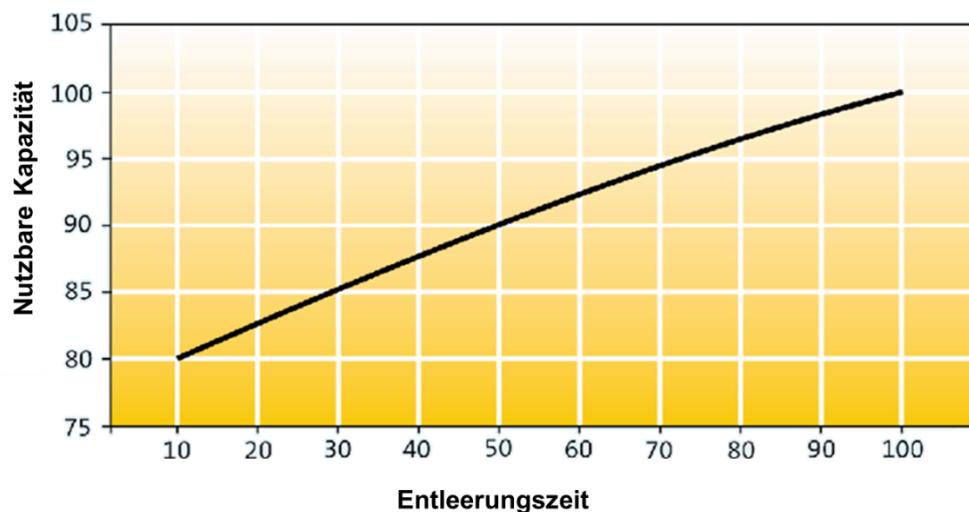
- Daher ist es wichtig, den Ampereverbrauch der Verbraucher im System zu kennen.
- Außerdem hängt die Kapazität der Batterie von ihrem C-Wert ab.

### C100, C20, .....

Der C-Wert gibt die Batteriekapazität bei einer bestimmten Entladungsintensität an:

- Der Wert  $C_{100}$  für eine Kapazität von 100 Ah bedeutet, dass diese Batterie ein Ampere für 100 Stunden liefern kann.
- Der Wert  $C_{20}$  der gleichen Batterie kann 80 Ah betragen, da die Batterie diesen Wert nur bei einer Entladung von 4 Ampere liefern kann.
- Der Wert  $C_{100}$  bedeutet also die mögliche Abflusstiefe in 100 Stunden, der Wert  $C_{20}$  die Tiefe in 20 Stunden.

### Beziehungen



### Batterie Spannung

- Eine 12 V Batterie hält nicht ständig 12 V:
- Die Batterie hat eine maximale Ladespannung von etwa 13,8 - 14,4 V (variiert je nach Batterietyp)
- Außerdem hat die Batterie eine Entladespannung von etwa 11,89 V.
- Die Spannungen werden durch einen Laderegler kontrolliert. Dieser schaltet die Verbraucher ab, wenn die festgelegte Mindestspannung erreicht ist und stoppt die Batterieladung, wenn sie voll ist.

### Verschiedene Batterietypen

- *Die Nassbatterie ist eine preiswerte Batterie für kleine und mittlere Anlagen.*
- *Die Batterie ist vorgeladen, wenn sie trocken ist, und wird in diesem Zustand an den Kunden geliefert. Vor der Verwendung muss sie mit Batteriesäure gefüllt werden.*
- *Dies führt zu einer nahezu unbegrenzten Lebensdauer.*
- *Die Batterie ist mit 105 Ah oder 255 Ah ( $C_{100}$ ) erhältlich.*



- *Die Gel-Batterie ist für kleine und mittlere Anwendungen optimiert.*
- *Es ist wartungsfrei und bietet eine hohe Zyklusfestigkeit.*
- *Da es kein Gas gibt, ist diese Batterie auch für die Installation in einem Haus geeignet.*
- *Es ist in Kapazitäten zwischen 60 und 130 Ah ( $C_{100}$ ) erhältlich.*



**Die Batterieblöcke OPzS** sind für mittelgroße oder große professionelle Projekte geeignet.

- *Die Batterieblöcke OPzS sind für mittelgroße oder große professionelle Projekte geeignet.*
- *Die OPzS-Batterien bieten eine sehr hohe Zyklusfestigkeit.*
- *Die 2V-Blöcke können einfach an die gewünschte Kapazität zwischen 290 Ah und 4.470 Ah ( $C_{100}$ ) angeschlossen werden.*



**Die Batterieblöcke OPzV eignen sich für mittelgroße oder große professionelle Projekte.**

- Die OPzV-Batterien sind aufgrund der Gel-Technologie nahezu wartungsfrei.
- Die OPzV-Batterien bieten ein günstiges Preis-Leistungs-Verhältnis.
- Die 2V-Blöcke lassen sich einfach auf die benötigte Kapazität zwischen 290 und 4.470 Ah ( $C_{100}$ ) verschalten.

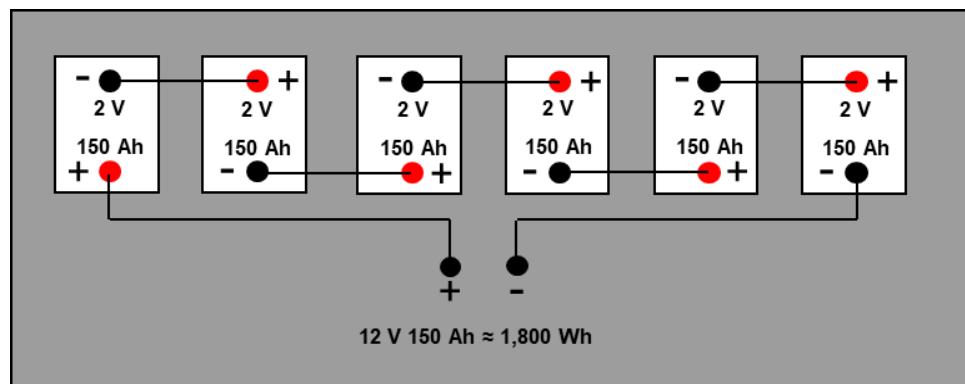


Vergleich	OpzV Geschlossene (flüssige) Batterien	OpzS Ventilgeregelte (verschlossene) Batterien
Geschlossene und verschlossene Batterien		
Zykluswiderstand	ausgezeichnet	Gel: sehr gut AGM: gut
Dauerhaftigkeit	Jeden 3. Monat bei 20°C oder jeden 24. Monat im Trockenen aufgeladen	Jeden 6. Monat bei 20°C
Optimale Umgebungstemperatur	10°C-30°C (max.45°C)	15°C-25°C (max.45°C)
Empfindlichkeit gegenüber Zuschlägen	niedrig	höher
Voltage deviation of single cells	niedrig	höher
Belüftung	Gemäß EN 50272-2 AquaGen®-Stecker (Reduzierung um 50%)	25 % im Vergleich zu belüfteten Zellen mit gleicher Kapazität
Geschätzte Lebensdauer	Höchste Lebensdauer (10%-25%) der belüfteten Batterien	
Preis	mittel	Höherer Preis (Gel) Niedrigerer Preis (AGM)

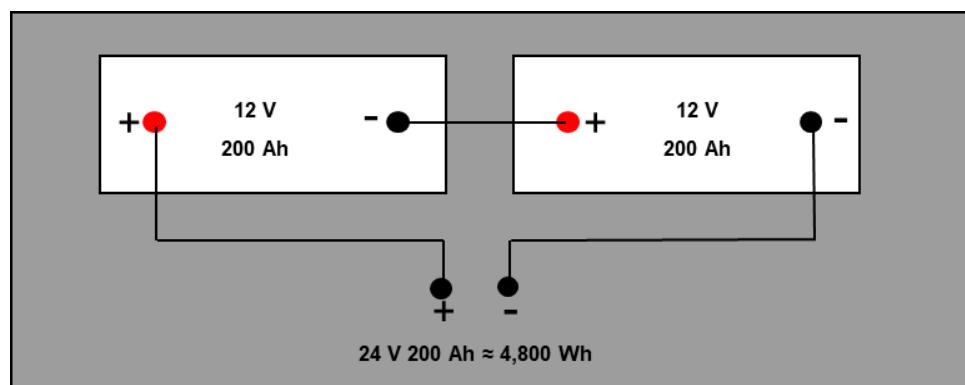
- Die **solar.bloc** Batterien sind in mittleren und großen professionellen Projekten einsetzbar.
- Die **solar.bloc** Batterien sind wartungsfrei, was das Nachladen von Wasser angeht.
- Die **solar.bloc** Batterien bieten eine hohe Zyklusfestigkeit und eine effiziente Laststromaufnahme.
- Das stoßfeste und verstärkte Polypropylengehäuse ist resistent gegen Umwelteinflüsse.



