



**RES-SKILL**

**Umschulung von Beschäftigten der  
Kohleindustrie für den Sektor der  
erneuerbaren Energien**

**O3-T2: RES-SKILL**  
**Lerneinheit 01**  
**PV-System-Installateur**  
**Fallbeispiele**

May 2022



Projekt-Akronym: RES-SKILL

Projektname: Umschulung von Beschäftigten der Kohleindustrie für den Sektor der erneuerbaren Energien

Projekt-Code: 2020-1-EL01-KA202-079114

#### Dokument Geschichte

Version	Date	Changes	Type of change	Delivered by
1.0	05.01.2022	Initial Document		RENAC
1.1	07.07.2022	Initial Document	DE Translation	RENAC

Informationen zum  
Dokument

O3: RES-SKILL Lerneinheiten

Name der Dokumenten-  
ID:

Fallbeispiele, die sich an Berufsbildungsanbieter und Arbeitgeber des EE-Sektors richten und die Grundlage für einen aktuellen Kurs über EE-relevante Fähigkeiten für Kohlearbeiter bilden.

Titel des Dokuments:

RES-SKILL Fallbeispiele

Art der Ausgabe:

Intellektueller Output 3

Datum der Lieferung:

05.06.2022

Art der Tätigkeit:

Leiter der Aktivität:

RENAC

Verbreitungsgrad:

Vertraulich

#### Haftungsausschluss

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, der ausschließlich die Meinung der Autoren wiedergibt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.

Dieses Dokument ist Eigentum des RES-SKILL Konsortiums. Projektmaterial, das im Rahmen der Projektmanagement- und Implementierungsaktivitäten entwickelt wurde, darf ohne vorherige schriftliche Zustimmung des RES-SKILL-Konsortiums in keiner Form und mit keinen Mitteln kopiert oder verbreitet werden.



## Inhalt

Inhalt	iii
Abkürzungen	iv
Verzeichnis der Abbildungen	v
1 Einführung	1
Über dieses Dokument	1
Zielsetzung	1
Gesundheit und Sicherheit	1
Fallstudie I: Kleine netzgekoppelte PV-Systeme - 3kWp netzgekoppeltes System, Deutschland	2
Fallstudie II: Mittlere netzgekoppelte PV-Anlagen - 2 MWp-Solarpark, Deutschland	5
Fallstudie III: PV-Anlagen - Verschattung zwischen den Reihen	7
Selbstbeschattung liegt vor, wenn eine Reihe von Solarmodulen die dahinter liegende Reihe beschattet.	7
Referenzen	10
Anhang 1: Einige Beispiele für derzeit auf dem Markt befindliche PV-Module.	11
2 Anhang 2: Netzgekoppelte / netzunabhängige Wechselrichter	12
Netzgekoppelte Wechselrichter	12
Netzunabhängige Wechselrichter	13
3 Anhang 3: Beispiel für ein Datenblatt für einen Wechselrichter	14



## Abkürzungen

**HVAC**                      **Heizung, Lüftung und Klimatisierung**

<b>RES</b>	Erneuerbare Energiequellen
<b>VET</b>	Berufliche Bildung
<b>MW</b>	Megawatt
<b>GW</b>	Gigawatt
<b>OECD</b>	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>PV</b>	Photovoltaik
<b>EQR</b>	Europäischer Qualifikationsrahmen
<b>SCC</b>	Sicherheits Zertifikat Kontraktoren (Sicherheit, Gesundheit und Umwelt), in den Niederlanden auch als VCA bekannt
<b>ECVET</b>	Europäisches Leistungspunktesystem für die Berufsbildung (European Credit System for Vocational Education and Training)
<b>OHS</b>	Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz



## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: RENAC-Systemdiagramm (links) und PV-Array 1 - 7 × Sunset TWIN 140 Wp Dünnschicht-Silizium-Multifunktionsmodule (rechts).....	2
Abbildung 2: PV-Array 2 - 6 × Solon Blue 200 Wp polykristalline Siliziummodule (links) und PV-Array 3 - 10 × Inventux 115 Wp mikromorphe (a-Si/μc-Si) Dünnschichtsiliziummodule (rechts).....	3
Abbildung 3: Von Sunset und Conenergy bereitgestellte Montagekonstruktionen. Freistehend, durch Betonsockel gehalten. Kein Eingriff in die Dachkonstruktion. Punktlasten ca. 0,4 × 0,4 m. 30 kg. Verteilte Last ca. 60 kg/m <sup>2</sup> . Gesamtlast auf dem Dach ca. 1.500 kg.	3
Abbildung 4: Drei SMA Sunny Boy-Wechselrichter SMA 1100. Ein Wechselrichter pro Phase/PV-Array, installiert unter einem der Arrays zum Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung. Die Wechselrichter sind mit DC-Trennern zur Isolierung der PV-Anlagen ausgestattet. 3-phasige 230/400-V-Einspeisung in den Elektroraum im Untergeschoss des Gebäudes über den Verteilerkasten unter dem Wechselrichter auf der rechten Seite. Telekommunikationsleitung für die Systemüberwachung zum RENAC-Büro..	3
Abbildung 5: Einspeisepunkt und Zähler im Keller des Gebäudes.....	4
Abbildung 6: Elektrischer Aufbau des Solarparks (nicht alle PV-Anlagen dargestellt).....	5
Abbildung 7: Räumung und Nivellierung des Geländes. Quelle: KWA EVIVA GmbH. ....	5
Abbildung 8: Aufgaben beim Bau des Solarparks. Von oben: a) Erste Probebohrungen, b) erste komplette Reihen, c) Zaunbau, d) Modulmontage, e) fertige Modulreihe, Wechselrichter und Transformator, g) Mittelspannungsübertragungsstation, h) Kabelgräben, i) Luftbild des fertiggestellten 2 MW-Solarparks, Meuselwitz, Deutschland. (Quelle: KWA EVIVA GmbH)...	6
Abbildung 9: Monokristalline Siliziummodule mit 72 Zellen (links) und polykristalline Siliziummodule mit 60 Zellen (rechts).....	11
Abbildung 10: 36-zelliges monokristallines Silizium (links), 115 Wp mikromorphes Silizium (a-Si/μc-Si) (rechts). ....	11
Abbildung 11: Cadmiumtellurid (CdTe)-Dünnschichtmodule - Quelle: BSW-Solar/Upmann..	11
Abbildung 12: 130 Wp Silizium-Dünnschicht mit Mehrfachübergang (links), 80 Wp monokristallines Silizium mit Rückkontakt (Mitte), 20 Wp monokristallines Silizium mit 36 Halbzellen (rechts). ....	11
Abbildung 13: Wechselrichter von Fronius International (links) und SMA Solar Technology AG (rechts).....	12
Abbildung 14: Datenblatt des Wechselrichters. ....	14

# **Einführung**

## **Über dieses Dokument**

Dieses Dokument soll einen umfassenden Überblick über einige Fallbeispiele geben. Es ist Teil des Pakets für die Umschulung von Kohlearbeitern. In Anbetracht der festgestellten Qualifikationslücken zwischen Kohlearbeitern und Arbeitern in der PV-Branche werden alle wesentlichen Themen zur Schließung von Wissenslücken behandelt, jedoch nicht erschöpfend, da dies in einem Text dieses Umfangs nicht möglich ist. Außerdem ist es wichtig zu beachten, dass die hier gegebenen Informationen kritisch zu interpretieren sind. Während die meisten Informationen für Ihren Standort/Ihre Situation relevant sein werden, treffen einige möglicherweise nicht oder nur teilweise zu.

## **Zielsetzung**

Die Fallbeispiele für die Lerneinheit LU01, die für von PV-Anlagen Installateure entwickelt wurden, sollen ihnen einen tieferen Einblick in das PV-Thema geben und sie mit der Realität vertraut machen.

## **Gesundheit und Sicherheit**

Ein PV-Installationsstandort ist eine Baustelle und ein Elektroinstallationsstandort und muss als solcher alle relevanten Gesundheits- und Sicherheitsvorkehrungen und Arbeitspraktiken einhalten, z. B. sicheres Arbeiten in der Höhe, Schutz vor Stromschlägen usw.





## Fallstudie I: Kleine netzgekoppelte PV-Systeme - 3kWp netzgekoppeltes System, Deutschland

<b>Standort:</b>	RENAC, Berlin, Deutschland
<b>Systembeschreibung:</b>	Netzgekoppelte PV-Dachanlage auf dem Flachdach eines Bürogebäudes, die in das Niederspannungsnetz des Gebäudes einspeist. Besteht aus 3 PV-Anlagen mit je ca. 1.000 Wp. Zu Demonstrationszwecken wurden verschiedene Modultypen installiert.
<b>Sonneneinstrahlung:</b>	1.150 kWh/(m <sup>2</sup> · yr) bei 30° Neigungswinkel (± 10%)
<b>Ausgabe:</b>	2.600 kWh pro Jahr (± 10%)
<b>Kosten:</b>	€10,220 (2008)

