

Bedienungsanleitung: Photovoltaikanlage

1. Sicherheitshinweise

Folgende Sicherheitshinweise sind für die Nutzung der Photovoltaikanlage zu beachten:

- ! Keine Veränderungen am Photovoltaikmodul und an den Geräten durchführen, weil das zu unvorhersehbaren Schäden führen kann.
- ! Nur Originalzubehör:
Es darf ausnahmslos nur Originalzubehör an das Photovoltaikmodul angeschlossen werden, der Hersteller übernimmt sonst keine Haftung bei Beschädigungen von Geräten oder Personen. Das Zubehör wird vom Verein Energiepfad Grabs zur Verfügung gestellt.
- ! Entsorgung:
Elektrogeräte müssen gesondert an den jeweiligen Sammelstellen entsorgt und dürfen nicht über den Hausmüll beseitigt werden. Die Entsorgung der Elektrogeräte erfolgt durch den Energiepfad Grabs.
- ! Reparatur und Teileaustausch:
Der Hersteller übernimmt keine Haftung, wenn Gegenstände, Zubehör und Geräte selbständig ausgetauscht oder repariert werden.
- ! Lagerung:
Das Photovoltaikmodul samt Zubehör sollte so aufbewahrt werden, dass es vor äusseren Einflüssen, wie zum Beispiel Staub, Feuchtigkeit und Nässe, geschützt ist. Verschmutzungen jeglicher Art beeinträchtigen die Leistung des Panels.
- ! Transport:
Zum Tragen der UTZ-Kiste die Batterie entnehmen. Gewicht Batterie ca. 16 kg.
Zum Tragen des Photovoltaikmoduls Arbeitshandschuhe benutzen, der Aluminiumrahmen drückt sich bei längerem Tragen unangenehm in die Hände.
Gewicht Photovoltaikmodul 17.7 kg.
Am Rahmen des Photovoltaikmoduls ist ein Blech mit einer Schraube für die Ausrichtung nach dem Sonnenstand angebracht, darauf achten, dass diese Einrichtung beim Transport nicht lose oder verbogen wird.
- ! Aufbau:
Die vorgeschriebene Reihenfolge des Anschlusses aller Geräte muss unbedingt eingehalten werden. Elektronische Geräte sind empfindlich und gehen andernfalls kaputt.
Das Panel erst nach dem Anschliessen an die Anschlussplatte in die Sonne stellen.
Der Aufbau des Panels, der Anschluss an die Anschlussplatte und der Anschluss des Zubehörs muss immer von einem Erwachsenen gemacht werden.
Das Photovoltaikmodul samt elektrischem Zubehör muss an einem trocknen, windgeschützten Ort aufgebaut werden.
Photovoltaikmodul und Anschlussplatte nicht unbeobachtet lassen.
Der Wechselrichter hat eine Anschlussleistung (230 V~) von maximal 300 W.
- ! Abbau:
Photovoltaikmodul ist eventuell heiss. Handschuhe verwenden.
Das Photovoltaikmodul in den Schatten stellen und dann erst die Verbindungen lösen.
- ! Kabel:
Beim Lösen der Steckverbindungen, beim Ab- oder Umbau der Geräte, nicht an den Kabeln ziehen.
Beim Anschliessen der Komponenten auf korrektes Verbinden achten. Rot mit rot, schwarz mit schwarz.

2. Komponenten



Bild 1: Photovoltaikmodul mit Anschlussplatte

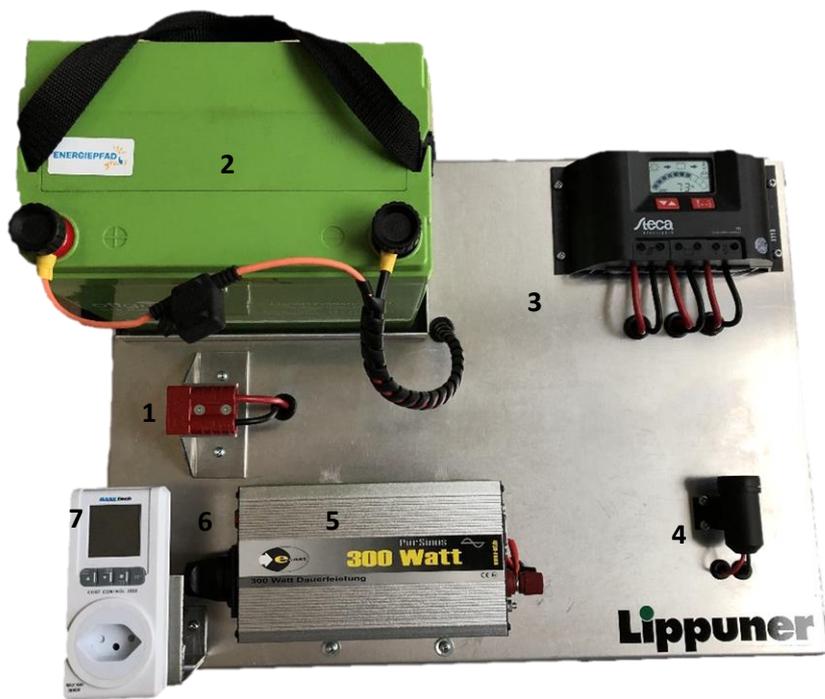


Bild 2: Photovoltaik-Anschlussplatte

- | | | | |
|---|--------------------------------------|---|---------------------|
| 1 | Steckverbindung zu Photovoltaikmodul | 5 | Wechselrichter |
| 2 | Batterie 12 V | 6 | Adapter D/ CH 230 V |
| 3 | Laderegler | 7 | Energiesmessgerät |
| 4 | Anschluss 12 V (Zigarettenanzünder) | | |

3. Beschreibung

Modell einer Photovoltaikanlage (Inselanlage bzw. autarke Anlage).

Mit dem Modell kann veranschaulicht werden, wie mit einer Photovoltaikanlage Strom gewonnen wird. Mit dem Modell kann ausprobiert werden, wie sich die Ausrichtung des Photovoltaikmoduls zur Sonne (ideal = Sonnenstand senkrecht zum Photovoltaikmodul), eine Verschattung z.B. durch Wolken oder aber auch Verschmutzungen auswirken können.