### Batterieanschluss I/II

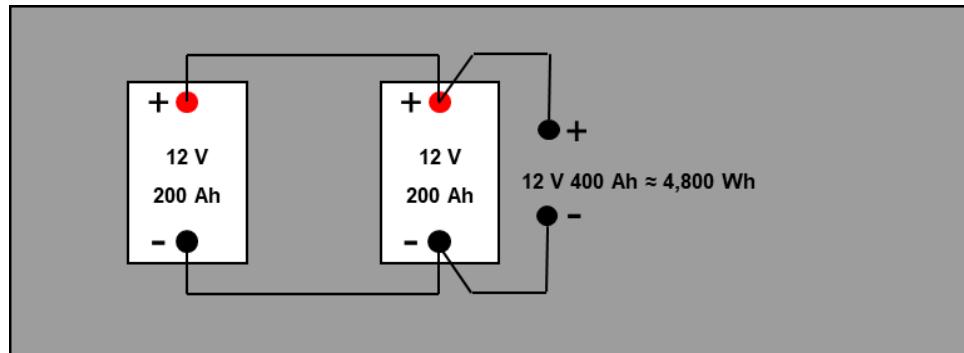


**Figure 1:** In Reihe geschaltete Zellen, 6 x 2 VDC, um ein 12-VDC-System zu erzeugen

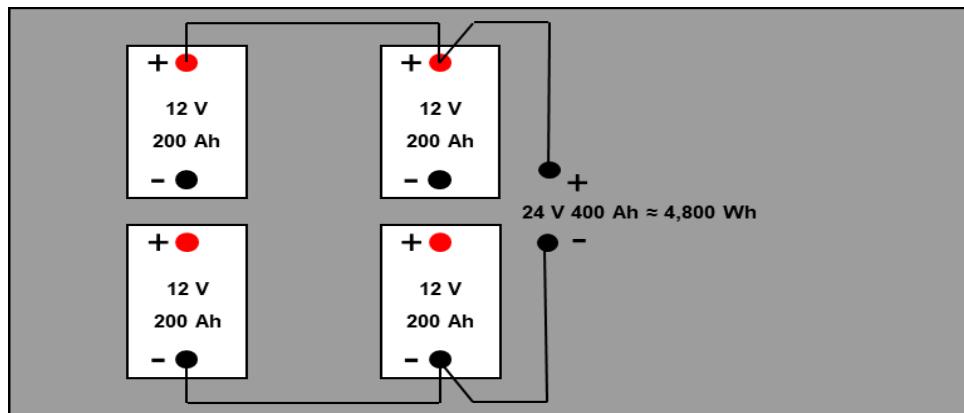


**Figure 2:** Batterien in Reihe, 2 x 12 VDC, um ein 24 VDC-System zu erzeugen

### Batterieanschluss II/II

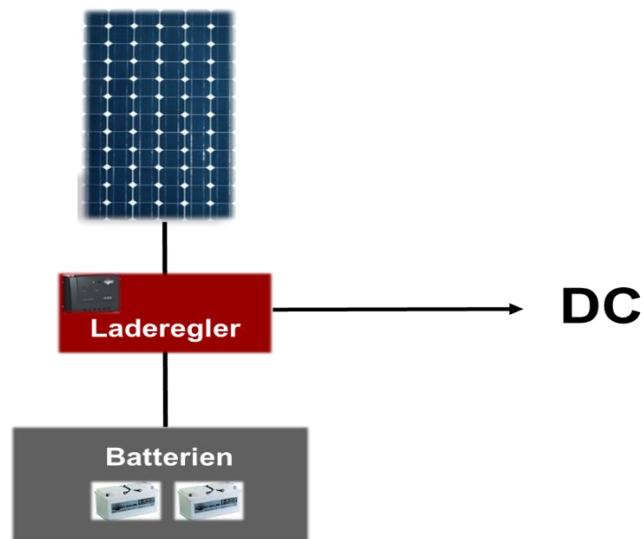


**Figure 3:** Parallel geschaltete Batterien, die Spannung bleibt gleich, 12 VDC.

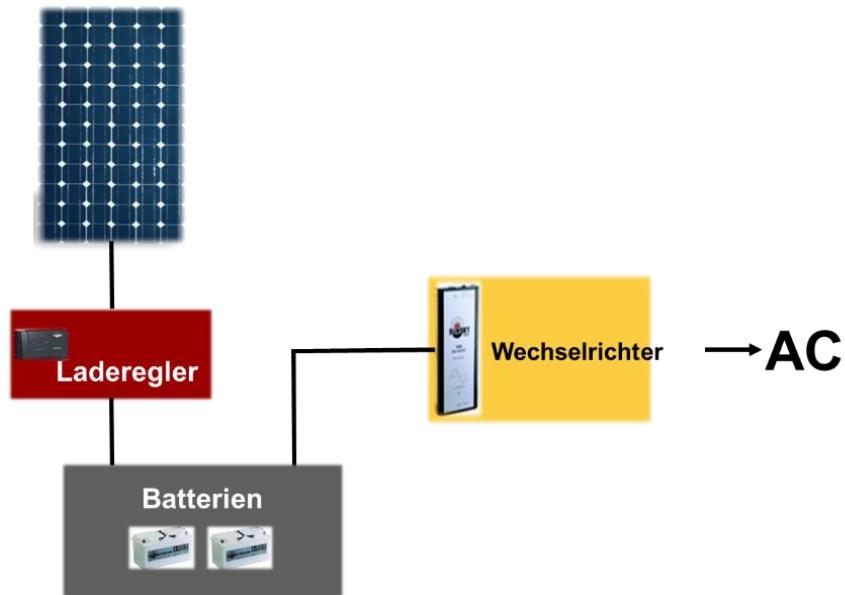


**Figure 4:** Batterien in Serien-Parallelschaltung zur Erzeugung einer 24 VDC-Spannung.

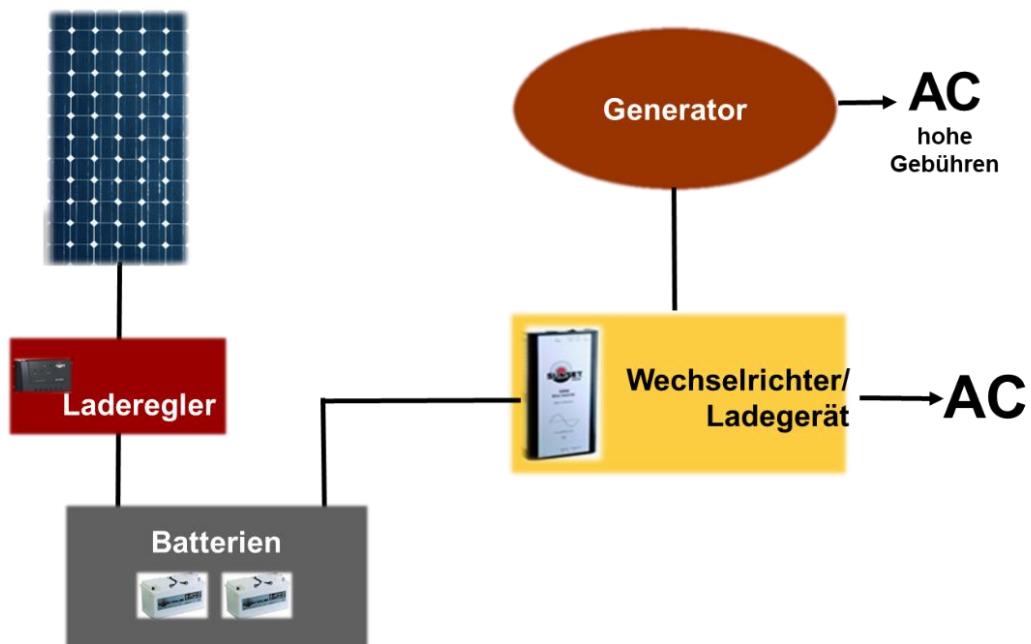
### Inselnetz PV – nur DC



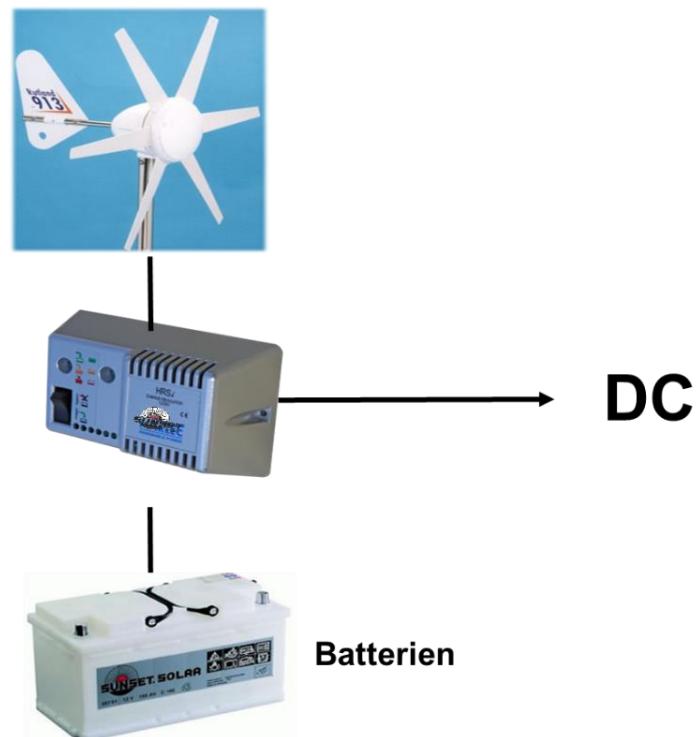
**Inselnetz PV – nur AC**



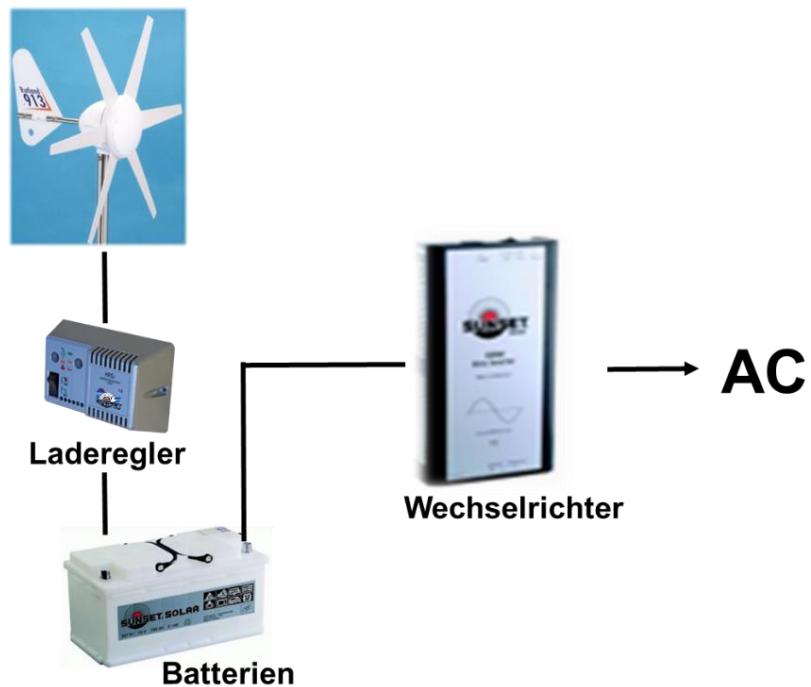
**Inselnetz – PV-Diesel-Hybrid**



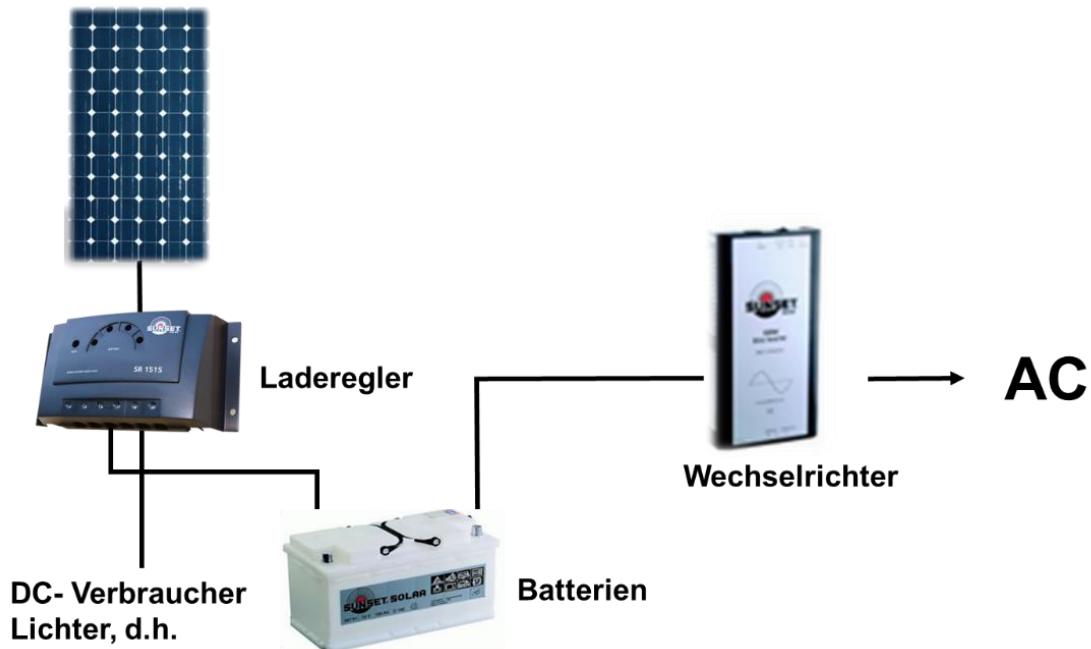
**Wind – nur DC**



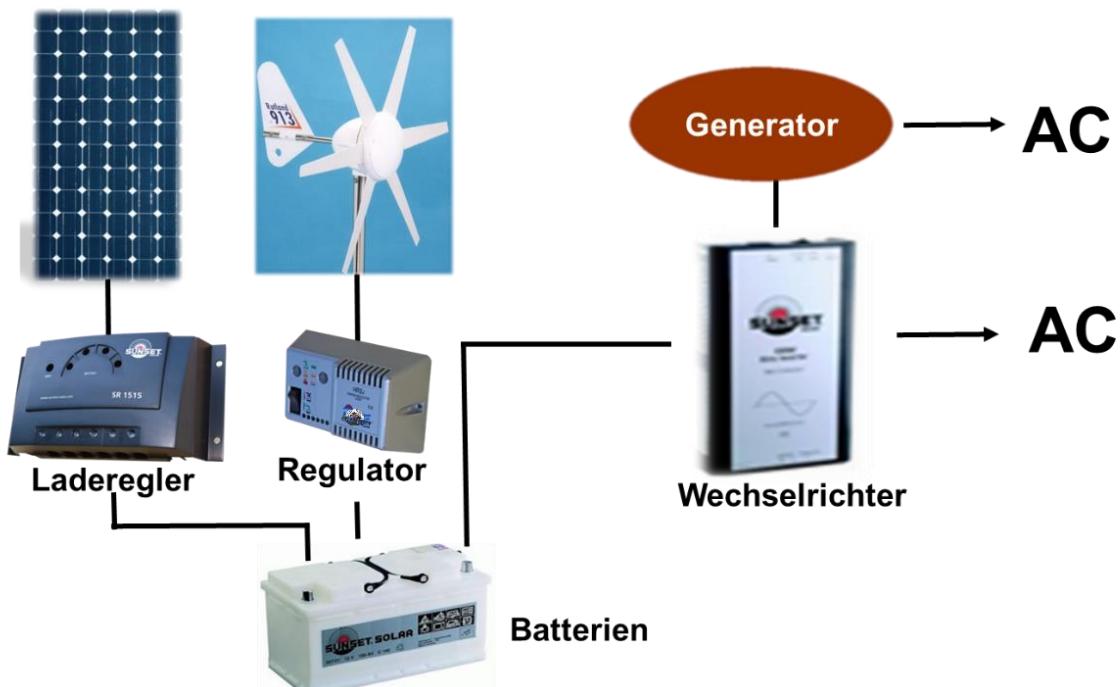
**Wind - DC & AC**



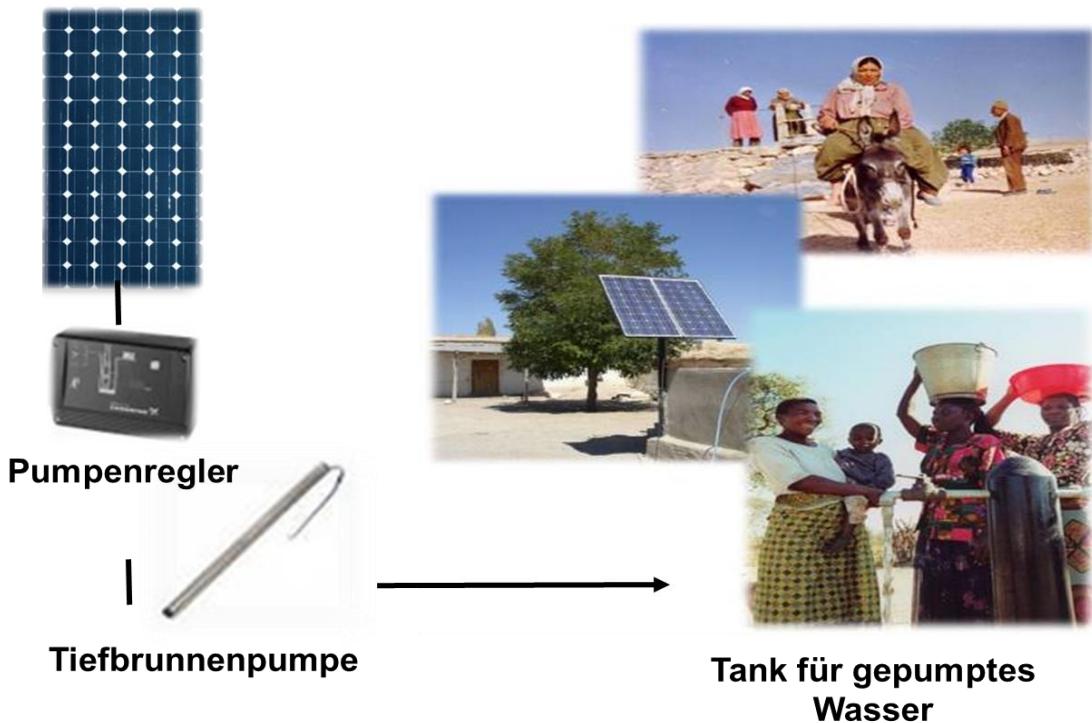
Inselnetz – PV- SM 10/ 30



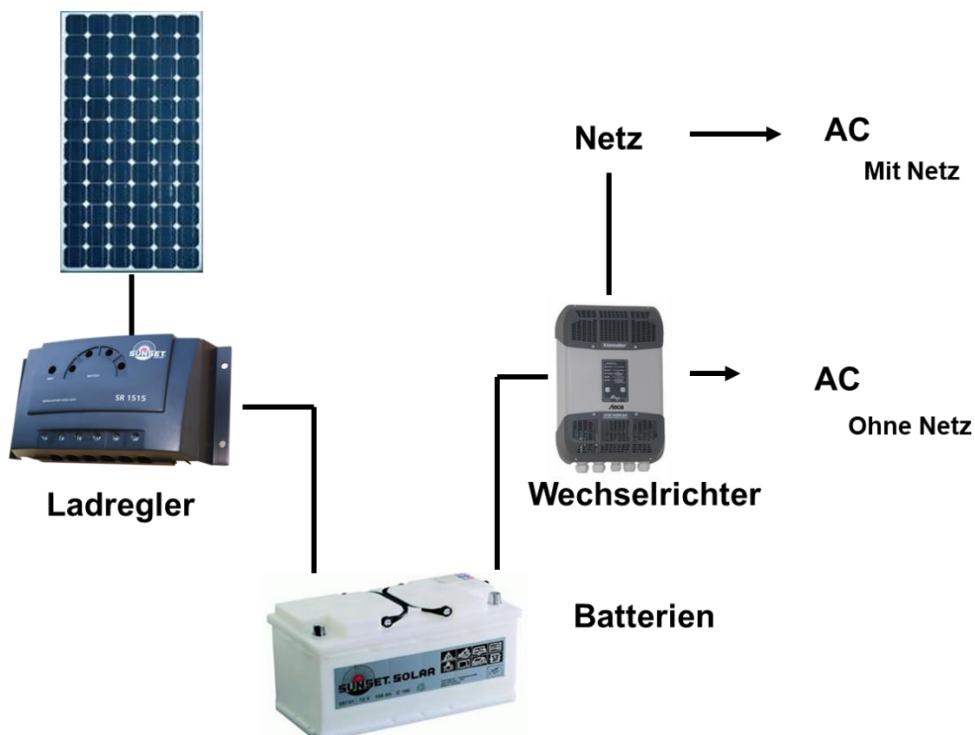
Inselnetz – PV-wind-diesel-hybrid



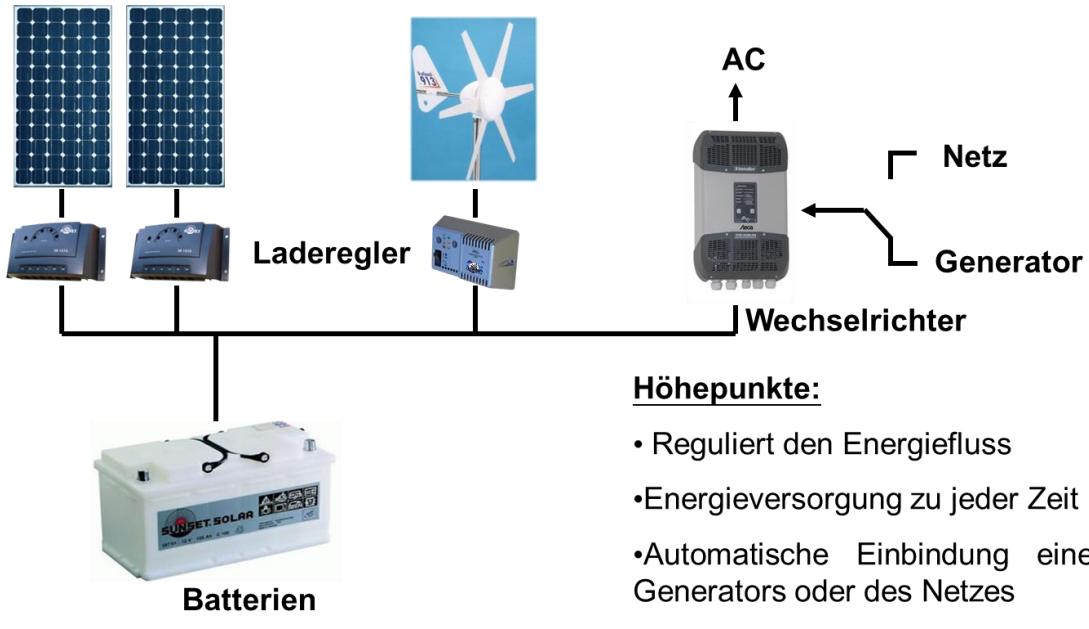
### Solarpumpenanlage



### Netzgekoppeltes Backup-System



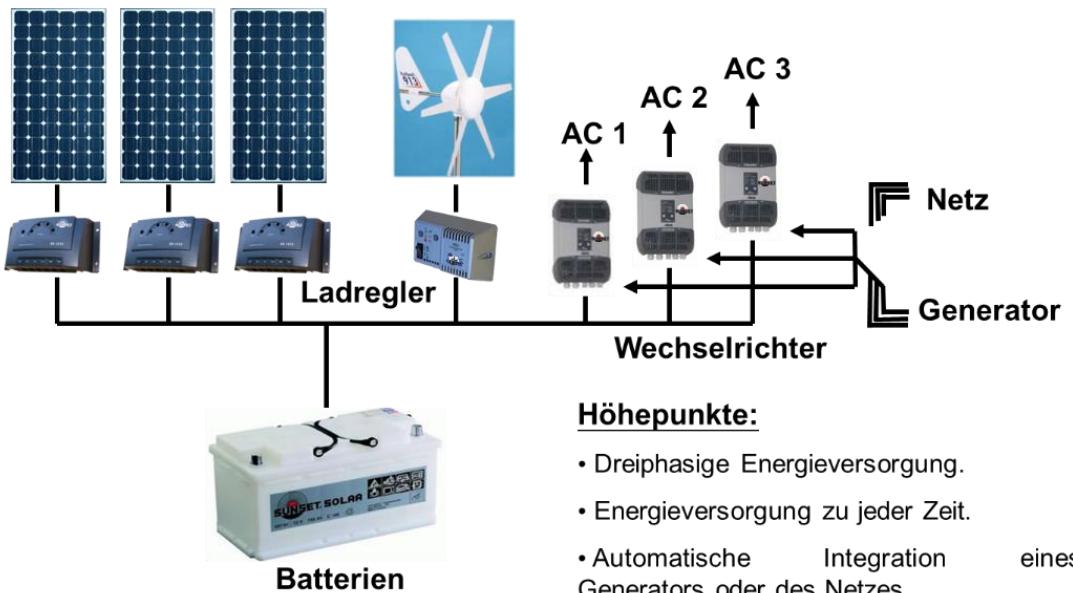
### Einphasige DC-Hybridsysteme



#### Höhepunkte:

- Reguliert den Energiefluss
- Energieversorgung zu jeder Zeit
- Automatische Einbindung eines Generators oder des Netzes
- Schutz der Batterie

### Dreiphasige DC-Hybridsysteme



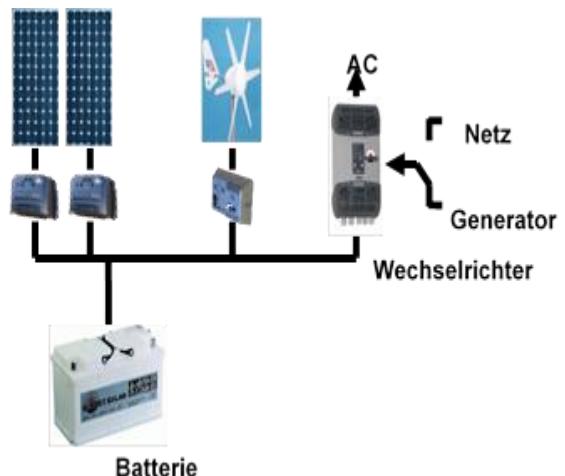
#### Höhepunkte:

- Dreiphasige Energieversorgung.
- Energieversorgung zu jeder Zeit.
- Automatische Integration eines Generators oder des Netzes.
- Schutz der Batterie.

### Wirkungsgrad DC-Hybridsysteme

#### Nacht -Ladung

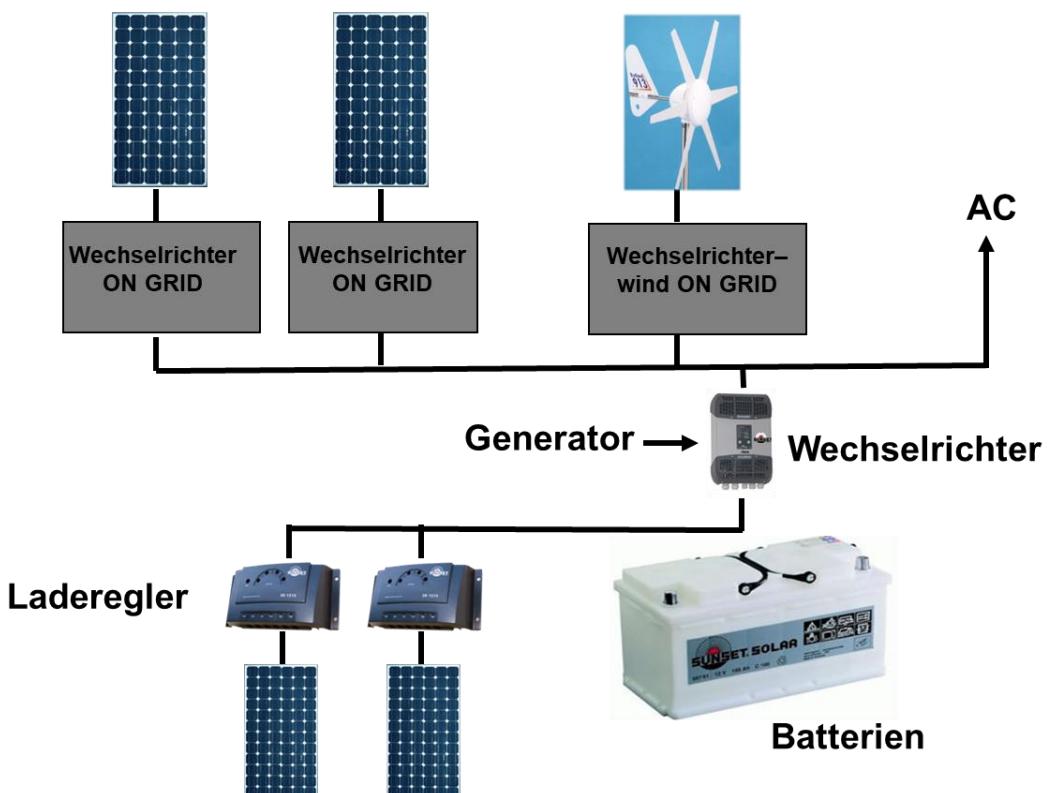
- Modul - Batterie Shunt 99%.
- Batteriewirkungsgrad 85%
- Geladene Batterie Wechselrichter 93%
- Leistung =  $99\% * 85\% * 93\% = 78\% \text{ (22\% Verluste).}$



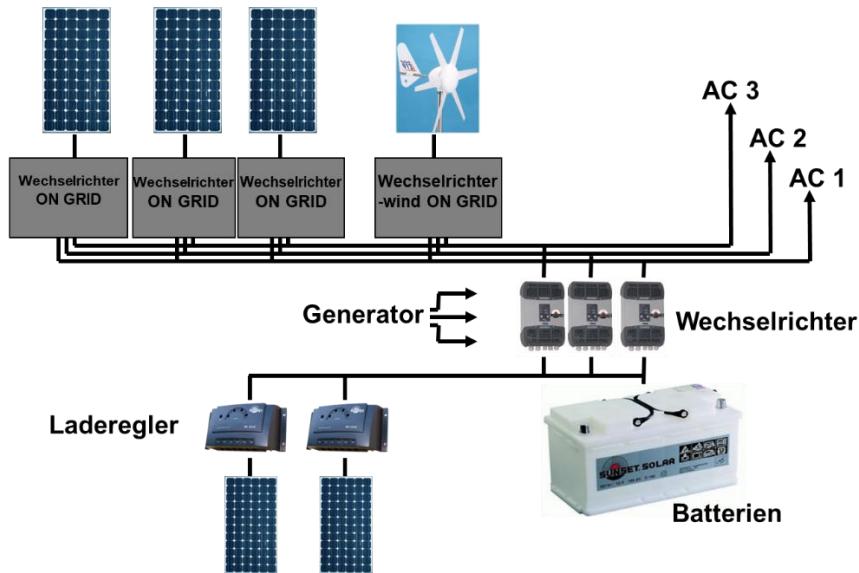