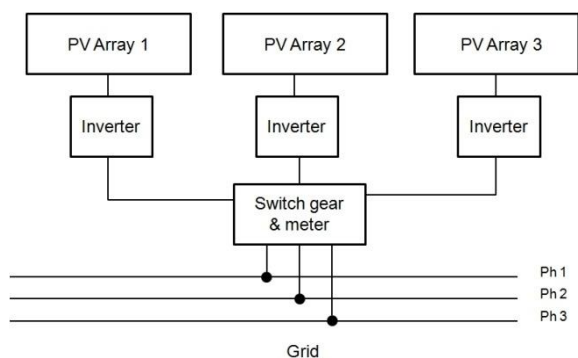


Abbildung 1: RENAC-Systemdiagramm (links) und PV-Array 1 - 7 × Sunset TWIN 140 Wp Dünnschicht-Silizium-Multifunktionsmodule (rechts).



Abbildung 2: PV-Array 2 - 6 × Solon Blue 200 Wp polykristalline Siliziummodule (links) und PV-Array 3 - 10 × Inventux 115 Wp mikromorphe (a-Si/μc-Si) Dünnschichtsiliziummodule (rechts).



Abbildung 3: Von Sunset und Conenergy bereitgestellte Montagekonstruktionen. Freistehend, durch Betonsockel gehalten. Kein Eingriff in die Dachkonstruktion. Punktlasten ca. 0,4 × 0,4 m. 30 kg. Verteilte Last ca. 60 kg/m<sup>2</sup>. Gesamtlast auf dem Dach ca. 1.500 kg.



Abbildung 4: Drei SMA Sunny Boy-Wechselrichter SMA 1100. Ein Wechselrichter pro Phase/PV-Array, installiert unter einem der Arrays zum Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung. Die Wechselrichter sind mit DC-Trennern zur Isolierung der PV-Anlagen ausgestattet. 3-phasige 230/400-V-Einspeisung in den Elektroraum im Untergeschoss des Gebäudes über den Verteilerkasten unter dem Wechselrichter auf der rechten Seite. Telekommunikationsleitung für die Systemüberwachung zum RENAC-Büro.



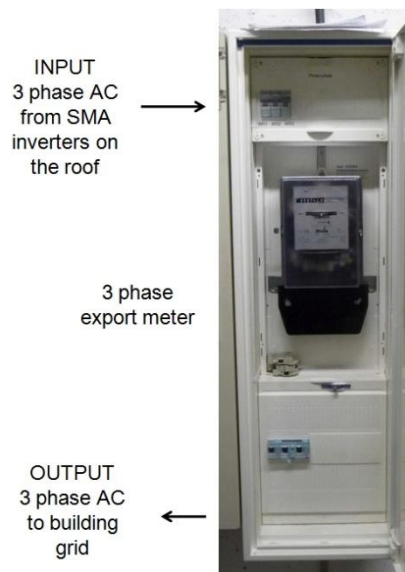


Abbildung 5: Einspeisepunkt und Zähler im Keller des Gebäudes.



## Fallstudie II: Mittelgroße netzgekoppelte PV-Anlagen - 2 MWp-Solarpark, Deutschland

<b>Standort:</b>	Meuselwitz, Deutschland
<b>Systembeschreibung:</b>	Utility-Solarpark, speist den erzeugten Strom über eine 2,5 km lange Leitung in das Mittelspannungsnetz ein.
<b>Sonneneinstrahlung:</b>	1.200 kWh/(m <sup>2</sup> · yr) bei 35° Neigungswinkel (± 10%)
<b>Ausgabe:</b>	2.000.000 kWh pro Jahr ( ± 10%).
<b>Kosten:</b>	€3,500,000 (2012).

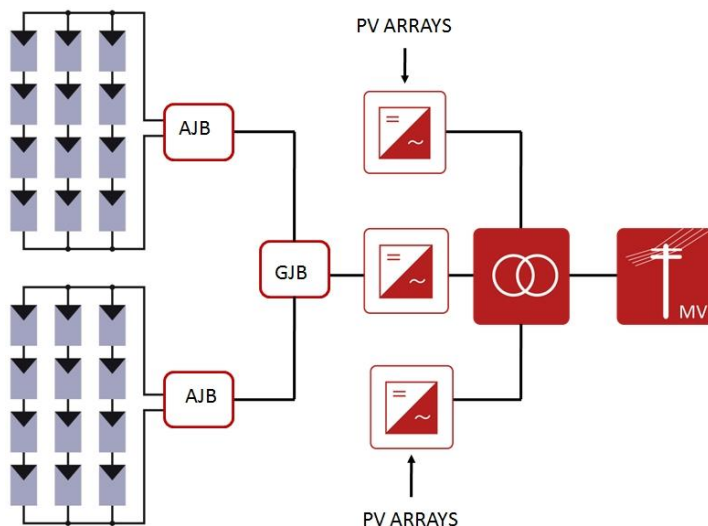


Abbildung 6: Elektrischer Aufbau des Solarparks (nicht alle PV-Anlagen dargestellt).