Wenn Sonnenstrahlen auf das Photovoltaikmodul treffen, wird Gleichstrom erzeugt, der über einen Laderegler in eine Batterie eingespeist wird. Die in der Batterie gespeicherte Energie kann an Verbraucher (z.B. Wasserkocher) weitergegeben werden.

Wie funktioniert die Modell-Photovoltaikanlage?

Eine Photovoltaikanlage wandelt Sonnenenergie in elektrische Energie (auch Elektrizität oder Strom genannt) um und macht diese für uns Menschen nutzbar. Sie ist aus mehreren Komponenten aufgebaut, abhängig vom Anlagentyp.

Hier ist eine Photovoltaikanlage schematisch dargestellt, wie sie heute am weitesten verbreitet sind:

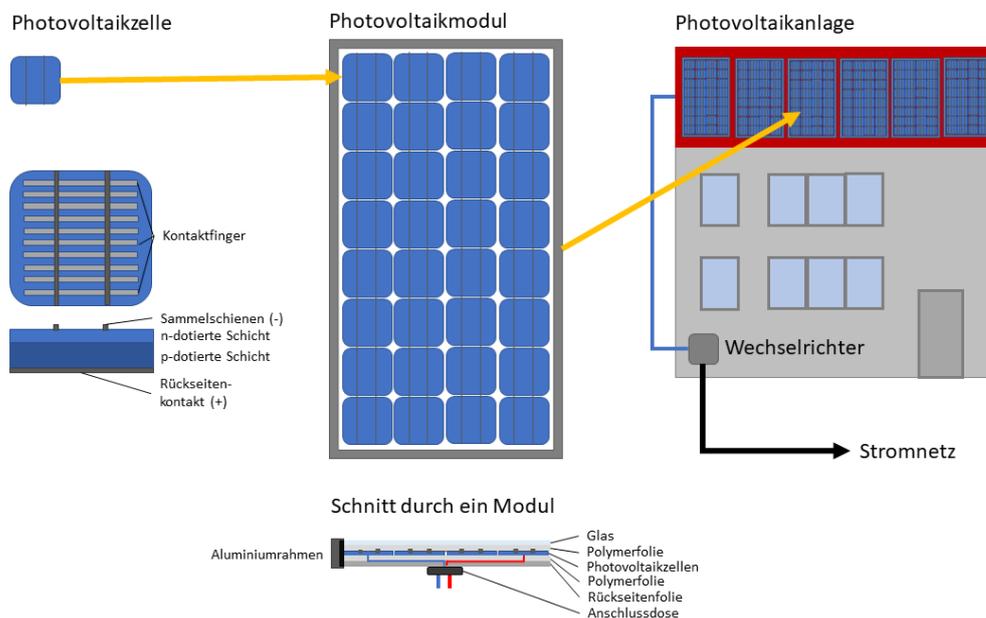


Bild 3: Von der Photovoltaikzelle zur Photovoltaikanlage (Quelle: www.energiepfad.ch/wiki)

Das am häufigsten verwendete Material für Photovoltaikzellen ist das chemische Element und Halbleitermaterial **Silizium** (Si).

Wenn Licht auf Siliziumkristalle trifft, werden elektrische Ladungsträger (Elektronen) aus der äusseren Hülle der Siliziumatome gelöst, die sich dann frei bewegen können. Diesen Effekt macht man sich in der «Photovoltaik» zunutze, um elektrischen Strom zu erzeugen.

Gewinnung von Silizium

Silizium kommt an Sauerstoff (O) gebunden als Siliziumdioxid (SiO_2) in Quarz vor. Quarzsand gibt es überall auf der Welt. Rohsilizium wird aus geschmolzenem Quarzsand in einer chemischen Reaktion bei sehr hohen Temperaturen ($1'460^\circ\text{C}$) in Gegenwart von Kohlenstoff (C) und Eisen (verhindert die Bindung von Silizium an Kohlenstoff) gewonnen. Der Sauerstoff spaltet sich ab und übrig bleiben Silizium (Si) und Kohlenmonoxid (CO). Da Quarzsand neben Siliziumdioxid auch kleine Mengen anderer Stoffe enthält, ist das gewonnene «Rohsilizium» noch nicht für die Herstellung von Photovoltaikzellen geeignet, das geschmolzene Rohsilizium muss in weiteren chemischen Prozessen gereinigt werden. Danach lässt man die Schmelze zu Siliziumstäben kristallisieren. Je regelmässiger die Siliziumatome angeordnet sind, desto besser werden elektrische Ladungsträger geleitet. Die Stäbe werden anschliessend zersägt, die Ecken abgerundet, die Oberflächen durch Schleifen, Ätzen und Polieren geglättet – «Wafer» nennt man das Produkt. Wafer sind sehr dünn: ca. 0.25 mm, und etwa so gross wie eine Handfläche.

Vom Siliziumkristall zur Photovoltaikzelle zum Photovoltaikmodul

Wenn Sonnenlicht auf den Wafer fällt, werden zwar einige elektrische Ladungsträger (Elektronen) im Silizium freigesetzt, jedoch können diese so noch nicht als «elektrischer Strom» genutzt werden. Die Wafer müssen dafür weiterbearbeitet werden:

Die elektrischen Leitungseigenschaften des Wafers werden durch das gezielte Einbringen von verschiedenen Fremdatomen in den Siliziumkristall (Dotieren) verbessert und gleichzeitig dafür gesorgt, dass sich die elektrischen Ladungsträger nur in eine Richtung bewegen können. Details kann man zum Beispiel hier nachlesen: <https://photovoltaiksolarstrom.com/solarzelle-funktion/>

Anschliessend werden auf Vorder- und Rückseite des Wafers Metallkontakte angebracht (siehe Bild 3) und die Oberfläche mit einer Antireflexschicht versehen und fertig ist die Photovoltaikzelle (Solarzelle). Mehrere Photovoltaikzellen werden üblicherweise miteinander verbunden, zwischen eine Polymer- und eine Glasschicht eingepackt, eingerahmt und mit einer Anschlussdose für die elektrischen Leitungen versehen (siehe Bild 3). Mehrerer solcher Photovoltaikmodule können wiederum miteinander verkabelt werden.