#### Day Charge

- Modul - DC-Bus: 99%
- DC-Bus - Laden: 93%
- Leistung =  $99\% * 93\% = 92\% \text{ (8\% Verluste).}$

### Einphasige AC-Hybrid-Systeme



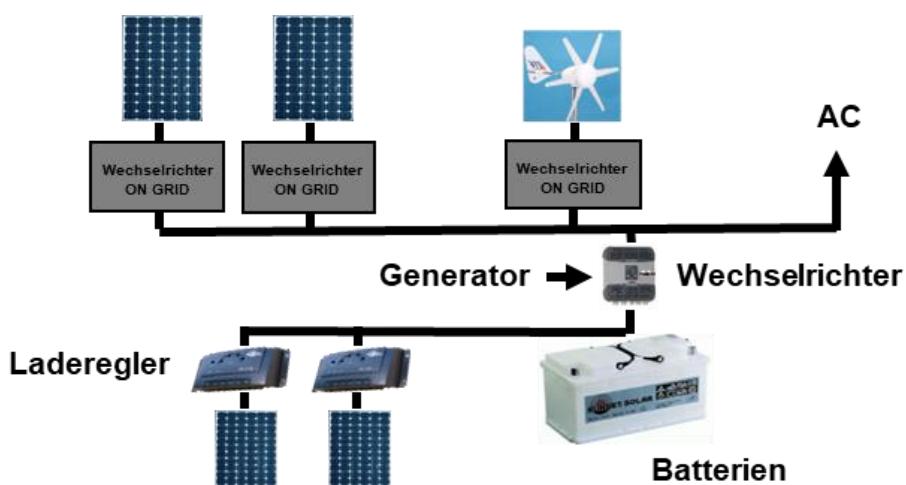
### Dreiphasige AC-Hybridsysteme



### Einphasige und dreiphasige AC-Hybridsysteme

#### Höhepunkte

- Vorteile bei hohem Verbrauch am Tag.
- Sinnvolle Alternative für DC-Hybridsysteme.
- Neben der Solarenergie kann auch Windenergie oder ein Generator in das System integriert werden.
- Ausgeglichene Energieübertragung im Hybridsystem.
- Bei sehr hohem Verbrauch ist es möglich, ein dreiphasiges System aufzubauen.



### **AC-Hybrid Efficiency Systems**

#### **Night Charge**

- *Modul – AC-Bus: 96%*
- *AC-Bus – Batterie: 93%*
- *Wirkungsgrad der Batterie: 85%*
- *Geladene Batterie: 93%*
- *Ausgang = 96% \* 93% \* 85% \* 93% = 70% (30% Verluste).*

#### **Day Charge**

- *Modul – AC-Bus: 96%*
- *AC-Bus – Belastung: 100%*
- *Ausgang = 96% \* 100% = 96% (4% Verluste).*

### **Vergleich der Effizienz von AC/DC-Hybridsystemen**

<b>Verluste</b>	<b>DC-Hybrid</b>	<b>AC-Hybrid</b>
<i>Tag - Ladung</i>	8%	4%
<i>Nacht-Ladung</i>	22%	30%
<i>30% Tag, 70% Nacht</i>	12,2%	22,2%
<i>50% Tag / Nacht</i>	15,0%	17,0%
<i>70% Tag, 30% Nacht</i>	17,8%	11,8%

### **PV Inselnetz Systeme AC vs. DC**

#### **Charakteristika**

##### ***AC-Ladung***

- *billiger*
- *überall verfügbar*
- *einfache Installation*
- *gängige Technik*

##### ***DC-Ladung***

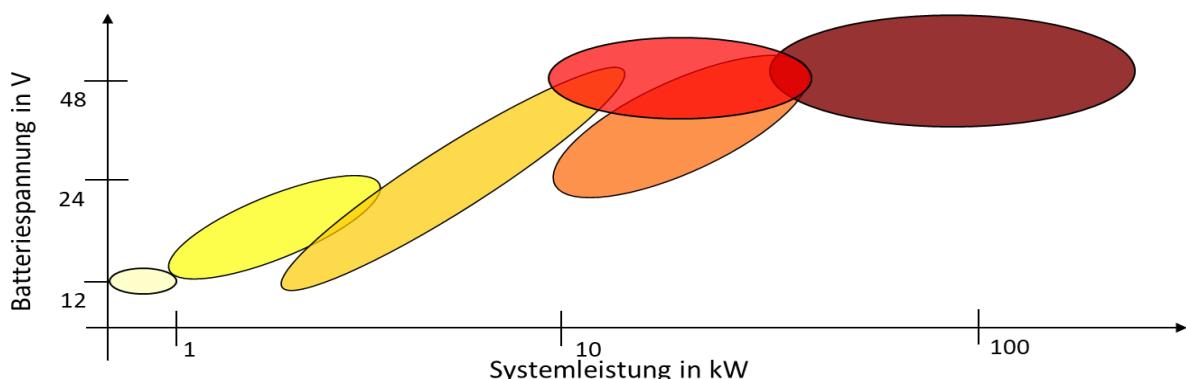
- *teurer*
- *im Fachhandel verfügbar*
- *weniger Hersteller → kleinere Produktpalette.*

- *kein optimierter Wirkungsgrad*
- *Wechselrichter mit Eigenverbrauch reduzieren den Systemwirkungsgrad.*
- *höherer Eingangsstrom.*
- *umfangreiche Installation (mehr Kupfer)*
- *vorbereitet für hohe Effizienz*
- *Kein Standby-Verbrauch*

→ Verwendet DC-Ladungen

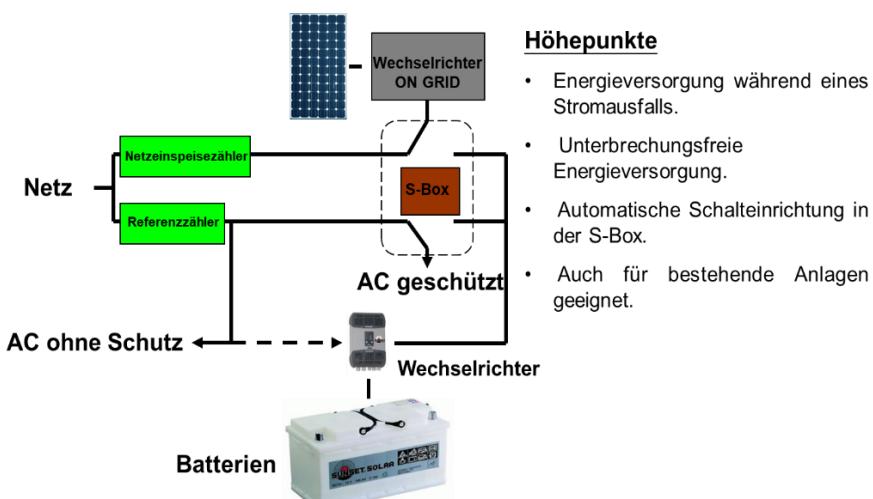
→ Mit AC-Ladungen: effizienter, intelligenter Wechselrichter.