Abbildung 7: Räumung und Nivellierung des Geländes. Quelle: KWA EVIVA GmbH.

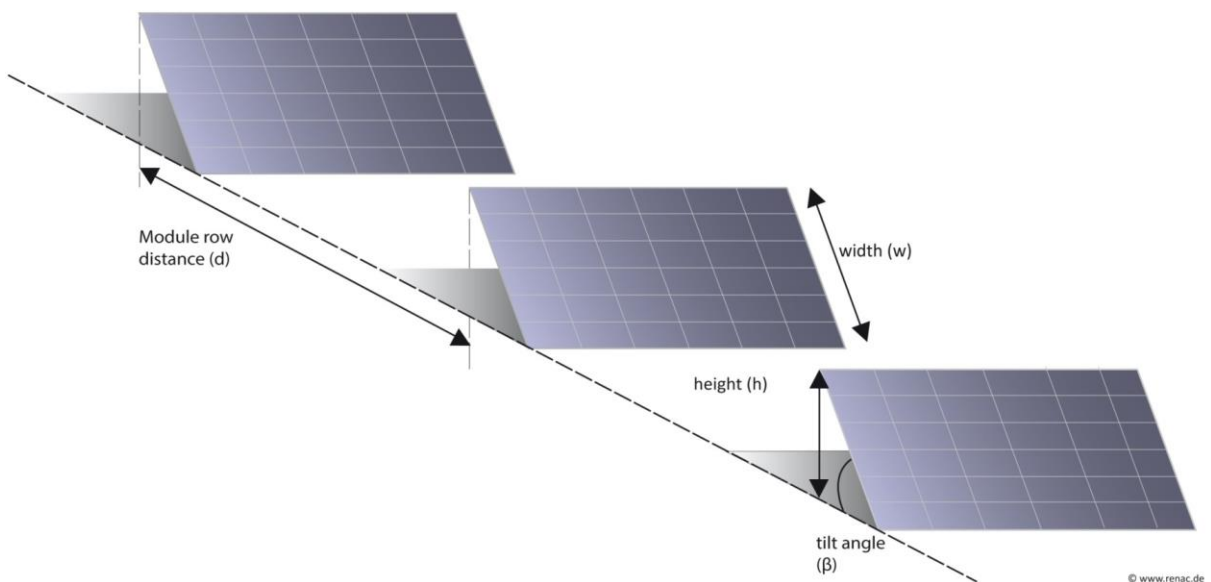
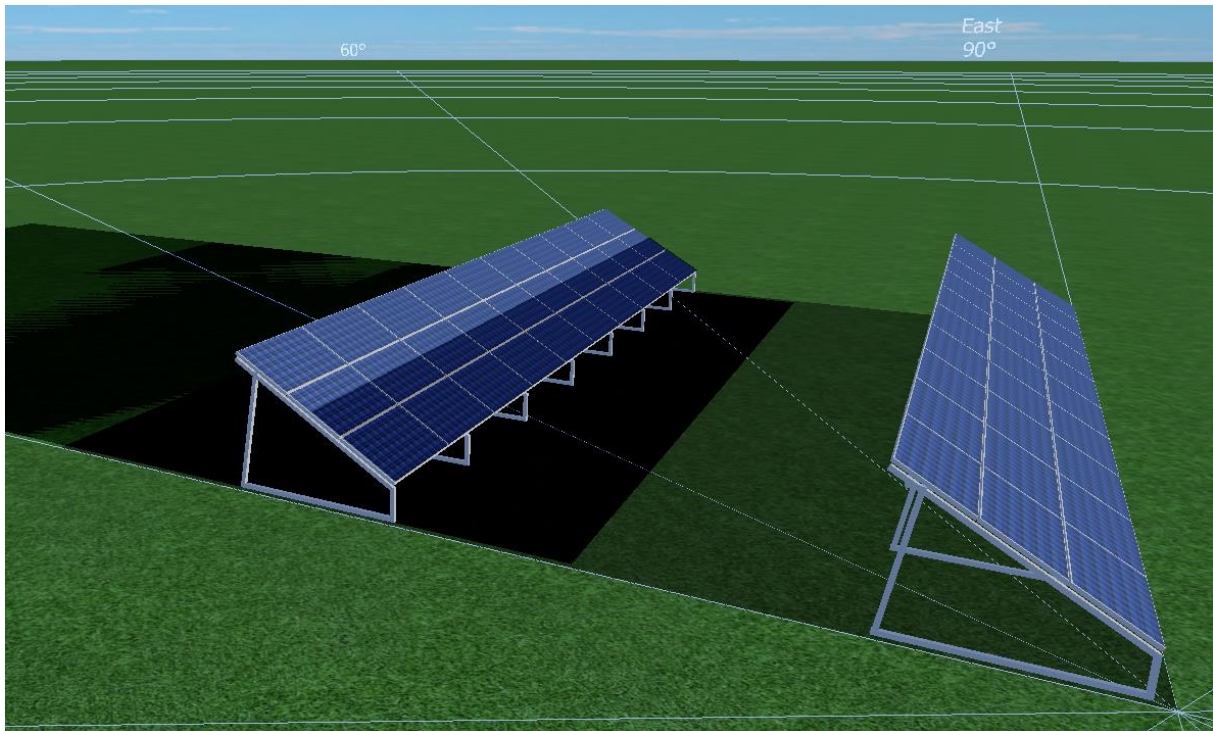