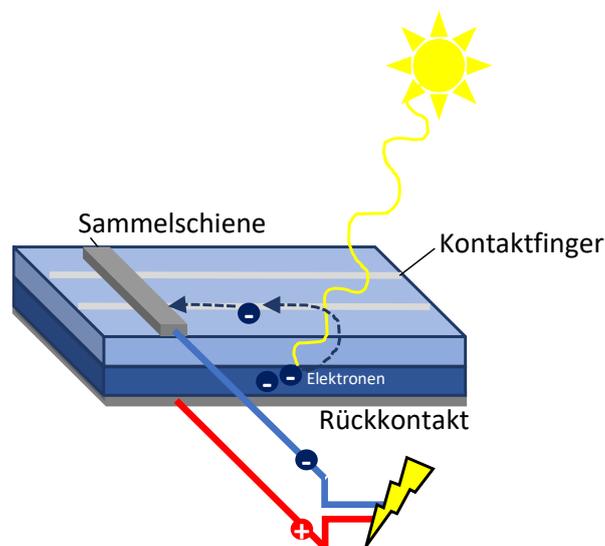


Bild 4: Schema einer Silizium-Photovoltaikzelle, Ergänzung zu Bild 3.

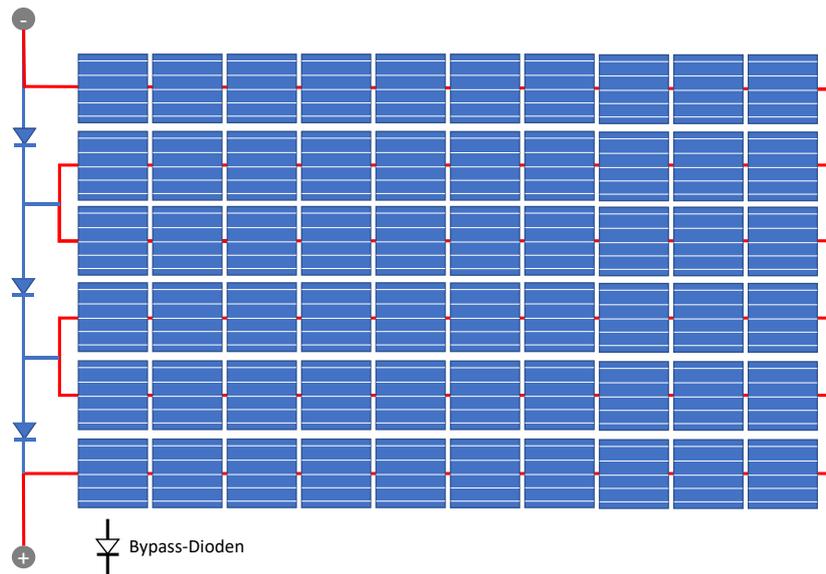
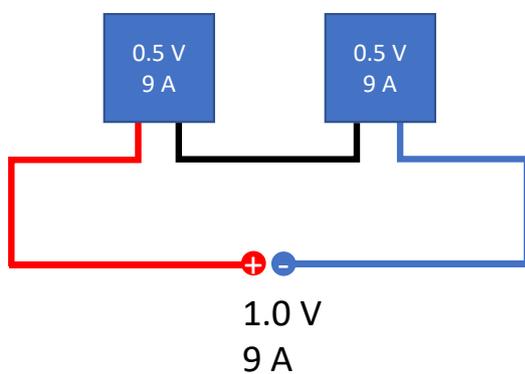


Bild 5: Schema eines Photovoltaikmoduls mit 60 Photovoltaikzellen.

Vom Photovoltaikmodul zur Photovoltaikanlage

Fällt Licht auf eine Photovoltaikzelle bzw. ein Photovoltaikmodul, so wird eine Spannung (U) erzeugt. Wenn ein Gerät (Verbraucher) an die Zelle oder das Modul angeschlossen ist, fließt Strom, und zwar Gleichstrom. Die Spannung einer Photovoltaikzelle beträgt ca. 0.5 Volt, sie ist abhängig von der Temperatur (je wärmer, desto kleiner ist die Spannung). Wenn mehrere Photovoltaikzellen in Reihe verschaltet werden, so addieren sich die Zellenspannungen (60 Photovoltaikzellen in Reihe = 60 mal 0.5 Volt = 30 Volt).

Reihenschaltung



Parallelschaltung

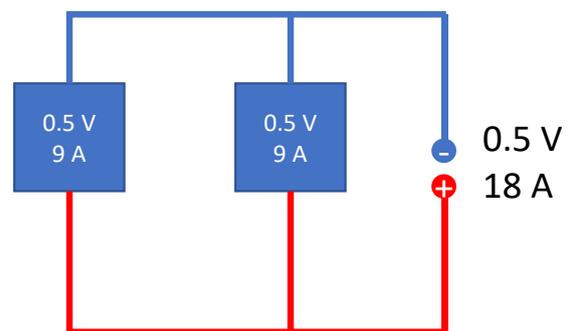


Bild 6: Verschaltungsmöglichkeiten von Photovoltaikzellen und -modulen.

Wie viel elektrischer Strom fließen kann, hängt von verschiedenen Faktoren ab, z.B. von der Größe der Fläche der Photovoltaikzellen bzw. -module, der Menge und dem Winkel des auftreffenden Lichts und der Temperatur.

Die üblichen Haushaltgeräte sind für 230 Volt - Wechselstrom ausgelegt, deshalb können sie nicht direkt mit einem Photovoltaikmodul verbunden werden. Der Gleichstrom des Photovoltaikmoduls muss über einen Wechselrichter (elektrisches Gerät) in Wechselstrom umgewandelt werden.

Um elektrische Geräte und Anlagen lichtunabhängig (z.B. nachts) betreiben zu können, ist ein Speicher für elektrische Energie und/oder die Anbindung an ein Stromnetz notwendig.