### PV-Systeme auf einen Blick

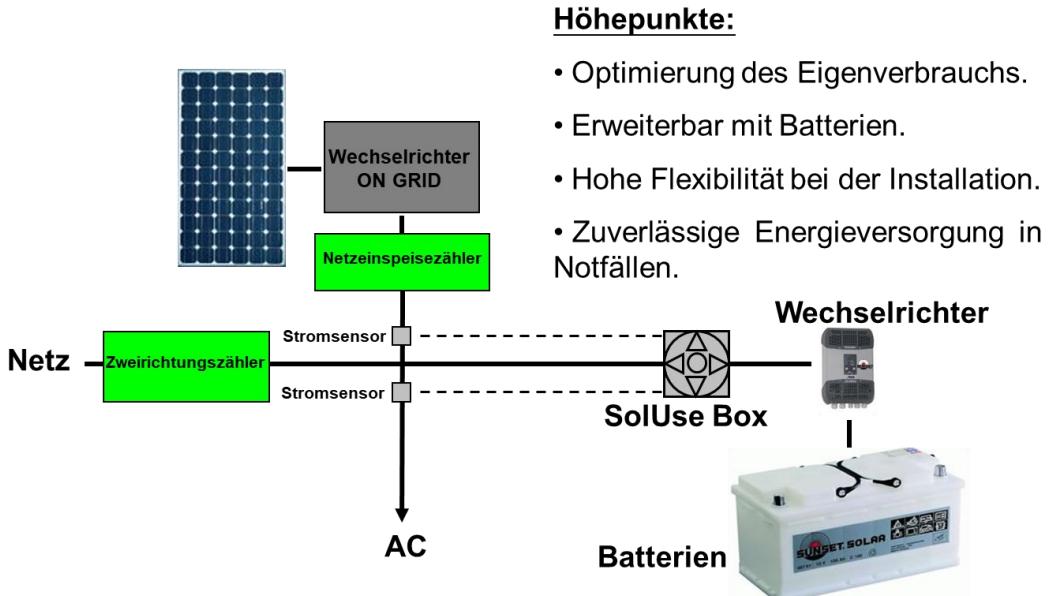


- Reines DC-System, 12V: 0-1kW
- Inselnetz System mit Wechselrichter: 12-24V: 1-4kW
- Einphasiges DC-Hybridsystem: 12-48V: 3-12kW
- Dreiphasiges DC-Hybrid-System: 48V: 10kW-50kW
- Einphasiges AC-Hybridsystem: 24-48V: 10kW – 50kW
- Dreiphasiges AC-Hybridsystem: 48V: 50kW – 150kW

### SOLSAFE: Stromausfall - aber trotzdem Energie



### Erhöhter Eigenverbrauch



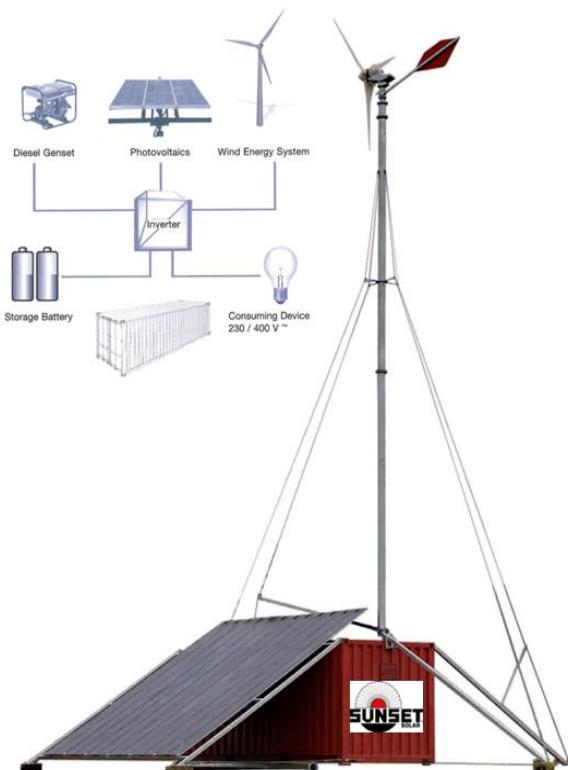
### Beispiele für spezielle Anwendungen

→ Der Energiecontainer

→ Solare Straßenlampe

### Anwendung: Der Energiecontainer

- Autarke Energieversorgung für Standorte ohne Anschluss an einen stationären Energieversorger.
- Kombination lokaler Energiequellen wie Sonne und Wind, kombiniert mit einem Dieselgenerator als Backup-System.
- Individuelle Systemauslegung für maßgeschneiderte Lösungen in allen Regionen der Welt.



### Anwendung: Solar-Straßenlampe

- Mit SUNSET-Produkten können Sie autarke Straßenlampen anbieten.
- Kein öffentliches Netz für die Beleuchtung von Straßen und Parks erforderlich.
- Die LED-Technologie bietet eine maximale Ausleuchtung (bis zu 5.000 Lumen\*) und die Nutzung der gespeicherten Energie.
- Bis zu 22,5 Lux\* am Boden, in einer Höhe von 6 Metern.
- Zusätzliche Option zur Integration eines Bewegungsmelders und einer Nachtabschaltung.



\*hängt von den örtlichen Gegebenheiten, der Höhe des Lampenmastes und der spezifischen Konfiguration des Kunden ab

### **Inselnetz Fragebogen**

Projektdaten: Kunde: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

Lasten: Energieverbrauch: \_\_\_\_\_ kWh/d

Teilen Tag/Nacht: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ %

Teilen Winter/Sommer: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ %

Besondere Anforderungen: \_\_\_\_\_

(z. B. hohe Anfangsströme)

Systemdaten: Typ:  Insel  Sicherung  1-phasic  3-phasic

Batteriespannung:  12V  24 V  48 V

Gewünschte Autonomiezeit: \_\_\_\_\_

Netzbildende Systeme:  PV  Wind  Diesel

### **Übungen**

1)

Verbraucher	Leistung	Spannung	Täglicher Betrieb
2 x Glühbirnen	25 W/ bulb	12 V	4 Stunden
Radio	50 W	12 V	2 Stunden
Lüfter	100 W	12 V	1 ½ Stunden

2)

Verbraucher	Leistung	Spannung	Täglicher Betrieb
4 x Glühbirnen	25 W/ Glühbirne	12 V	3 Stunden
Fernsehen	150 W	110 V	2 Stunden
kleiner Gefrierschrank	55 W	12 V	24 Stunden

→ Gewünschte Autonomiezeit der Systeme: 2 Tage

### Produktdaten

Modul	Nennleistung	Nennspannung	Nennstrom	
PX 1506	150 W	18.5 V	8.08 A	
PX 250/60	250 W	30.5 V	8.17 A	
PX 300/72	300 W	37.2 V	8.35 A	
Laderegler	Systemspannung	Modul-/Laststrom	Batterie	Kapazität $C_{100}/1,85 V$
SR 8.8	12 V (24 V)	8 A		
SR 10.10	12 V (24 V)	10 A	solar.bloc	60,0 Ah
SR 20.20 M	12 V (24 V)	20 A		
Wechselrichter	Nennleistung	Spannung	solar.bloc	100,00 Ah
Solarix PI 550	500 VA	12 V		
Solarix PI 600	500 VA	24 V	solar.bloc	150 Ah
Solarix PI 1200	1.000 VA	48 V		

### **Mögliche Lösung, Übung 1**

### 1.) Bestimmung des täglichen Verbrauchs

2 x Glühbirnen	25W für 4 Stunden	= 200 Wh/Tag
1 x Radio	50W für 2 Stunden	= 100 Wh/Tag
1 x Lüfter	100W für 1,5 Stunden	= 150 Wh/Tag

---

**Gesamtverbrauch/Tag = 450 Wh/Tag**

**Notwendiger Strom = 450 Wh/d / 12V = 37,5 Ah/d**

*Um die Verluste im System zu berücksichtigen, wird die Last, die das System erzeugen muss, wie folgt bestimmt:*

**Ah/d \* 1,2 (Verluste) → 37,5 Ah/d \* 1,2 = 45 Ah/d**

### 2.) Bestimmung des erforderlichen PV Stroms ( $I_{PV}$ )

*Die Leistung des Modulfeldes ist abhängig von der Anzahl der Stunden mit vollständiger Einstrahlung pro Tag am Aufstellungsort. In vielen Ländern rechnet man für einen ganzjährigen Betrieb der Anlage mit 3 Einstrahlungsstunden.*

$I_{PV} = Ah/d / \text{Stunden der Bestrahlung} \rightarrow 45 \text{ Ah/d} / 3 \text{ h} = 15 \text{ A Modulstrom}$

### 3.) Bestimmung der Module

*Das Modul PX 250/60 ist nur in wenigen Fällen (MPPT) für den Einsatz in netzfernen Systemen geeignet (wegen seiner Spannung).*

*Normalerweise werden in 12 V Systemen Module mit 36 Zellen (z. B. PX 1506) und in 24 V Systemen Module mit 72 Zellen (z. B. PX 300/72) verwendet. Für 48 V Systeme müssen Sie 2 Module mit 72 Zellen nehmen.*

*Unsere Verbraucher sind 12 V Geräte → wir wählen den PX 1506 (Nennstrom: 8,08 A)*

*Anzahl der Module =  $I_{PV} / \text{Nennstrom des Moduls}$*

$\rightarrow 15 \text{ A} / 8,08 \text{ A} = 1,8 \text{ module}$

**→ Wir brauchen 2 module PX 1506**

### 4.) Bestimmung des Ladereglers

*Der Laderegler muss auf den Modulstrom des Systems abgestimmt sein.*

$$2 \times PX\ 1506 = 2 \times 8.08\ A = 16.16\ A$$

→ der SR 2020 M entspricht einem Modulstrom von bis zu 20 A

### **5.) Bestimmung der Batterien**

*Die erforderliche Autonomiezeit beträgt 2 Tage. Das bedeutet, dass die Batterien die erforderliche Energie für 2 Tage speichern müssen.*

$$Ah_{Batterien} = Ah/d * Autonomiezeit \rightarrow Ah_{Batterien} = 45\ Ah/d * 2\ d = 90\ Ah$$

→ *Wir brauchen eine Batterie mit mindestens 90 Ah*

→ solar.bloc 12V 105

### **6.) Zusammenfassung**

*Unser System besteht aus*

*2 x Module PX 1506*

*1 x Laderegler SR 2020 M*

*1 x Batterie solar.bloc 12V 105*

*+ Zubehör wie Kabel oder Befestigungsstrukturen*

### **Mögliche Lösung, Übung 2**

#### **1.) Bestimmung des täglichen Verbrauchs**

*4 x Glühbirnen              25W für 3 Stunden = 300 Wh/Tag*

*1 x TV                        150W für 2 Stunden = 300 Wh/Tag*

*1 x Kühlschrank 55W für 24 Stunden\*              = etwa 660 Wh/Tag*

---

***Gesamtverbrauch/Tag              = 1.260 Wh/Tag***

***Notwendiger Strom = 1.260 Wh/d / 12V = 105 Ah/d***

*\* Obwohl der Kühlschrank 24 Stunden/Tag in Betrieb ist, benötigt er nicht 24 Stunden lang Energie. Wir rechnen normalerweise mit 12 Stunden.*

Um Verluste im System zu berücksichtigen, wird die Last, die das System erzeugen muss, wie folgt bestimmt:

$$Ah/d * 1,2 \text{ (Verluste)} \rightarrow 105 Ah/d * 1,2 = \underline{126 Ah/d}$$

## 2.) Bestimmung des erforderlichen PV Stroms ( $I_{PV}$ )

Die Leistung des Modulfeldes ist abhängig von der Anzahl der Stunden mit vollständiger Einstrahlung pro Tag am Aufstellungsort. In vielen Ländern rechnet man für einen ganzjährigen Betrieb der Anlage mit 3 Einstrahlungsstunden.

$$I_{PV} = Ah/d / \text{Stunden de Bestrahlung} \rightarrow 126 Ah/d / 3 h = \underline{42 A \text{ Modulstrom}}$$

## 3.) Bestimmung der Module

Das Modul PX 250/60 ist aufgrund seiner Spannung nur in wenigen Fällen (MPPT) für den Einsatz in netzfernen Anlagen geeignet.

Normalerweise werden in 12-V-Systemen Module mit 36 Zellen (z. B. das PX 1506) und in 24-V-Systemen Module mit 72 Zellen (z. B. das PX 300/72) verwendet. Für 48 V-Systeme müssen Sie 2 Module mit 72 Zellen nehmen.

Da es sich bei unseren Verbrauchern um 12-V-Geräte handelt, wählen wir das PX 1506 (Nennstrom: 8,08 A).

Anzahl der Module =  $I_{PV} / \text{Nennstrom des Moduls}$

$$\rightarrow \underline{42 A / 8.08 A = 5,2 \text{ Module}}$$

**→ Wir brauchen 6 Module PX 1506**

## 4.) Bestimmung des Ladereglers

Der Laderegler muss auf den Modulstrom des Systems abgestimmt sein.

$$6 \times \text{PX 1506} = 6 \times 8.08 A = 48,48 A$$

- Der SR 2020 M entspricht einem Modulstrom von bis zu 20 A.
- Der SR 1010 entspricht einem Modulstrom von bis zu 10 A.
- **Für eine Energieladung von 48,48 A benötigen wir 2 x SR 2020 und 1 x SR 1010**

### 5.) Bestimmung der Batterien:

Die erforderliche Autonomiezeit beträgt 2 Tage. Das bedeutet, dass die Batterien die erforderliche Energie für 2 Tage speichern müssen.

$$Ah_{\text{Batterie}} = Ah/d * \text{Autonomiezeit} \rightarrow Ah_{\text{Batterie}} = 126 \text{ Ah}/d * 2 \text{ d} = 252 \text{ Ah}$$

→ Wir brauchen eine Batterie mit mindestens 252 Ah

→ 2 x solar.bloc 12V 150

### 6.) Bestimmung des Wechselrichters

Da wir einen Verbraucher von 110 V haben (Fernseher), brauchen wir einen Wechselrichter, der die Netzspannung in die erforderliche Spannung von 110 V umwandelt.

Der Fernseher hat einen Verbrauch von 150 W, also muss unser Wechselrichter für diese Nennleistung geeignet sein.