Abbildung 8: Aufgaben beim Bau des Solarparks. Von oben: a) Erste Probebohrungen, b) erste komplette Reihen, c) Zaunbau, d) Modulmontage, e) fertige Modulreihe, Wechselrichter und Transformator, g) Mittelspannungsübertragungsstation, h) Kabelgräben, i) Luftbild des fertiggestellten 2 MW-Solarparks, Meuselwitz, Deutschland. (Quelle: KWA EVIVA GmbH).



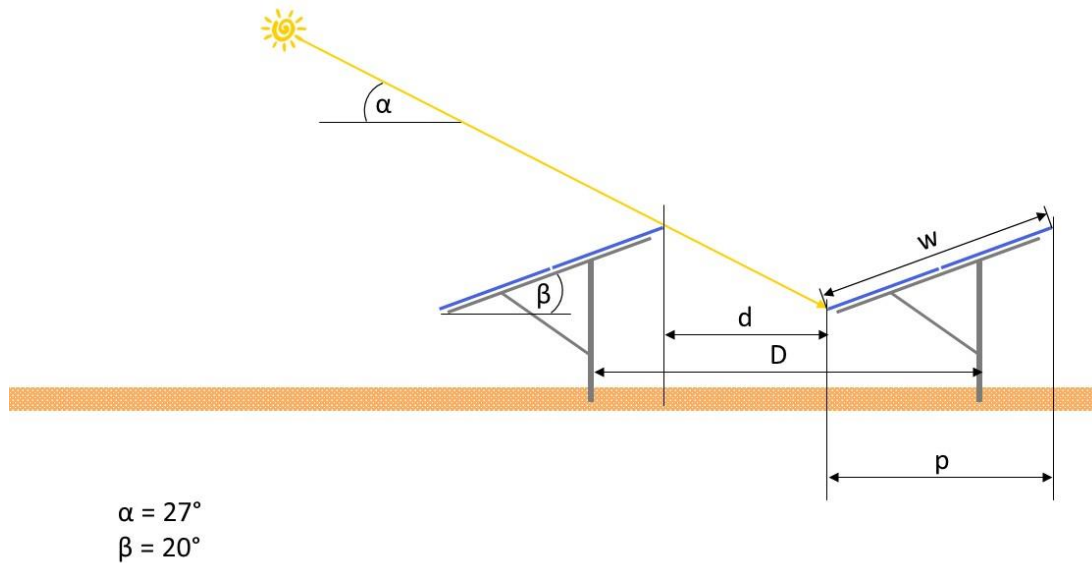
### Fallstudie III: PV-Anlagen - Verschattung zwischen den Reihen

Selbstbeschattung liegt vor, wenn eine Reihe von Solarmodulen die dahinter liegende Reihe beschattet.





Welcher Abstand zwischen den Zeilen ist erforderlich?