Das Photovoltaikanlagen-Modell ist als autarke Anlage (Inselanlage) aufgebaut mit einer Autobatterie als Speicher und einem Wechselrichter als Stromwandler. Ein Laderegler (elektronisches Gerät) sorgt dafür, dass die Autobatterie mit der passenden Ladespannung beladen und eine Überlastung verhindert wird. Mit dem Laderegler sind der Wechselrichter und eine Zigarettenanzünder-Buchse verbunden, an diesen können elektrische Geräte angeschlossen werden.

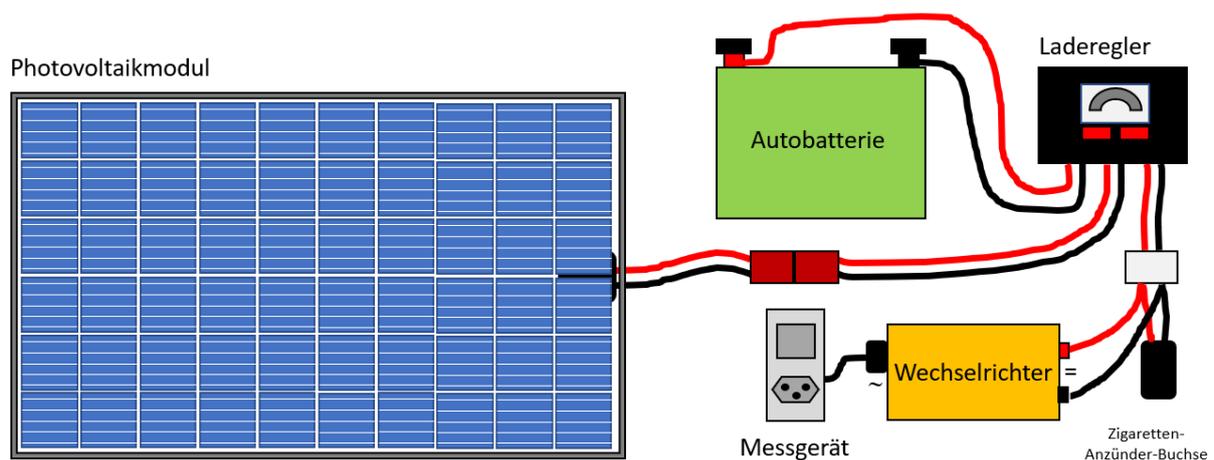


Bild 7: Schematischer Aufbau des Modells Photovoltaikanlage (Inselanlage)

Elektrische Leistung der Modell-Photovoltaikanlage

Die elektrische Leistung der Photovoltaikanlage wird bestimmt durch die Leistung des Photovoltaikmoduls abzüglich der Verluste durch die Speicherung (Beladen/Entladen der Autobatterie) und die Stromwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom (Wechselrichter).

Die Leistung eines Photovoltaikmoduls wiederum hängt von verschiedenen Einflussgrößen ab:

- Technisch mögliche Leistung des Moduls (Leistungskurven, Bild 8 und 9)
- Geographische Lage und Ausrichtung des Moduls (Himmelsrichtung, Neigung) (Bild 10 bis 14)
- Jahreszeit, Tageszeit, Wetter, Temperatur
- Verschattung, Verschmutzung des Moduls, Defekte, Modulalter

An einem klaren Tag mittags im Juni kann das Modell-Photovoltaikmodul bei optimaler Ausrichtung eine elektrische Leistung von 270 Watt abgeben.

Die installierte Autobatterie kann 2.16 MJ elektrische Energie speichern (= 0.6 kWh). Bei einer elektrischen Leistung des Photovoltaikmoduls von 270 Watt dauert die Ladezeit mindestens 2.2 Stunden bis zur maximalen Beladung der Batterie. Soll 1 Liter Wasser im Wasserkocher (maximale Leistung 300 Watt, angeschlossen an die Zigarettenanzünder-Buchse) zum Kochen gebracht werden,

muss man mindestens 20 Minuten Zeit dafür einplanen. Mit einer maximal aufgeladenen Batterie kann man insgesamt ungefähr 5 Liter Wasser zum Kochen bringen, danach ist die Batterie leer.

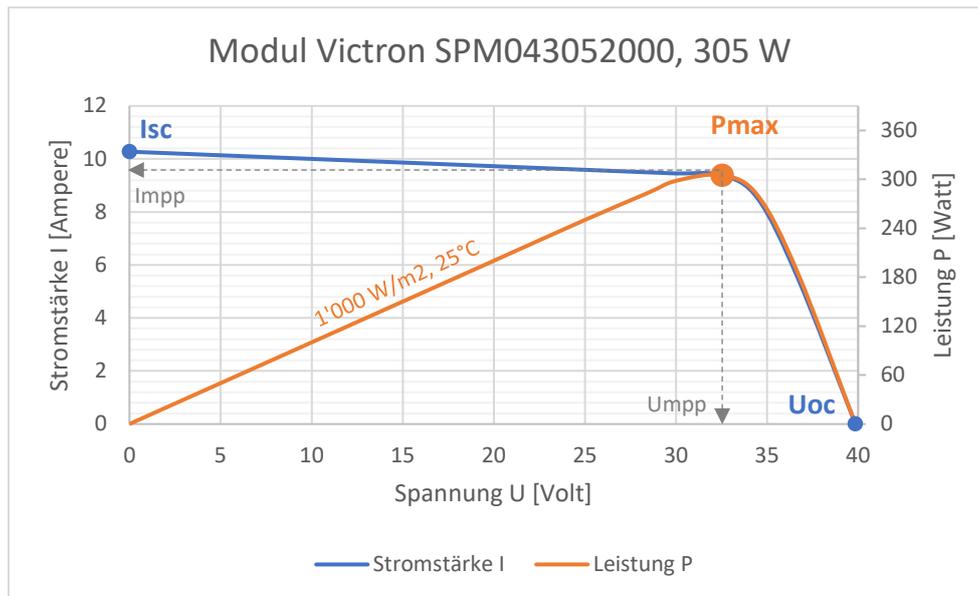


Bild 8: Leistungsdiagramm des Photovoltaikmoduls der Modellanlage bei einer Lichteinstrahlung von 1'000 Watt pro Quadratmeter Modulfläche, Lichteinstrahlung senkrecht zur Modulfläche, Temperatur 25 °C (definierte Standardbedingungen, entspricht der Sonneneinstrahlung an einem wolkenlosen Tag mittags im Juni). Unter diesen Bedingungen erreicht das Modul seine maximale Leistung $P_{max} = 305$ Watt (bei einer Spannung von $U_{mpp} = 32.54$ V und einer Stromstärke $I_{mpp} = 9.38$ A; mpp = maximum power point). Ist kein elektrischer Verbraucher an das Modul angeschlossen, liegt unter diesen Bedingungen eine Spannung von $U_{oc} = 39.86$ V vor. Wird das Modul kurzgeschlossen, liegt die Stromstärke bei $I_{sc} = 10.27$ A. oc = open circuit, sc = short circuit.