Außerdem ist es wichtig, dass der Wechselrichter der Netzspannung entspricht (in diesem Beispiel: 12 V)

→ Solarix PI 550

### 7.) Zusammenfassung

Unser System besteht aus

6 x Module PX 1506

2 x Laderegler SR 2020

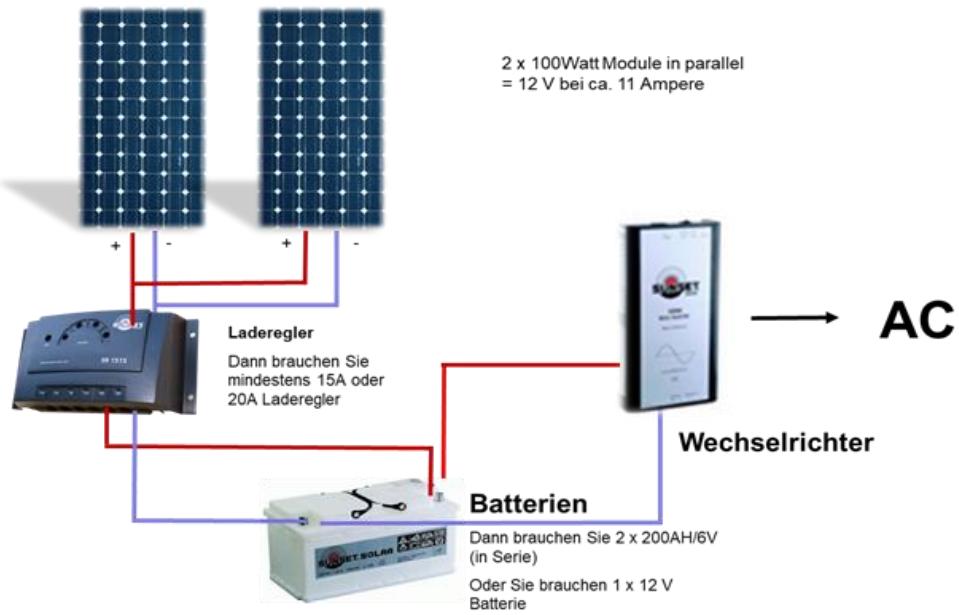
1 x Laderegler SR 1010

2 x Batterie solar. bloc 12V 150

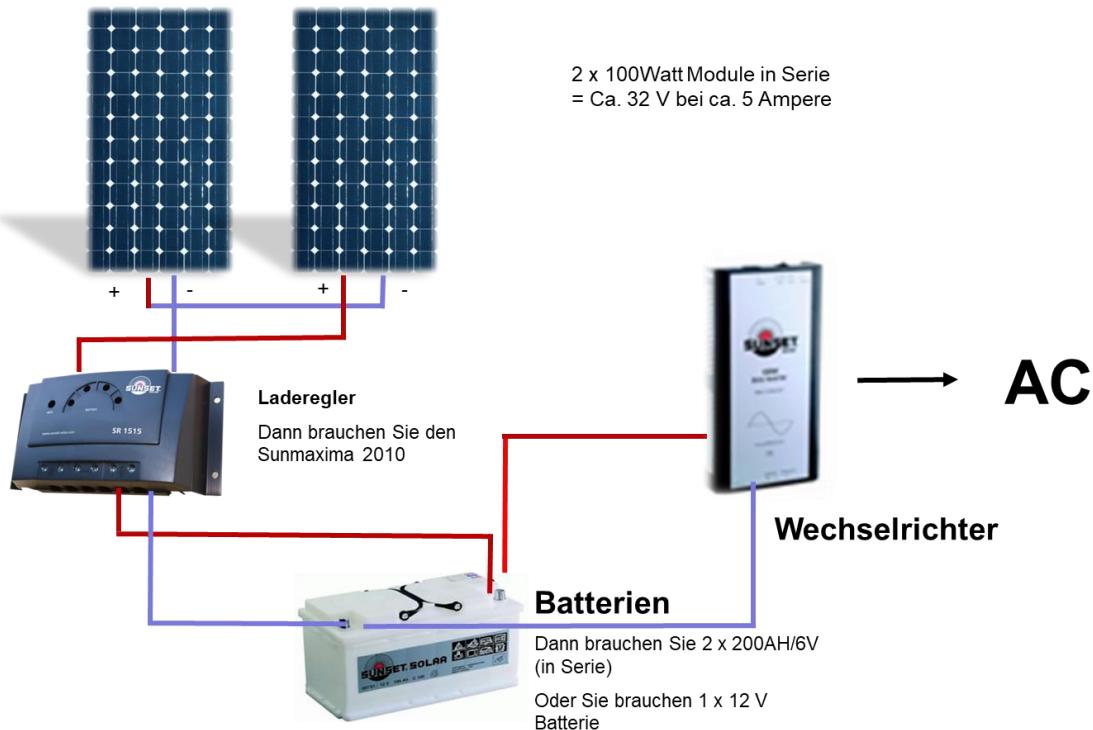
1 x Wechselrichter solarix PI 550

+Zubehör wie Kabel oder Montagevorrichtung

**Inselsysteme PV-Systeme Fassung 1 - 12 V mit 2 Modulen in Parallel**

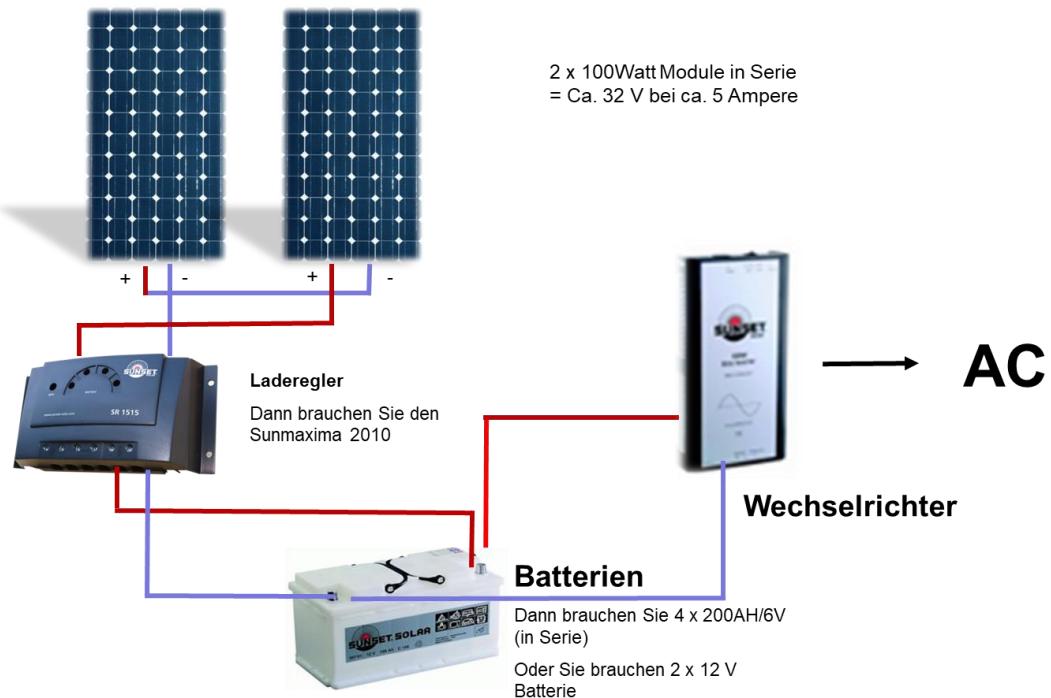


### **Inselsysteme PV-Systeme Fassung 2 - 12 V mit 2 Modulen in Serie**



### **Inselsnetz PV Systeme Fassung 3 - 24 V mit 2 Modulen in Serie**

# SUNSET Schulungspräsentation



# Dimensionierung von netzgekoppelten Anlagen

*Denken vor Handeln*

## ***Verschiedene Bodentypen***

- Pultdach
- Flachdach
- Offenes Feld



## **Erhebung der erforderlichen Daten**

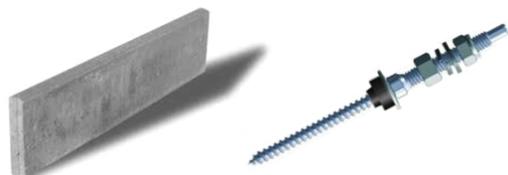
***Parallel zum Dach...***

- Der Dachtyp ist wichtig:
  - Ziegeldach
  - Betondach
  - Dach aus Wellblech
  - Trapezblech
  - Stehfalzdach
- Die Befestigung hängt vom Dachtyp ab



**... oder Neigung auf einem Flachdach?**

- Auf dem Dach:
  - Art des Untergrunds.
    - Dach aus Beton
    - Silizium-Dach
    - Bitumen-Dach.
  - Fixierung.
    - Bolzen.
    - Gewichtselemente aus Beton.
  - Lasten



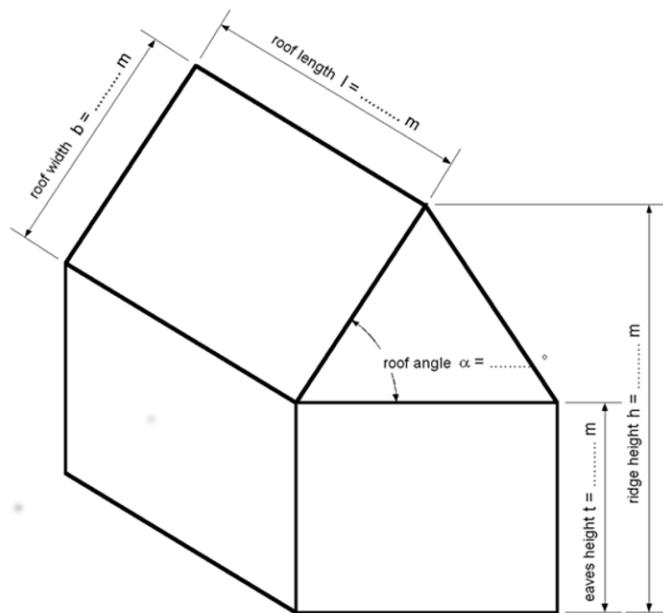
**... oder Neigung auf einem offenen Feld?**

- Offenes Feld
  - Natur des Untergrunds.
    - Konkreter Boden
    - Wiese/Feld
  - Situation der Vegetation
    - Bäume, Sträucher, usw.
  - Anschlussstelle
  - Rechtliche Lage
    - Studie über die Auswirkungen auf die Umwelt.
    - Genehmigungen
    - Die Tiefe der Vertiefung.
      - Unterirdisches Wasser
      - Erhaltungssatzung



### Abmessungen des Dachs

- Abmessungen der Dachflächen
- Länge x Breite
- Registrieren Sie verschiedene Dachflächen separat.

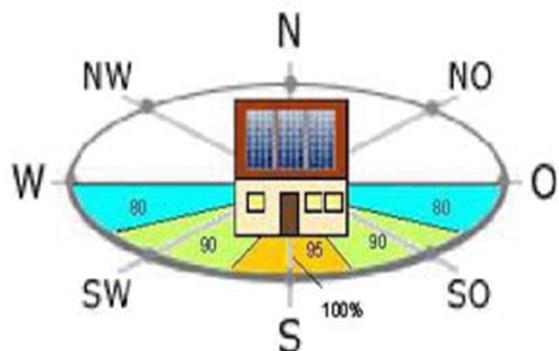


### Offenes Feld

- Angabe des Standortes des Projekts
- Erhebung verschiedener Daten wie z. B.
  - Erforderliche Modulneigung
  - Neigung und Position des Feldes.
- Beschaffenheit des Untergrunds, Erdbeben, Zugänglichkeit.

### Ausrichtung und Neigung

- Jede Ausrichtung und Neigung jeder einzelnen Fläche wird benötigt.
- Neigung in Grad.
- Ausrichtung in Grad.
  - $0^\circ$  = Süden
  - $-90^\circ$  = Östen
  - $90^\circ$  = Westen
  - $180^\circ$  = Norden



### **Hindernisse auf dem Dach**

- Hindernisse nehmen einen Teil des Daches ein.
- Flache Hindernisse.
  - Fenster.
  - Solarthermische Anlagen.
- Sie nehmen Platz weg
- Kein anderer Einfluss



### **Hindernisse/ Strukturen auf dem Dach**

- Hindernisse/ Strukturen auf dem Dach nehmen einen Teil des Daches ein.
- Strukturen auf dem Dach.
  - Schornsteine
  - Satellitenschüsseln
  - Antennen
  - Giebel, Podeste.
- Platz wegnehmen.
- Schatten auf Teilen des Daches erzeugen.



### **Schattensituation**

- Vegetation und Gebäude können direkten oder indirekten Schatten verursachen.
  - Bäume/Kabelbäume
  - Antennenmasten
  - Strukturen auf Gebäuden/Dächern.
- Direkte Schatten müssen einbezogen werden
- Die Situation kann durch Streicher und Arrangements positiv beeinflusst werden.



### ***Auswahl der Komponenten***

#### ***Fotovoltaik Generatoren***

- Die Abmessungen der Module sind entscheidend.
- Kleinere Module können um Hindernisse herum angeordnet werden.
- Große Module nutzen die Fläche optimal aus.



### Zweck der Anlage

- Netzeinspeisung
- Eigenverbrauch
- Optimierter Eigenverbrauch.

### Einspeisung in das öffentliche Netz

- 100 % der erzeugten Energie wird in das öffentliche Netz eingespeist.
- Macht Sinn, wenn die Vergütung/kWh höher ist als der Preis/kWh.
- Für den Fall, dass es Subventionen für erneuerbare Energien gibt.



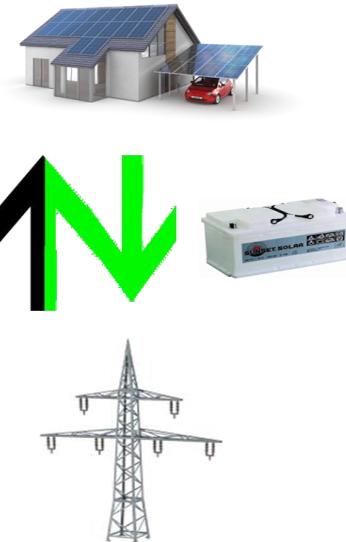
### Selbstverbrauch

- Mit einem Bilanzzähler wird die im Haus verbrauchte Energie kontrolliert
- Mit einem Zähler, der den Rückfluss sperrt, wird die erzeugte Energie von der verbrauchten Energie abgezogen (ACHTUNG Gesetzeslage)
- Sinnvoll, wenn der Verbrauch während der Haupteinstrahlungszeiten erfolgen kann
- Im gleichen Hausnetz kann die erzeugte Energie direkt für die Verbraucher genutzt werden. Der Stromverbrauch aus dem öffentlichen Netz wird reduziert.



### **Optimierung des Eigenverbrauchs**

- Eine kleine Batterie wird dem System hinzugefügt
- Tagsüber wird Strom erzeugt und ein Teil davon in den Batterien gespeichert
- Die gespeicherte Energie kann in der Nacht genutzt werden.



### **Auswahl des Wechselrichters**

Die Wahl des Wechselrichters hängt von den Spannungen und Strömen ab, die sich aus der Anzahl der möglichen Module und ihrer Verschaltung ergeben.

Es ist notwendig, die Spannungen zu berechnen, um festzustellen, ob sie innerhalb der Grenzen des Wechselrichters liegen.

Bei Schattenwurf ist darauf zu achten, dass die Strings so kurz wie möglich sind.

### **Auswahl des Wechselrichters**

#### **Kalkulation der Spannungen:**

$$U_{max} = U_{OC} + (U_{OC} \times 45 \times TK)$$

$$U_{min} = U_{MPP} - (U_{OC} \times 35 \times TK)$$

$$U_{max} \text{ a } 70^\circ \quad U_{min} \text{ a } -10^\circ C$$

$U_{OC}$  = Leerlaufspannung.

$U_{MPP}$  = Spannung am MPP Punkt.