### 1. Gleichung

- Elevationswinkel am Sonnenmittag im Juni/Dezember\* 21<sup>st</sup> :
  - $\alpha = 90^\circ - 23.5^\circ - \text{Latitude}$
- Abstand der Pflanzenreihen von Ende zu Ende:
  - $D = \frac{w \cdot \sin(180^\circ - \alpha - \beta)}{\sin(\alpha)}$
- Abstand zwischen den Reihen:
  - $d = D - p = D - \cos(\beta) \cdot w$

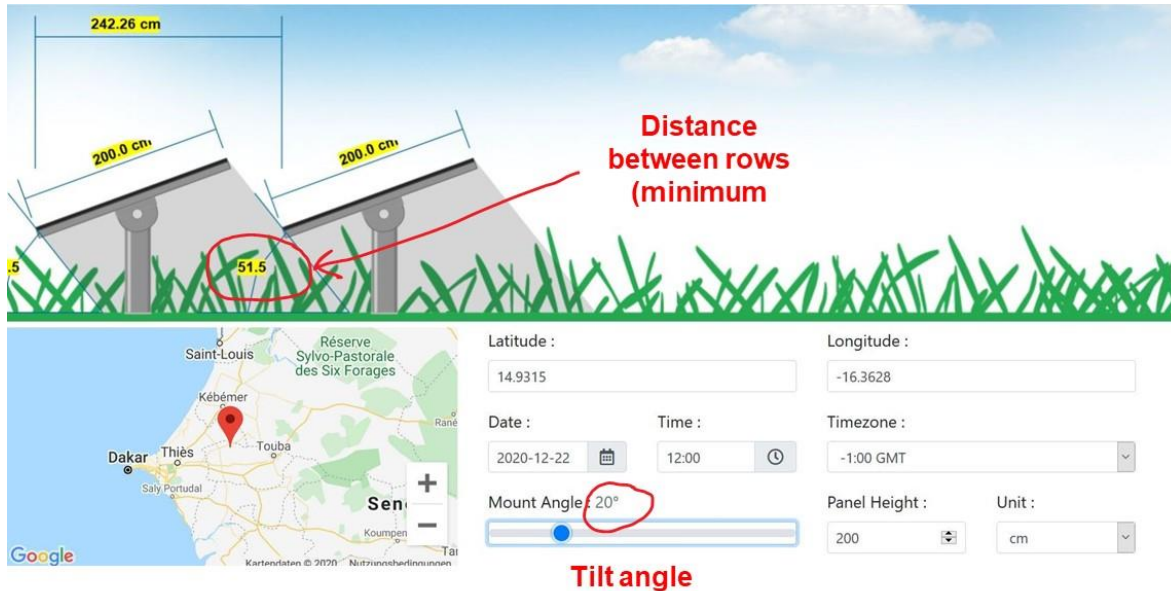
\*Nördliche Hemisphäre: Dezember / Südliche Hemisphäre: Juni





## 2. Verwendung von Software

RBI-Sonnenschutz-Rechner : <https://www.rbisolar.com/SolarCalculatorHTML5/index.html>



Die Hersteller von Halterungen bieten häufig Software zur Berechnung des Abstands zwischen den Reihen an, z. B.

- Schletter-Konfigurator
- Professionelle Design-Software tut dies auch, zum Beispiel
  - PV\*SOL
  - PVSyst



## Referenzen

- Biggs, J. B. (2003). *Lehren für hochwertiges Lernen an der Universität* (2 Hrsg.). Buckingham: Open University Press/Society for Research into Higher Education.
- BP. (2020). *BP Statistical Review of World Energy - Alle Daten 1965-2019*. Abgerufen am 21.02.2021, von <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-all-data.xlsx>.
- Cedefop. (2010). *Lernergebnisorientierte Ansätze in den Lehrplänen der beruflichen Bildung*. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union.
- Cedefop. (2017). *Definition, Erstellung und Anwendung von Lernergebnissen: ein europäisches Handbuch*. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. Abgerufen von <http://dx.doi.org/10.2801/566770>
- Bildung 2030. (2016). *Erklärung von Incheon und Aktionsrahmen für die Umsetzung des Ziels 4 für nachhaltige Entwicklung: Inklusive und gerechte Bildung von hoher Qualität gewährleisten und Möglichkeiten des lebenslangen Lernens für alle fördern*. Paris: UNESCO.
- EurObserv'ER. (2020). *Der Stand der erneuerbaren Energien in Europa*. Abgerufen am 12.02.2021, von <https://www.eurobserv-er.org/19th-annual-overview-barometer>
- Europäische Kommission. (2011). *Verwendung von Lernergebnissen - Reihe Europäischer Qualifikationsrahmen: Note 4*. (P. O. Union, Hrsg.) doi:10.2766/17497
- Reitz, F. (2021, 25.01.). *Europe Beyond Coal: Europäische Datenbank für Kohlekraftwerke*. Abgerufen am 21.02.2021, von [https://beyond-coal.eu/wp-content/uploads/2021/01/2021-01-25\\_Europe\\_Beyond\\_Coal-European\\_Coal\\_Database\\_hc.xlsx](https://beyond-coal.eu/wp-content/uploads/2021/01/2021-01-25_Europe_Beyond_Coal-European_Coal_Database_hc.xlsx)
- UNESCO. (2017). *Schulbuchinhalte inklusiv gestalten: Ein Fokus auf Religion, Geschlecht und Kultur*. Paris: UNESCO.
- UNESCO. (2021, 01 11). *Lern- und Lehrmaterialien*. Abgerufen am 15.02.2021 von Learning Portal-Planning education for improved learning outcomes: <https://learningportal.iiep.unesco.org/en/issue-briefs/improve-learning/curriculum-and-materials/learning-and-teaching-materials>