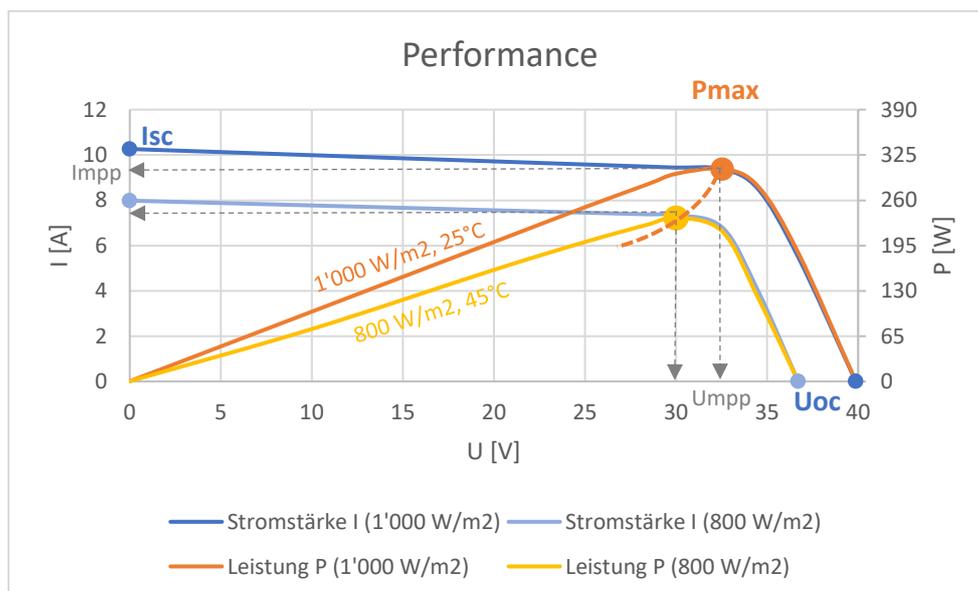


Bild 9: In diesem Diagramm sieht man, wie sich die Modulleistung verhält, wenn die Lichteinstrahlung senkrecht zur Modulfläche nur noch 800 Watt pro Quadratmeter beträgt und die Temperatur bei 45°C liegt. Geringere Lichteinstrahlung geht mit geringerer Stromstärke einher, höhere Temperaturen reduzieren die Spannung, die Modulleistung P_{max} vermindert sich.

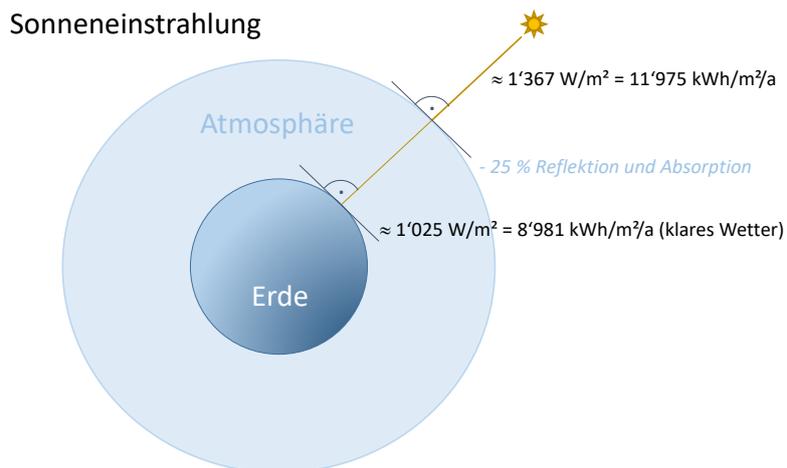


Bild 10: Die Sonne sendet uns bei klarem Wetter eine Leistung von rund 1'000 Watt pro Quadratmeter auf die Erde.

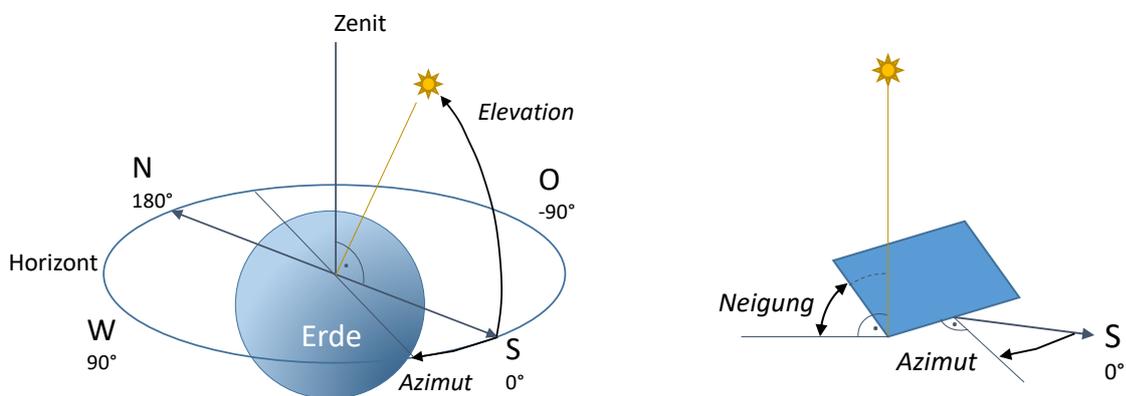


Bild 11: Die Leistung hängt vom Sonnenstand ab (geografische Breite, Jahreszeit). Idealerweise sind Photovoltaikmodule so ausgerichtet, dass die Sonnenstrahlen senkrecht auf die Moduloberfläche treffen (Ausrichtung dem Sonnenstand nachführen).