TK= Temperaturkoeffizient (Durchschnittswert):

Monokristallin:  $-0,34 \% / K = 0,0034$  absolut

Monokri. durchschnittliche Dauer:  $-0,28 \% / K = 0,0028$  absolut

Polykristallin:  $-0,36 \% / K = 0,0036$  absolut

Amorphes:  $-0,30 \% / K = 0,0030$  absolut

SUNone:  $-0,36 \% / K = 0,0036$  absolut

### **Platz für die Installation des Wechselrichters**

- *Der Wechselrichter muss an einem Ort installiert werden, der für seine Schutzklasse geeignet ist:*
  - *Folgen Sie den IP-Klassen.*
- *It is important to observe the specifications regarding the place of installation and the distances.*
- *Zugänglichkeit des Standortes.*
- *Die Nichteinhaltung dieser Vorgaben führt zum Verlust der Garantie.*
- *IP 21 und IP 54 sind gängige Werte.*
- *Beispiel für Abstände:*
  - *500 mm zu anderen Geräten*
  - *700 mm zu anderen Wechselrichtern.*

### **Konstruktion des Montagesystems**

- *Bestimmen, ob ein Einfaches oder ein doppeltes Befestigungssystem benötigt wird*
- *Planen Sie die Schienen*
- *Planen Sie die Befestigung auf dem Dach (Dachhaken/ S-Haken, Träger für Trapezblech), max. 1,2 Meter Abstand*
- *Legen Sie die Anzahl der Modulbefestigungen fest (Endbefestigungen und Mittelbefestigungen)*
- *Wenn ein Standardsystem benötigt wird, können Sie mit Durchschnittswerten arbeiten*
- *Bei Abweichungen von den Normbedingungen müssen die statischen Berechnungen auf die Projektdaten bezogen werden.*

### **Die Kabel für die Installation**

- *Wählen Sie die Kabelführung.*
  - *Es ist wichtig, dass die Kabel nicht über scharfe Kanten geführt werden*
  - *Die Kabelführung darf den Kunden nicht stören*
  - *Längere Kabel unterstützen*
  - *Umgebungsbedingungen einbeziehen (Tiere, direkte Bestrahlung)*
  - *Beachten Sie die Biegung der Kabel*
  - *Die Kabel nicht unter Spannung fixieren*

- Plus- und Minuskabel nebeneinander verlegen.

**Kalkulation der Kabel:**

$$(I \times 0,017 \times 2 \times L) / (0,01 \times U)$$

*I* = Systemstrom

*0,017* = spezifischer Widerstand von Kupferkabeln

*L* = Kabellänge in Metern.

*U* = Systemspannung.

# Übungen zur Dimensionierung

*Denken vor Handeln*

## Übung 1

### Dimensionen des Daches

Länge x Breite: 10 x 5 m

Messen Sie verschiedene Oberflächen separat: eine Oberfläche

Ausrichtung und Neigung: Süden 30°

Hindernisse: keine

### Verfügbare Photovoltaikmodule

- PX 230-60 HD
- PX SUNmaxima 270/ 300-72
- AS HPC 90/ 100-watt p
- AS 1506

### Bestimmung der Anzahl der Module

Modul	Länge	Breite	Länge / Breite des Dachs	Menge Längs Seite	Menge kurze Seite	Insgesamt horizontal vertikal/ vertikal horizontal	Watt des Moduls	Watt der Anlage
PX	1,667	0,997	10	5	9	18	230	4140
			5	2	4	20		4600
AS HPC	1,04	0,528	10	9	18	72	100	7200
			5	4	9	81		8100
PX SUNmaxima	1,973	0,997	10	5	9	18	300	5400
			5	2	4	20		6000
AS 6 inch	1,48	0,66	10	6	14	42	150	6300
			5	3	7	42		6300

### Auswahl der Module

- Hinsichtlich der Leistung entscheiden Sie sich für die AS 100 HPC
- 81 Generatoren = 8100 Watt Spitze

- Zwischen den Modulen müssen Sie einen Abstand von 1 cm einplanen (für die Anschlüsse).

**Achtung:** Wenn der Kostenfaktor wichtig ist, bevorzugen wir konventionelle kristalline Module gegenüber Hocheffizienzmodulen.

## Berechnung der Spannungen

$$\begin{aligned}U_{max} &= U_{OC} + (U_{OC} \times 45 \times TK) \\&= 20,1V + (20,1 \times 45 \times 0,0028) = \textcolor{red}{22,63V_{max}} \\U_{min} &= U_{MPP} - (U_{OC} \times 35 \times TK) \\&= 16,4V - (20,1 \times 35 \times 0,0028) = \textcolor{red}{14,43V_{min}}\end{aligned}$$

## Auswahl des Wechselrichters

Beachten Sie die folgenden Punkte:

- Die HPC-Module müssen positiv geerdet werden
- Ein Wechselrichter mit Transformator ist erforderlich
- $8,1 \text{ kWp} = 2 \text{ Wechselrichter } \rightarrow 4 \text{ kW}$  oder eine dreiphasige Einspeisung (unsymmetrische Netzbelastung).

## Mögliche Wechselrichter:

- **SUNSET SUNString 4000**
  - Spannungsbereich: 200V-510V/600V
- **Kaco Powador 5002**
  - Spannungsbereich: 200V-510V/600V
- **SMA SMC 5000A + SB 3000 HF**
  - Spannungsbereich: 246V-480/600
  - Spannungsbereich: 210V-560/700

## Berechnung der Verkabelung SUNSET

### Berechnung der Anschlussgrenzen:

$$U_{min} = U_{MPP} - (U_{OC} \times 35 \times TK) = 16,4V - (20,1 \times 35 \times 0,0028) = \textcolor{red}{14,43V_{min}}$$

$U_{min} WR = 200 V \rightarrow 200 V / 14,43V = \text{mindestens } 14 (13,86) \text{ Module in Reihe geschaltet werden, um die Mindestspannung zu erreichen}$

$$U_{max} = U_{OC} + (U_{OC} \times 45 \times TK) = 20,1V + (20,1 \times 45 \times 0,0028) = \textcolor{red}{22,63V_{max}}$$

$U_{max} WR = 600 V \rightarrow 600 V / 22,63V = \text{höchstens } 26 (26,51) \text{ Module in Reihe geschaltet werden, um unter der maximalen Spannung zu bleiben.}$

Achtung: die maximale Spannung kann höher sein als der MPP-Bereich des Wechselrichters.

### Berechnung der Verdrahtung Kaco

#### Berechnung der Anschlussgrenzen:

$$U_{min} = U_{MPP} - (U_{OC} \times 35 \times TK) = 16,4V - (20,1 \times 35 \times 0,0028) = \textcolor{red}{14,43V_{min}}$$

$U_{min} WR = 200 V \rightarrow 200 V / 14,43V = \text{mindestens } 14 (13,86) \text{ Module in Reihe geschaltet werden, um die Mindestspannung zu erreichen.}$

$$U_{max} = U_{OC} + (U_{OC} \times 45 \times TK) = 20,1V + (20,1 \times 45 \times 0,0028) = \textcolor{red}{22,63V_{max}}$$

$U_{max} WR = 600 V \rightarrow 600 V / 22,63V = \text{höchstens } 26 (26,51) \text{ Module in Reihe geschaltet werden, um unter der maximalen Spannung zu bleiben.}$

Achtung: die maximale Spannung kann höher sein als der MPP-Bereich des Wechselrichters

### Berechnung der Verdrahtung SMA

#### Berechnung der Anschlussgrenzen:

$$U_{min} = U_{MPP} - (U_{OC} \times 35 \times TK) = 16,4V - (20,1 \times 35 \times 0,0028) = \textcolor{red}{14,43V_{min}}$$

$U_{min} WR = 246 V \rightarrow 246 V / 14,43V = \text{mindestens } 18 (17,04) \text{ Module, um die Mindestspannung zu erreichen.}$

$U_{min} WR = 210 V \rightarrow 210 V / 14,43V = \text{mindestens } 15 (14,55) \text{ Module, um die Mindestspannung zu erreichen.}$

$$U_{max} = U_{OC} + (U_{OC} \times 45 \times TK) = 20,1V + (20,1 \times 45 \times 0,0028) = \textcolor{red}{22,63V_{max}}$$

$U_{max} WR = 600 \text{ V} \rightarrow 600 \text{ V} / 22,63\text{V} = \text{höchstens } 26 \text{ (26,51) Module unter der maximalen Spannung bleiben.}$

$U_{max} WR = 700 \text{ V} \rightarrow 700 \text{ V} / 22,63\text{V} = \text{höchstens } 30 \text{ (30,93) Module unter der maximalen Spannung bleiben.}$

**Achtung: die maximale Spannung kann höher sein als der MPP-Bereich des Wechselrichters**

### **Mögliche Dimensionierungstypen**

SUNSET: 80 Module AS 100 HPC:

4 strings à 20 modules 2x SUNString 4000

Dimensionierungsfaktor: 1

KACO: 80 Module AS 100 HPC:

4 strings à 20 Module 2x Powador 5002

Dimensionierungsfaktor: 1,05

SMA: 80 Module AS 100 HPC:

2 strings à 25 Module 1x SMC 5000A

Dimensionierungsfaktor: 1

2 strings à 15 Module 1x SB 3000HF

Dimensionierungsfaktor: 1

### **Übung 2 - SUNtest**

#### Dimensionen des Daches

- Länge x Breite: 15 x 7 m
- Messen Sie verschiedene Oberflächen separat: eine Oberfläche
- Ausrichtung und Neigung: Süden 30°
- Hindernisse: keine
- Der Kunde möchte einen Wechselrichter ohne Trafo

### **Auswahl der Komponenten**

#### **Verfügbare Photovoltaikmodule**

- *PX 230-60 HD*
- *PX SUNmaxima 270/ 300-72*
- *AS HPC 95 W*
- *PX 1606*

#### ***Bestimmung der Modulnummer***

Modul	Länge	Breite	Länge/Breite des Dachs	Menge lange Seite	Menge kurze Seite	Insgesamt horizontal vertikal/ vertikal horizontal	Watt des Moduls	Watt der Anlage
PX	1,667	0,997					230	
AS HPC	1,04	0,528					100	
PX SUNmaxima	1,973	0,997					300	
PX 6 inch	1,48	0,66					160	

#### ***Auswahl des Moduls***

*In Bezug auf die Leistung, das Modul \_\_\_\_\_ wird gewählt*

*\_\_\_\_\_ Module = \_\_\_\_\_ watts peak.*

#### ***Berechnung der Spannungen***

$$\begin{aligned}
 U_{max} &= U_{OC} + (U_{OC} \times 45 \times TK) \\
 &= _____ V + (_____ \times 45 \times _____) = _____ V_{max} \\
 U_{min} &= U_{MPP} - (U_{OC} \times 35 \times TK) \\
 &= _____ V - (_____ \times 35 \times _____) = _____ V_{min}
 \end{aligned}$$

### Auswahl des Wechselrichters

Mögliche Wechselrichter:

\_\_\_\_\_  
Spannungsbereich: \_\_\_\_ V-\_\_\_\_ V/\_\_\_\_ V

\_\_\_\_\_  
Spannungsbereich: \_\_\_\_ V-\_\_\_\_ V/\_\_\_\_ V

\_\_\_\_\_  
Spannungsbereich: \_\_\_\_ V-\_\_\_\_ V/\_\_\_\_ V

### Berechnung der Verkabelung

Berechnung der Anschlussgrenzen:

$$U_{min} = U_{MPP} - (U_{OC} \times 35 \times TK) = ____ V - (____ \times 35 \times ____ ) = ____ V_{min}$$

$U_{min} WR = ____ V \rightarrow ____ V / ____ V = \text{mindestens } ____ (\text{____})$  Module in Reihe geschaltet werden, um die Mindestspannung zu erreichen.

$$U_{max} = U_{OC} + (U_{OC} \times 45 \times TK) = ____ V + (____ \times 45 \times ____ ) = ____ V_{max}$$

$U_{max} WR = ____ V \rightarrow ____ V / ____ V = \text{höchstens } ____ (\text{____})$  Module unter der maximalen Spannung bleiben.

### Mögliche Dimensionierungstypen

\_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ Module \_\_\_\_\_:  
\_\_\_\_\_ strings à \_\_\_\_\_ Module \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_  
Dimensionierungsfaktor: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ Module \_\_\_\_\_:  
\_\_\_\_\_ strings à \_\_\_\_\_ Module \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_  
Dimensionierungsfaktor: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ Module \_\_\_\_\_:  
\_\_\_\_\_ strings à \_\_\_\_\_ Module \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_  
Dimensionierungsfaktor: \_\_\_\_\_

# Betrieb und Wartung der Anlage

## Kontinuierliche Kontrollen

- Steuerung des Wechselrichters (Eigentümer)

- Betriebszustand
- Fehleranzeige?
- Tagesleistung/Spitzenwert
- Tägliche Kontrolle.

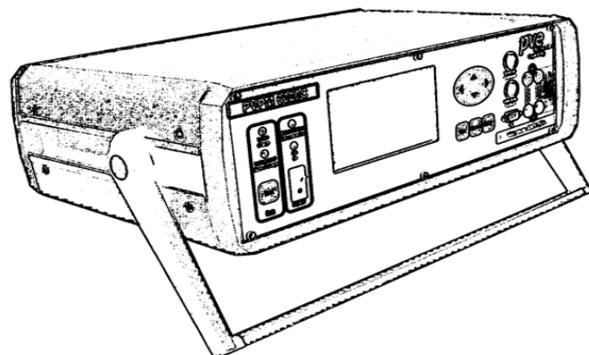


- Zählung des Zählers (Eigentümer)
- Monatliche Kontrolle
- Notieren und prüfen Sie die Plausibilität
- Visuelle Kontrolle der Anlage (Eigentümer)
  - Untersuchen, ob ein Modul Risse hat
  - Kontrollieren Sie, ob die Module sauber sind
  - Achten Sie auf die Umgebungsvegetation
  - Überprüfen Sie die Befestigung der Module
  - Je nach Situation ein- bis zweimal pro Jahr
  - Überprüfung der Kabel (z. B. auf verbrannte Stellen)
- Wiederholen Sie die Kontrollen bei der Inbetriebnahme
- Alle 3 oder 4 Jahre, je nach Aufzeichnungen
- Diese Kontrollen müssen von einem Sachverständigen durchgeführt werden.
- Bei der Prüfung ist Folgendes zu beachten die Messung der Kennlinie
- Thermografie
- Automatischer Trennschalter.

### ***Messung der charakteristischen Kurven***

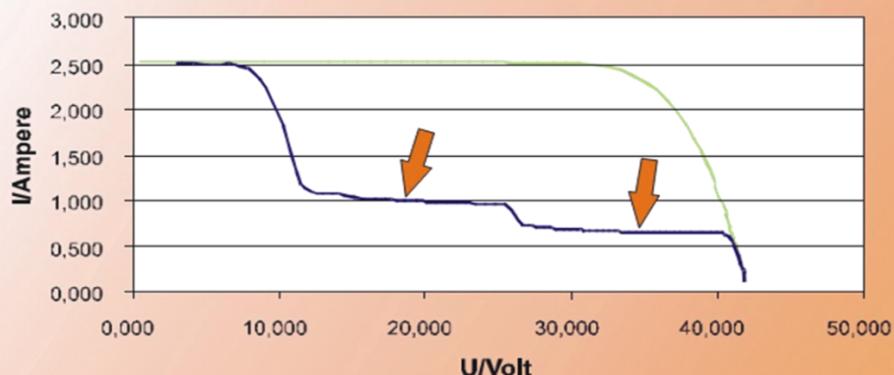
#### **PVPM 1000C**

- Misst die Eigenschaften der Module
- Wird grafisch ausgegeben
- Berechnet die Maximalwerte.