## Anhang 1: Einige Beispiele für derzeit auf dem Markt befindliche PV-Module



Abbildung 9: Monokristalline Siliziummodule mit 72 Zellen (links) und polykristalline Siliziummodule mit 60 Zellen (rechts).



Abbildung 10: Monokristallines 36-Zellen-Silizium (links), mikromorphes 115-Wp-Silizium (a-Si/μc-Si) (rechts).



Abbildung 11: Cadmiumtellurid (CdTe)-Dünnschichtmodule, Quelle: BSW-Solar/Upmann.



Abbildung 12: 130 Wp Silizium-Dünnschicht mit Mehrfachanschluss (links), 80 Wp monokristallines Silizium mit Rückkontakt (Mitte), 20 Wp monokristallines Silizium mit 36 Halbzellen (rechts).

## Anhang 2: Netzgekoppelte / netzunabhängige Wechselrichter

### Netzgekoppelte Wechselrichter

- Wandelt den von der PV-Anlage erzeugten Gleichstrom in den vom Netz benötigten sinusförmigen Wechselstrom um und speist diesen in das Netz ein
- MPP-Tracking, um jederzeit die maximal mögliche Stromproduktion der PV-Anlage zu ermöglichen
- Überwachung von PV-Anlage und Netz
- Elektrische Sicherheits-/Schutzeinrichtungen - schalten sich ab, wenn das Netz abgeschaltet wird oder nicht innerhalb der vorgegebenen Parameter funktioniert, und verhindern die so genannte "Inselbildung".
- Display und Schnittstelle zur Überwachung der Ein- und Ausgabe.



Abbildung 13: Wechselrichter von Fronius International (links) und SMA Solar Technology AG (rechts).

Netzwechselrichter können entweder einphasig sein und Wechselstrom an eine Phase einer Stromleitung liefern oder dreiphasige Wechselrichter liefern Wechselstrom an alle drei Phasen einer Stromleitung. Bei kleinen Anlagen, in der Regel unter 5 kWp, werden in der Regel einphasige Wechselrichter verwendet. Dies liegt daran, dass eine Leitung ausreicht, um die von der PV-Anlage gelieferte Leistung aufzunehmen. Größere Anlagen verwenden in der Regel dreiphasige Wechselrichter (der von der PV-Anlage gelieferte Strom wird in drei Teile aufgeteilt, von denen jeder in eine der drei Phasen eingespeist wird), was mehr Spielraum bei der Dimensionierung der Anlage bietet. Was die Konfiguration der Wechselrichter im Hinblick auf ihren Anschluss an die PV-Anlagen betrifft, so gibt es hauptsächlich drei verschiedene Typen: String-Wechselrichter, die an einen Modulstrang angeschlossen werden, Zentralwechselrichter, die an mehrere Modulstränge angeschlossen werden, und Modulwechselrichter - der am wenigsten verbreitete Typ -, die sich auf der Rückseite der PV-Module oder in deren Nähe befinden.



## Netzunabhängige Wechselrichter

In netzunabhängigen PV-Systemen ist die Quelle des Gleichstroms eine Batterie oder eine Batteriebank. Hier werden "netzgekoppelte" Wechselrichter nur in AC-gekoppelten Kleinstnetzen verwendet. Es gibt verschiedene Arten von netzunabhängigen Wechselrichtern, darunter:

- Batterie-Wechselrichter (eine Richtung oder 'unidirektional')
- Wechselrichter (unidirektional) mit integrierten Solarladeregeln
- Wechselrichter-Ladegeräte für DC-gekoppelte Systeme (oft als "bidirektional" bezeichnet)
- Wechselrichter-Ladegeräte für AC-gekoppelte Systeme (auch als "bidirektionale" und manchmal als "Insel-Wechselrichter" bezeichnet)
- Netzgekoppelte Wechselrichter (auch "netzgekoppelt" oder "netzinteraktiv" genannt).