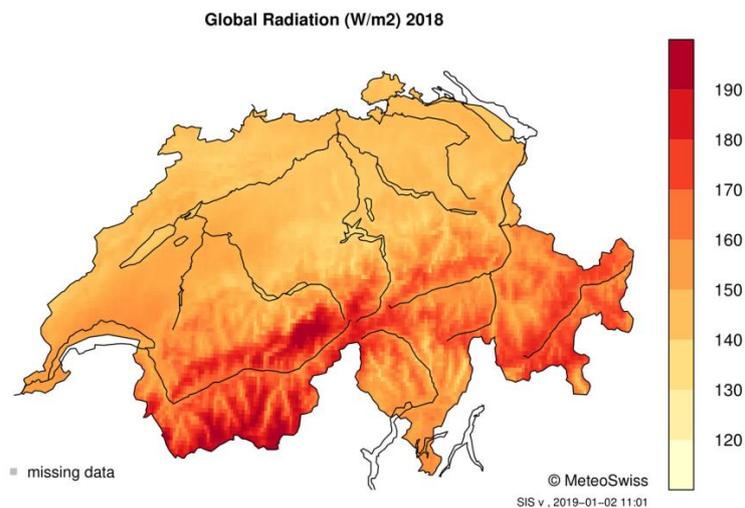


Bild 12: Über das Jahr gemittelte Sonneneinstrahlung in der Schweiz in Watt pro Quadratmeter (senkrecht).

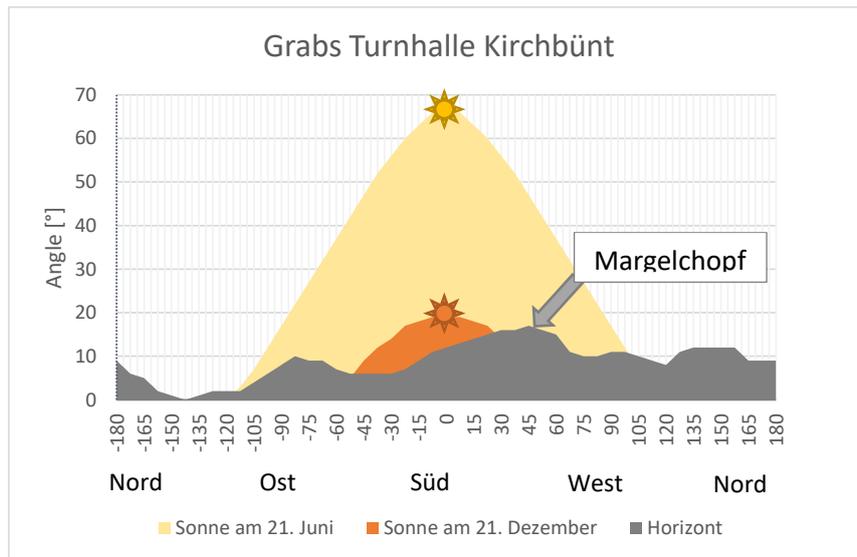


Bild 13: Verlauf des Sonnenstandes in Grabs am Standort Schulhaus Kirchbünt. Verschattung durch Berge, Nachbargebäude oder Bäume haben ebenfalls einen Einfluss auf die Leistung einer Photovoltaikanlage. Im Winter kommt die Sonne kaum hinter dem Margelkopf hervor. x-Achse: Himmelsrichtung (Azimut), 0 = Süden

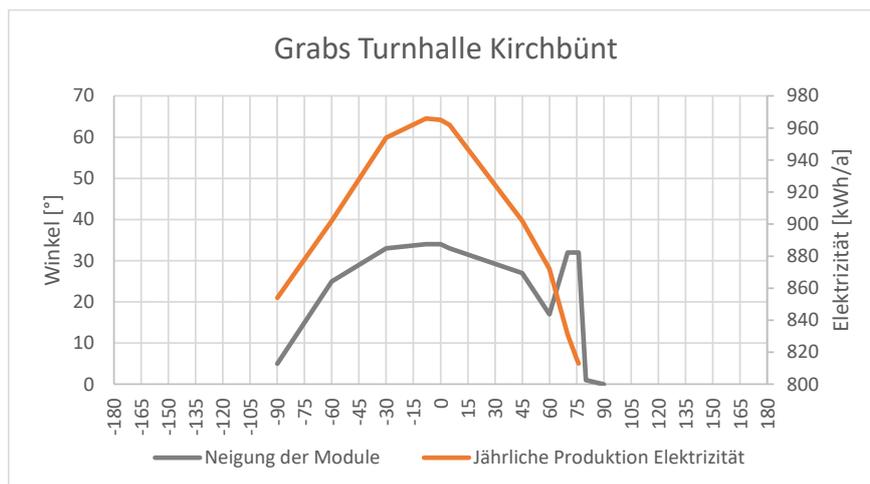


Bild 14: Jährliche Elektrizitätsproduktion einer Photovoltaikanlage in Grabs am Standort Schulhaus Kirchbünt in Abhängigkeit von der Ausrichtung der Photovoltaikmodule (Himmelsrichtung bzw. Azimut und Neigung der Module). Die maximale Leistung kumuliert über das Jahr wird bei einer nach Süden ausgerichteten Anlage mit einer Neigung von 33° erreicht. x-Achse: Himmelsrichtung (Azimut), 0 = Süden, Photovoltaikmodule aus kristallinem Silizium, elektrische Leistung max. 1 kW (ca. 6 m²).