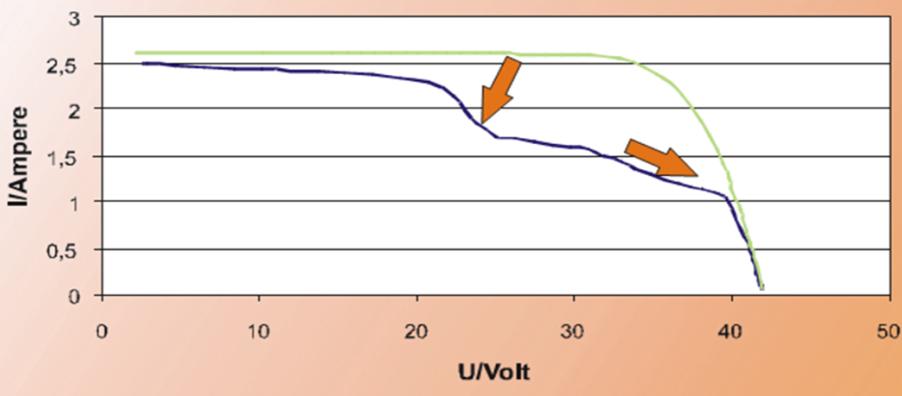


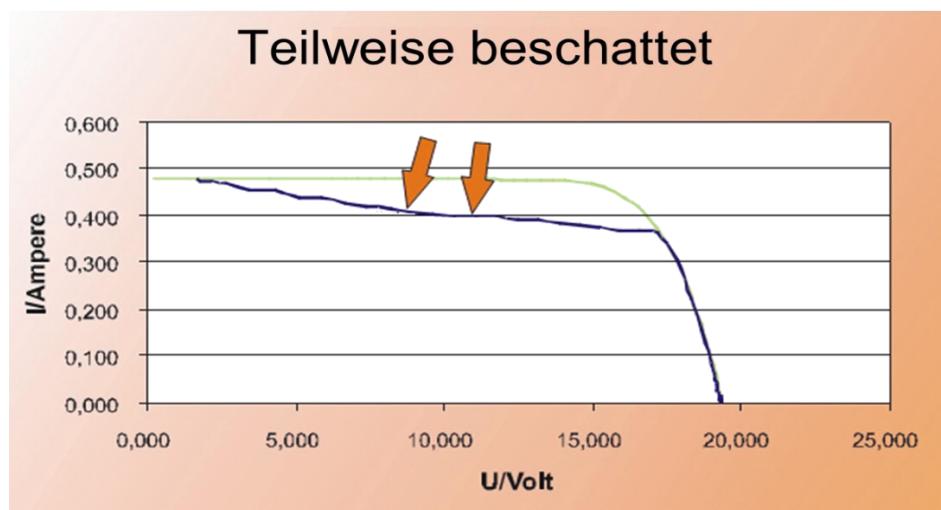
### **Messung der charakteristischen Kurven**

#### **2 abgedeckte Zellen**



#### **Teilweise beschattet**





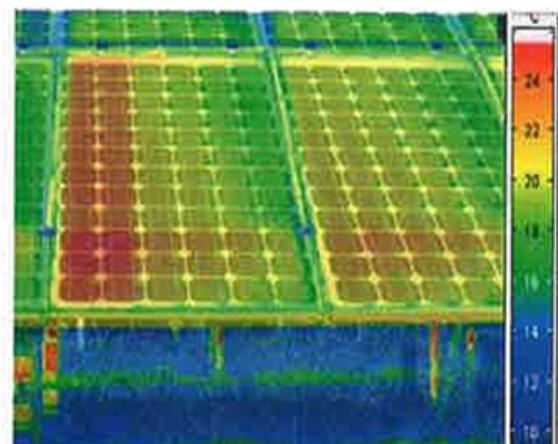
### Thermografie

Registrierung von

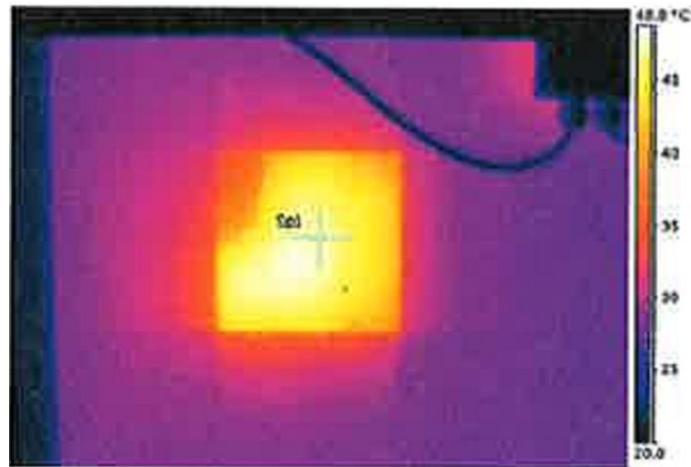
- *Heiße Stellen*
- *Defekte Zellen*
- *Schlechte Verbindungen*
- *Inaktive Module/Flächen.*



*Nicht verbundene Zellen*



### Gerissene Zelle



### Sauberkeit der Module

- Die Verschmutzung der Module hängt von den Umgebungsbedingungen ab:
  - Pollen
  - Staub
  - Verschmutzung durch den Verkehr
  - Vogelkot.

Reinigung mit warmem Wasser, Schwamm/Bürste, milden Reinigungsmitteln

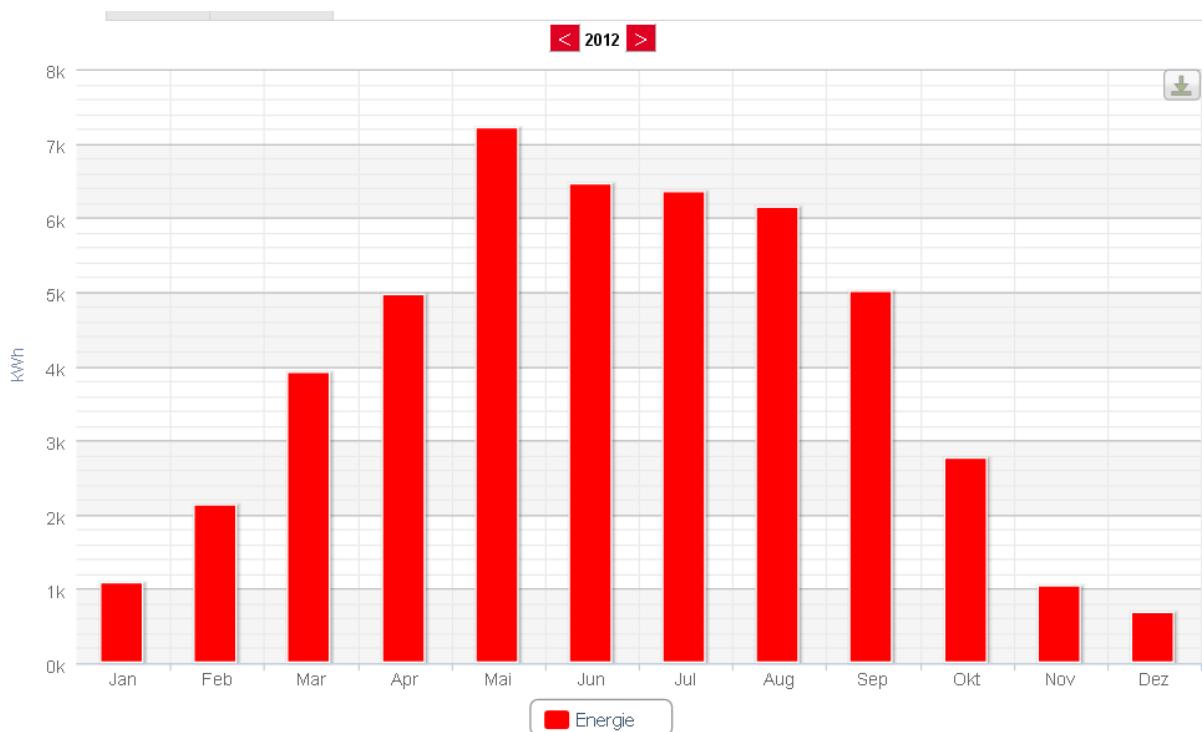
Nicht tagsüber reinigen:

Morgens oder abends, bevor die Module erwärmt werden oder nachdem sie abgekühlt sind, da sonst die Gefahr von Rissen aufgrund von Spannungen besteht:

### Behalten Sie die Ausgänge im Auge

- Die Erträge einer Photovoltaikanlage variieren mit der jährlichen Sonneneinstrahlung
- Die monatlichen Erträge können erfasst und verglichen werden. Es ist wichtig, dass die Jahresstationen einbezogen werden
- Jährlich können die genauen Erträge in den EVU-Verrechnungen untersucht werden
- Es können zusätzliche Zähler angeschlossen werden, die die Erträge messen.

## Ausgabe Grafiken



## Der Datenlogger und seine Möglichkeiten

- Die Datenlogger können zur Überwachung von kleinen und mittleren Anlagen eingesetzt werden.
- Sie registrieren die Werte der Wechselrichter.
- Sie können mit verschiedenen Sensoren ausgestattet werden.
- Sie schaffen Kommunikation im Falle von Defekten.

## Der Datenlogger und seine Werte

- Der Datenlogger überwacht die einzelnen Werte wie die Spannungen, die Ströme oder die Temperaturen
- Die Werte können abgetastet und ausgewertet werden
- Abruf der Werte manuell oder über ein Portal.

## Der Datenlogger und sein Portal

- Das Online-Portal wertet die Werte aus
- Weltweiter Zugriff
- Definition von Alarmkriterien
- Kommunikation
  - über internet

## SUNSET Schulungspräsentation

- *analog*
- *ISDN*
- *GPRS*
- *Erstellung von Diagrammen*
- *Vergleiche zwischen vorhergesagten und tatsächlichen Werten.*

## Das Portal

The screenshot shows the main homepage of the SUNSET Solar website. The header features the SUNSET logo and navigation links for Inicio, Condiciones Generales de Contratación, Aviso Legal, Contacto, Dirección, and several international flags. The main content area includes a banner for 'SUNimpact®' with a solar panel image, a 'Solar Energy' section with a large image of solar panels, a 'Newsflash' box, a 'Portal-Login' box, a 'THERMAL-SYSTEMS' section, and a 'Service-Center' box. A sidebar on the left promotes 'SUNimpact®' grants and international school projects. A search bar and a 'sunset' link are at the top right.

The screenshot shows the 'Portal-Login' page. It features a large image of a solar panel array with the text 'Solar Energy by SUNSET'. Below it is a login form with fields for 'Benutzername' (SENA) and 'Passwort' (\*\*\*\*\*), and a 'Login' button. Navigation links at the bottom include 'Start SUNSET', 'SUNSET', 'Portal-Login', and 'Portal-Logout'. The footer contains copyright information for SUNSET Energietechnik GmbH Adelshofen Germany.

# SUNSET Schulungspräsentation

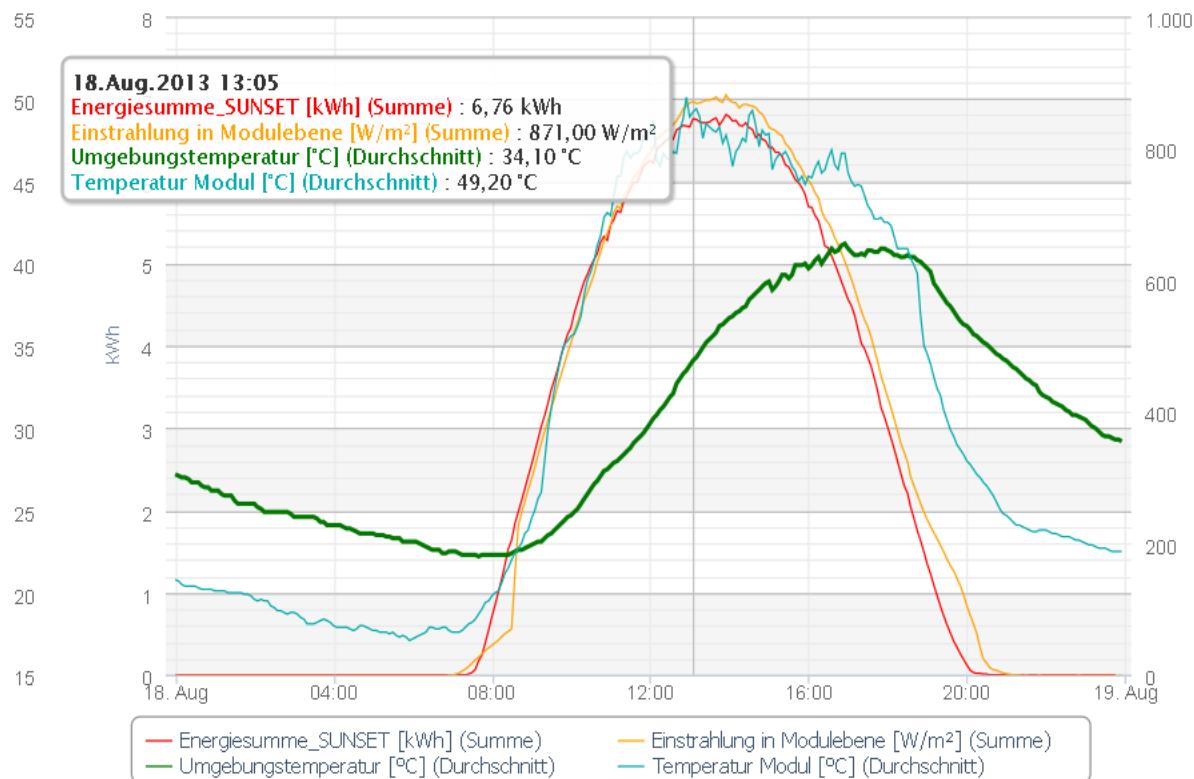
The screenshot shows the Safer'Sun web interface. At the top, there is a logo for "SUNSET SOLAR" featuring a stylized sun icon. Below the logo, a banner displays a large image of solar panels under a blue sky with clouds. A red header bar contains the text "Selección de planta". The main content area is titled "Bienvenido a Safer'Sun" and includes the instruction "Por favor seleccione una planta de la vista general.". Four plant options are listed in a grid:

- SENA Complejo del Sur**: Shows a placeholder image ("Kein Bild vorhanden") and three feedback icons (like, neutral, dislike).
- SENA Puerto Carreno**: Shows a placeholder image ("Kein Bild vorhanden") and three feedback icons (like, neutral, dislike).
- SUNSET Hertha Aisch**: Shows a thumbnail image of a building with solar panels and three feedback icons.
- SUNSET Juneda mitte**: Shows a thumbnail image of a solar panel array in a field and three feedback icons.