Die Terminologie ist unterschiedlich und es ist daher notwendig, sowohl das Datenblatt als auch die Installations- und Betriebsanleitung eines Wechselrichters zu lesen, um sich mit dem genauen Typ und den Funktionen vertraut zu machen.



## Anhang 3: Beispiel für ein Datenblatt für einen Wechselrichter

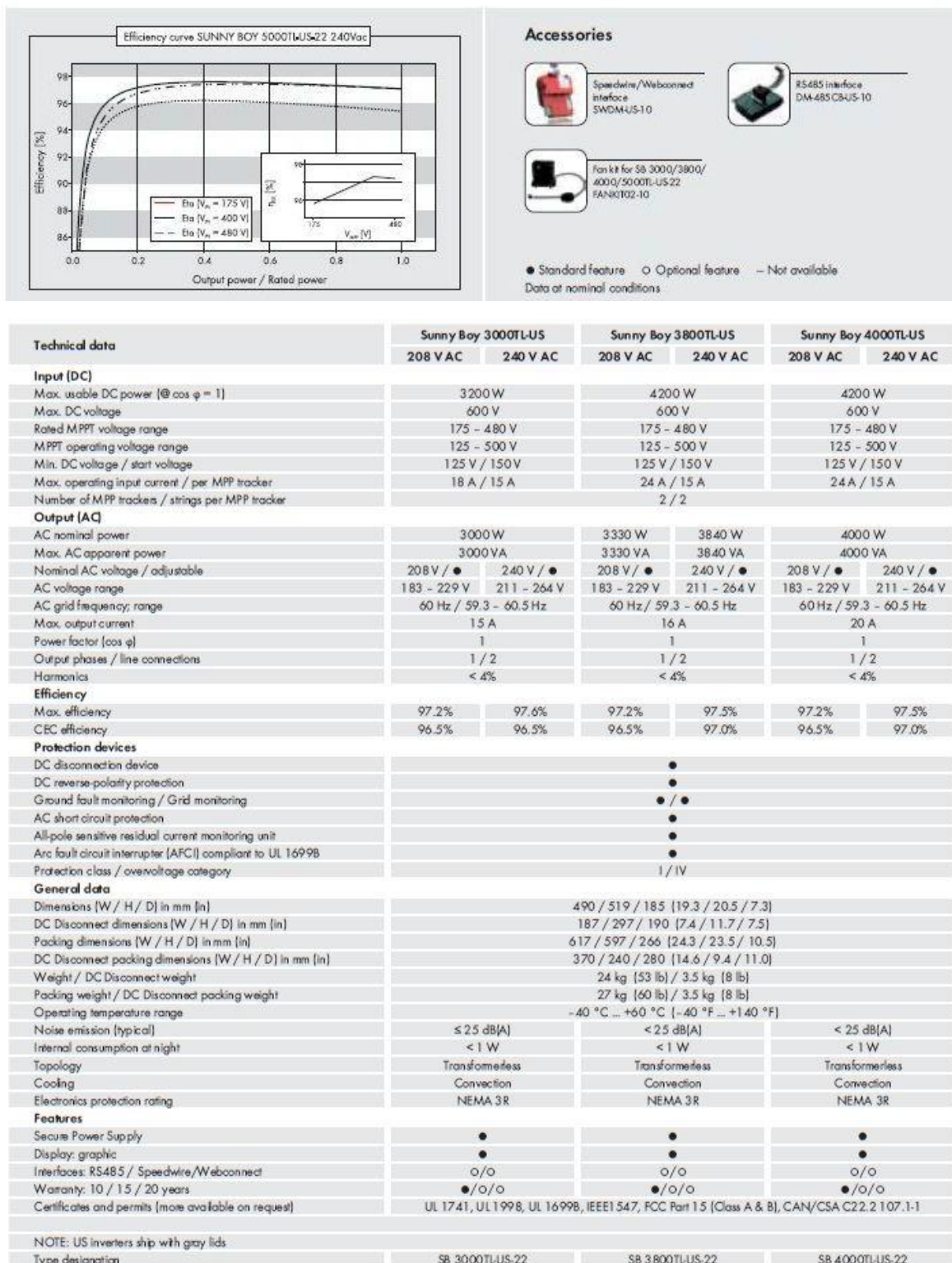


Abbildung 14: Datenblatt des Wechselrichters.

Technische Daten zu den netzgekoppelten Wechselrichtern SMA Sunny Boy 3000TL-US, 3800TL-US und 4000TL-US. Die Geräte sind speziell für Länder konzipiert, die eine UL-Zertifizierung verlangen (in erster Linie die USA), reichen von 3.000 W - 4.000 W (AC-Leistung).