Daten: PVGIS

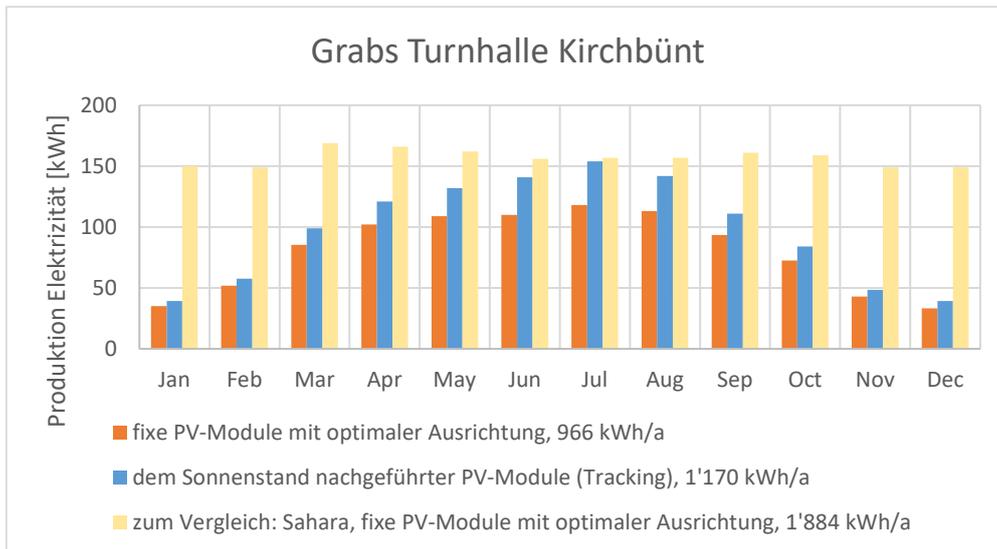


Bild 15: Monatliche Produktion Elektrizität in Grabs am Standort Kirchbünt und in der Sahara, Photovoltaikmodule kristallines Silizium, elektrische Leistung max. 1 kW (ca. 6 m²). Man sieht den jahreszeitlichen Verlauf der Stromproduktion in Grabs im Gegensatz zur Sahara. Wenn man die Photovoltaikmodule in Grabs Standort Schulhaus Kirchbünt dem Sonnenstand nachführen würde, läge die Stromausbeute um ca. 20 % höher.

Daten: PVGIS

4. Technische Daten

Photovoltaikmodul (Baujahr 2023)

Modul Typ	Victron SPM043052000, monokristallin
Grösse Solarmodul	L x B x H: 1'658 x 1'002 x 35 mm
Gewicht	18.4 kg
Nennleistung	305 W
Leerlaufspannung	39.86 V
Kurzschlussstrom	10.27 A
Nennspannung	32.54 V
Nennstrom	9.38 A
Sicherung (im Kabel)	10 A
Maximale Systemspannung	1000 V DC
Temperaturbereich	-40 °C bis 85 °C
Wirkungsgrad	Keine Angabe, wahrscheinlich ca. 20 %

Batterie

Typ	Offgrid Gel Akku 50 Ah 12 V 20 HR
Abmessungen	L x B x H: 230 x 137 x 215 mm
Gewicht	ca. 16.3 kg
Spannung	12 V
Kapazität	50 Ah
Innenwiderstand	≤ 6.8 mΩ
Sicherung (im Kabel)	30 A

Solarladeregler

Typ	Steca Solarregler PR 3030
Spannung, Strom	12 V /24 V, 30 A

Wechselrichter

Typ	e-ast Wechselrichter CLS 300 reiner Sinus
Spannung, Strom	DC 12 V, 29.4 A/ AC 230 V, 1.3 A
Leistung	Dauerleistung maximal 300 Watt

Wasserkocher

Typ	Wasserkocher 12 V, 170 Watt
Anschluss	Zigarettenanzünder
Inhalt	1 Liter

5. Zubehör

Photovoltaikmodul

Modul Victron SPM043052000

Beschreibung:

Monokristallines Silizium-Photovoltaik-Modul mit
60 Zellen, Abdeckung Securit Sicherheitsglas
Aluminiumrahmen, Rückseite EVA Folie
Temperaturkoeffizient $-0.45\% / ^\circ\text{C}$ (Pmax)
Hagelsicher bis 23 m/s Aufschlaggeschwindigkeit
Steckersystem MC4
Leistungsgarantie 80 % nach 25 Jahren



Am Rahmen des Photovoltaikmoduls ist ein Blech mit Schraube angebracht, um die Ausrichtung nach dem Sonnenstand zu erleichtern.



Teleskopständer

Beschreibung:

Stativ zum Aufstellen des Photovoltaik-Moduls
und Ausrichtung je nach Sonnenstand



Verbindungskabel

Beschreibung:

Kabel zum Anschluss des Photovoltaikmoduls mit der
Anschlussplatte. Länge: 10 Meter
Sicherung: 10 A (Flachsicherung im Kabel)
Typ der Steckverbindung: Photovoltaik-Steckverbinder Amphenol



Gel-Batterie

Technische Daten:

- Betriebsspannung: 230 V / 50 Hz
- Batterietyp: 2 x 1.0 V Knopfzellen (LR44)
- Wirk-Leistungsbereich: 1 – 3'680 W
- Max. Strombereich: 13 A, 16 A, 10 A
- Anzeigebereich: 0.00 – 9999.99 digits
- Eigenverbrauch: 0.8 W
- Abmessungen (B x H x T): 63 x 80 x 130 mm
- Gewicht: 260 g
- Stromversorgung: 2 x Knopfzellen LR44
- Maximal Belastung: 16 A und 3'680 W



Das Energiemessgerät ist fix auf der Anschlussplatte montiert. Endgeräte werden grundsätzlich hier angeschlossen.

Taste	Funktion
Jeder Taste sind mehrere Anzeigen oder Funktionen zugeordnet.	
↑ Pfeil nach oben	Voltmessanzeige, Power Factor Messung, Messung der Frequenz
↓ Pfeil nach unten	Leistung in W, max. Leistung in W, Strom in A, max. Strom in A (overload), Forcast a year (Vorhersage pro Jahr),
• Kreis	Total time (Stoppuhr), Total kWh (totaler Energieverbrauch), cost/kWh (Kosten für kWh), total CHF
SET	Messdaten löschen: Rechte Anzeige auf Strom in „A“ (↓-Taste) und untere Anzeige auf „total time“ (•-Taste); anschliessend SET- und •-Taste gedrückt halten, bis ein Piepton ertönt (ca. 3 sec).