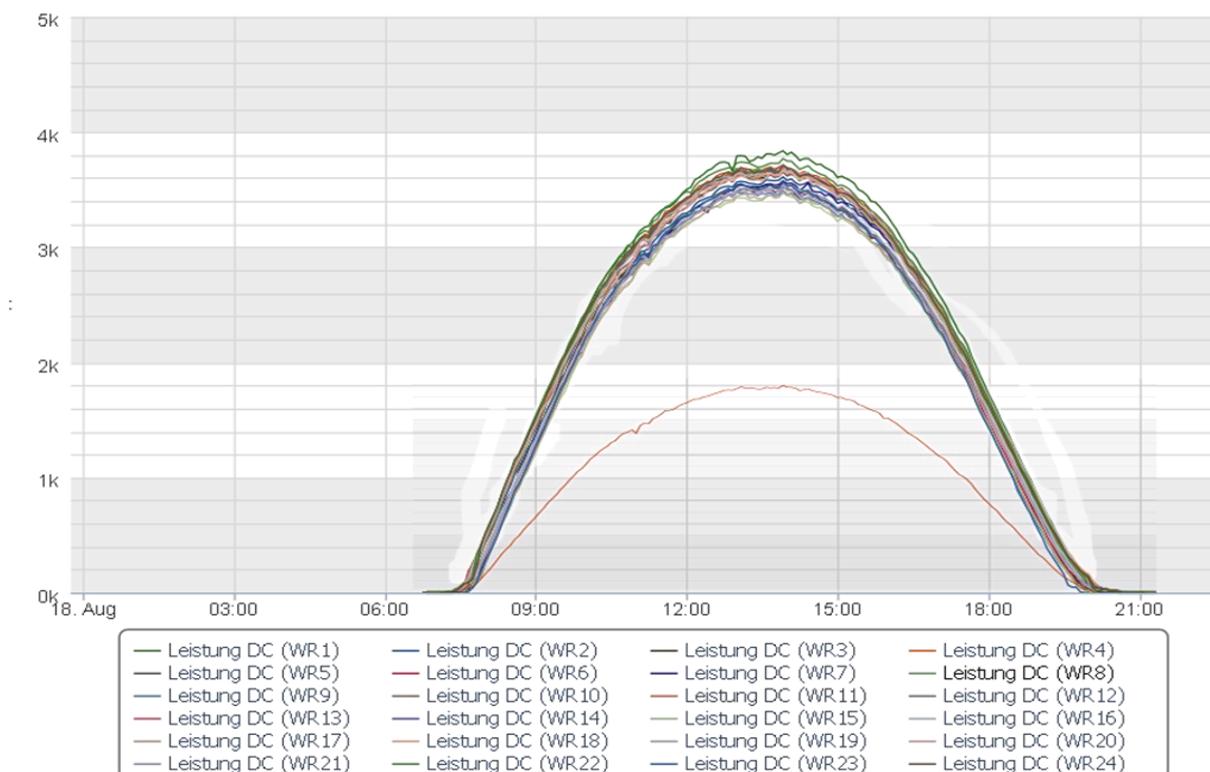
The screenshot shows the Meteocontrol web interface for the "SUNSET Juneda mitte" plant. At the top, there is a navigation bar with links for "Búsqueda de planta", "Administración", "Inicio", "Contacto T&C", and "Salir". The URL in the address bar is [https://www1.meteocontrol.de/ssp/anlage/anlageninfo\\_portlet.php?IDAnlage=11193](https://www1.meteocontrol.de/ssp/anlage/anlageninfo_portlet.php?IDAnlage=11193). The main content area has a red header bar with the "SUNSET SOLAR" logo and a banner image of solar panels. The page title is "Bienvenido a la planta 'SUNSET Juneda mitte'" and the date is "20-11-2013". On the left, a sidebar menu lists various plant management options. The main content area features several cards with plant information:

- Cuenta solar**: Shows a coin icon and the text "Hasta hoy, su planta solar ha producido un rendimiento\* de **86.287,89 €**". A note below states "\* a base de la remuneración de la energía producida de 0,0800 €".
- Contribución personal a la**: Shows a sunflower icon and the text "Emisiones evitadas gracias a su instalación fotovoltaica\* **642.845 kg CO<sub>2</sub>**". A note below states "\* Fuente: Instituto Federal del Medio Ambiente de Alemania,...".
- Estado de la planta, alarma**: Shows a checklist icon and a summary of system status: Transferencia de datos: checked, Simulación: checked, Configuración: checked, and Alarmas actuales: 0.
- el 20 de Noviembre 2013**: Shows a line graph of energy production over time on November 20, 2013, with a peak of **45,3 kWh**.
- Noviembre 2013**: Shows a bar chart of monthly energy production for November 2013, totaling **7.867,2 kWh**.
- Info-Center**: Shows a small image of a document or booklet.

### Beispiel für Merkmale



### Fehler: Halbierte Leistung



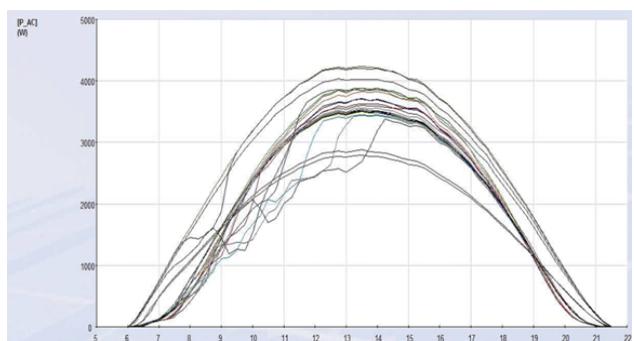
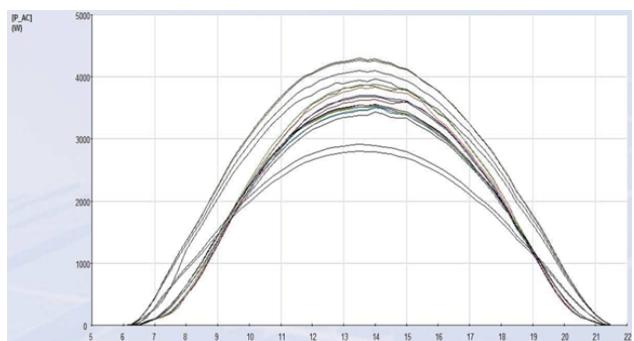
- Wenn einer der beiden Strings eines Wechselrichters (mit zwei Strings) ausfällt, meldet dies die Leistungskennlinie. Sie zeigt nur den halbierten Wert der Normalkurven an.
- Mögliche Ursachen:
  - Kabel defekt
  - Modul defekt
  - Getrennte Verbindung.

### Fehler: Beschädigung einer Diode

- Wenn eine Bypass-Diode beschädigt ist, kann der Rückstrom im Falle eines Schattens nicht wiederhergestellt werden.
- Dioden werden durch Überspannungen oder durch Defekte an Ersatzteilen beschädigt
- Im Falle eines Kurzschlusses kann der Schaden nur durch eine direkte Messung erkannt werden
- Im Falle eines Bursts ist die Spannung des Moduls geringer, was in der Kennlinie zu erkennen ist.

### Schatten

- Schatten werden durch Gebäude/Bäume oder andere Umstände erzeugt.
- Sie sind an der charakteristischen Kurve der Anlage zu erkennen
- Vegetation, insbesondere Unkraut, kann plötzliche Schatten erzeugen.



### **Fehler: Minderwertige Ausgänge**

- *Eine minderwertige Leistung kann entstehen durch:*
  - *Verschmutzte Module*
  - *Defekte Komponenten*
  - *Bruch von Glas*
- *Sie muss monatlich in der Leistungsbilanz ermittelt werden*
- *Sie ist bei der Zählung des Zählers zu sehen.*

### **Fehler: Bruch von Glas**

- *Das Zerbrechen von Glas kann durch verschiedene Umstände verursacht werden:*
  - *Vandalismus*
  - *Beschädigung durch Sturm*
  - *Hagel*
- *Meistens handelt es sich um versicherte Schäden.*

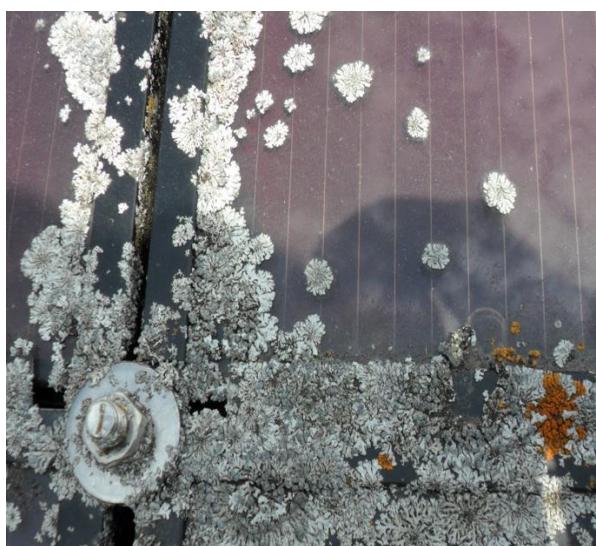
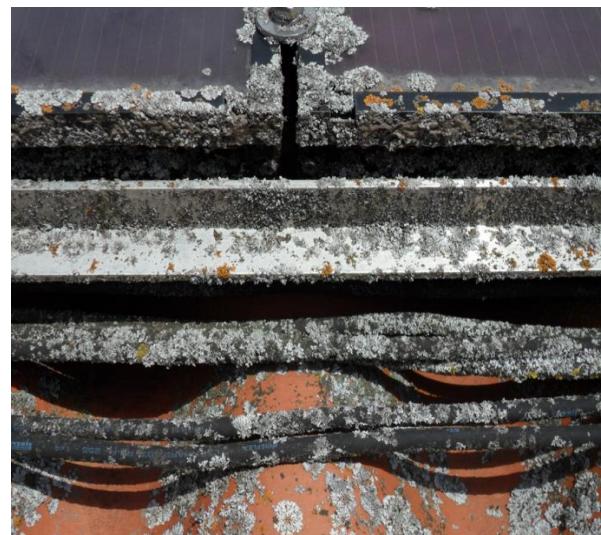
### **Defekt des Wechselrichters**

- *Der Wechselrichter zeigt auf seinem Display einen Defekt an*
- *Obwohl alle Werte korrekt sind, lässt sich das Gerät nicht ans Netz anschließen*
- *Die Werte der Anlage zeigen die normalen Parameter an*
- *Wenn der Defekt verifiziert wird, wird ein Ersatzgerät eingesetzt, sofern es verfügbar ist*
- *Im Internet finden Sie die Fehlerprotokolle für die Meldung eines Defekts.*

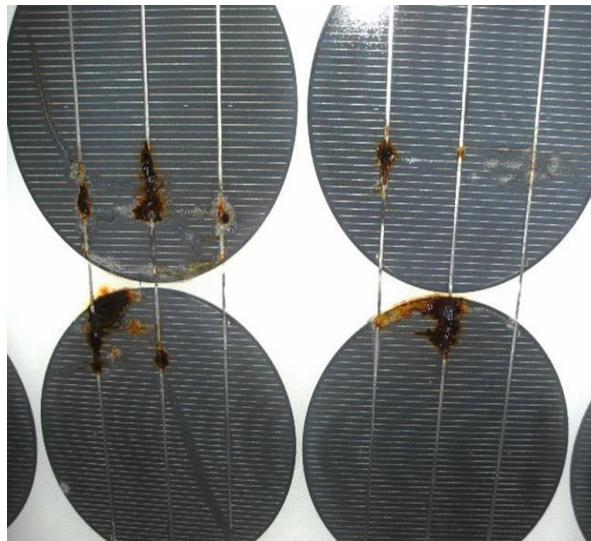
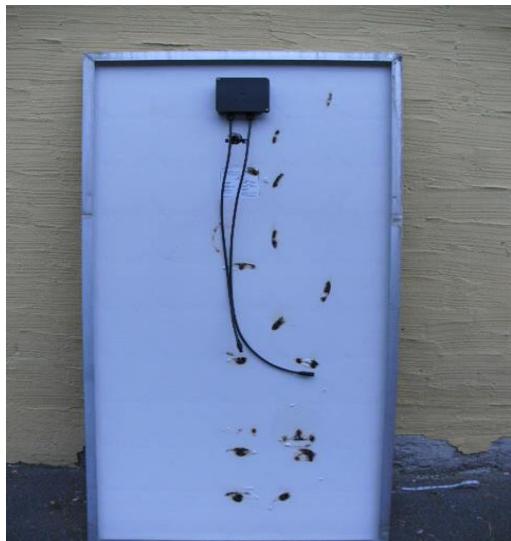
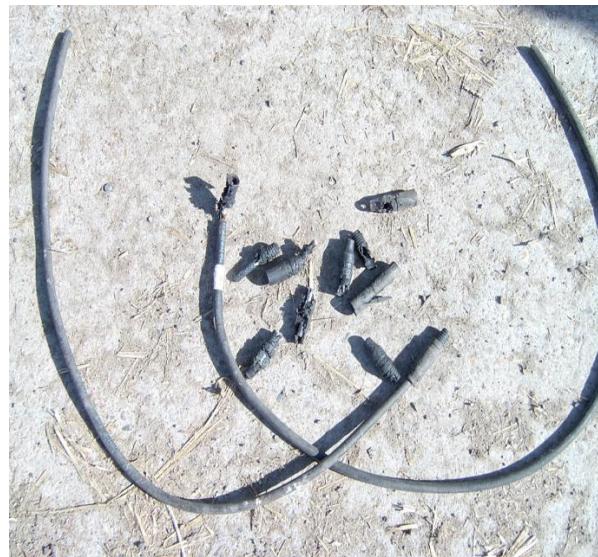
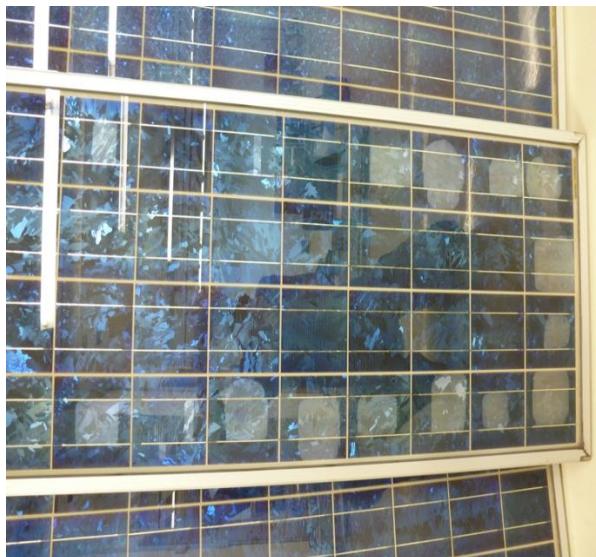
### **Stromausfall eines Sensors**

- *Ein Ausfall eines Sensors ist im Portal/Datenlogger sichtbar*
- *Der Defekt kann durch Messung der Ausgangswerte des Sensors verifiziert werden*
- *Ausschließen, dass ein Kabel gebrochen ist oder die Schnittstelle defekt ist*
- *Der Sensor wird im Falle eines Defekts ausgetauscht.*

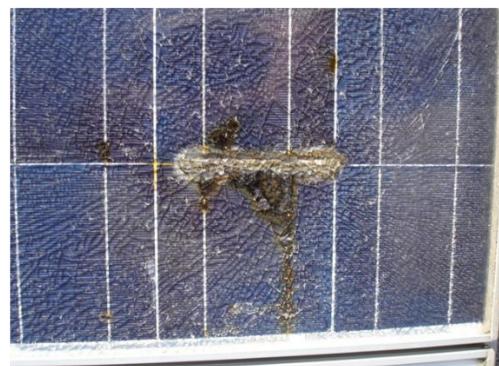
**Fehler der Anlagen**



## SUNSET Schulungspräsentation



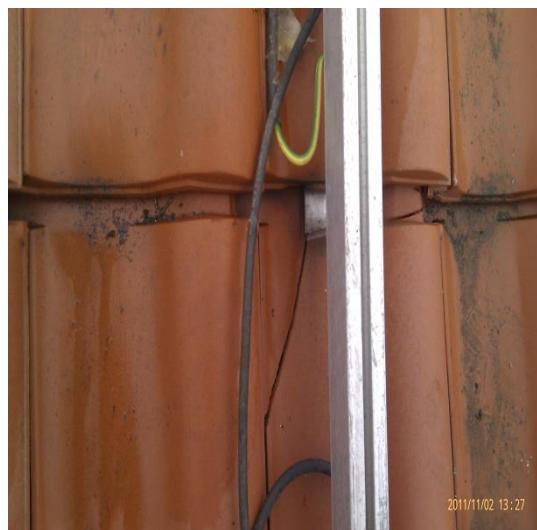
## SUNSET Schulungspräsentation



## SUNSET Schulungspräsentation



## SUNSET Schulungspräsentation



## SUNSET Schulungspräsentation