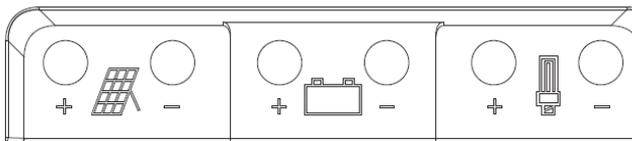
Laderegler Steca

Beschreibung:

Der Laderegler ist die Schaltzentrale zwischen Photovoltaikmodul, Batterie und Verbraucher. Er schützt ausserdem die Batterie vor Überspannung und Tiefenentladung und verhindert nachts Rückstrom ins Photovoltaikmodul.
Die Anzeige informiert z.B. über Ladezustand, Batteriespannung oder den Ausgangsstrom des Moduls.



Anschlüsse am Laderegler

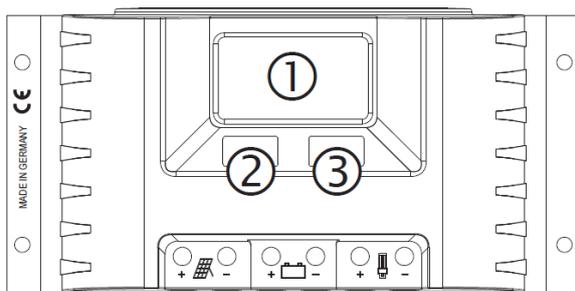


Photovoltaikmodul Batterie

Verbraucher

=> sind bereits angeschlossen und dürfen nicht entfernt werden. Mit dem «Verbraucher» sind Zigarettenanzünder-Buchse und Wechselrichter fest verdrahtet.

Anzeige und Bedienelemente

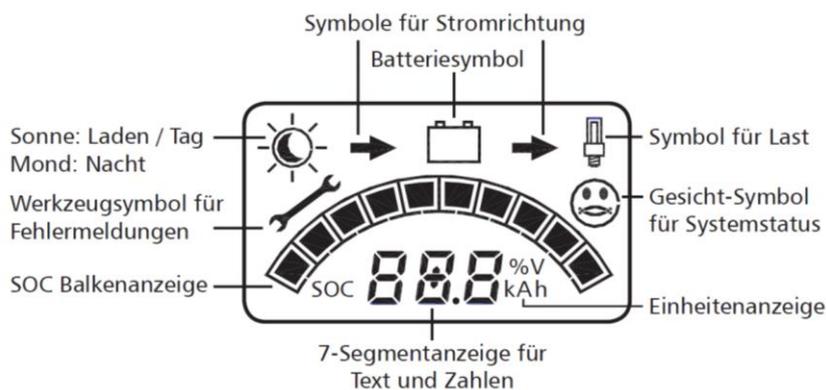


① Anzeigefenster für Systeminformationen und Fehlermeldungen

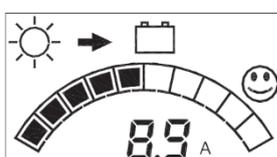
② Taster zum Umschalten der Anzeigefenster bzw. zum Aufruf der Einstellungen.

③ Manueller Lastschalter bzw. Bestätigungstaste im Programmiermodus

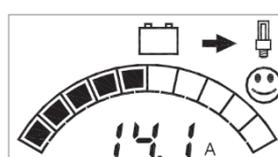
Mit dem manuellen Lastschalter (3) wird der Strom zu Zigarettenanzünder-Buchse und Wechselrichter an- und ausgeschaltet.



Beispielanzeigen



Anzeige Ladestrom Batterie



Anzeige des entnommenen Stroms

6. Bedienung

Inbetriebnahme der Photovoltaikanlage

Achtung!

Beim Anschliessen der Batterie auf korrektes Verbinden achten:

Rot mit rot, schwarz mit schwarz.

Nicht an den Kabeln ziehen beim Lösen der Steckverbindungen, beim Ab- oder Umbau der Geräte.

Bestehende Verbindungen am Laderegler und am Wechselrichter dürfen nicht gelöst/ verändert werden.

Der **Wechselrichter** muss vor dem Anschliessen der Batterie **ausgeschaltet** sein, am Schalter prüfen!



Aufbau

Schritt 1: Anschlussplatte an einem trockenen Ort auf eine ebene Fläche legen. (Tisch oder Boden)

Schritt 2: Batterie auf Anschlussplatte platzieren und anschliessen

Schritt 3: Photovoltaikmodul aufbauen und anschliessen

Das Anschlusskabel ist 10 Meter lang, das Photovoltaikmodul kann daher maximal 9 Meter von der Anschlussplatte entfernt aufgestellt werden.

Achtung! Das Photovoltaikmodul muss beim Anschliessen zunächst im Schatten stehen oder mit einem Tuch/ einer Decke abgedeckt werden.

Das Photovoltaikmodul muss an einem windgeschützten Ort aufgebaut werden.

Schritt 4: Ausrichten des Photovoltaikmoduls

Schritt 5: Verbraucher anschliessen (an Zigarettenanzünder-Buchse, Wechselrichter).

Alle Verbraucher müssen vor dem Anschliessen ausgeschaltet sein.

zu Schritt 2: Batterie auf Anschlussplatte platzieren und anschliessen



Beide Rändelschrauben an der Batterie lösen. **Zuerst am +Pol (rot)** den Ring des roten Kabels mit Rändelschraube arretieren. Dann am –Pol (schwarz) den Ring des schwarzen Kabels mit Rändelschraube befestigen.

zu Schritt 3: Aufstellen und Anschliessen des Photovoltaikmoduls

Aufbauort für das Photovoltaikmodul aussuchen (windgeschützt, volle Sonne). Während des Anbringens des Verbindungskabels darf das Photovoltaikmodul nicht von der Sonne beschienen werden. Photovoltaikmodul in den Schatten stellen oder mit einem Tuch abdecken.



Photovoltaikmodul an Verbindungskabel anschliessen, indem die Steckverbindungen zusammengesteckt werden. Plus passt nur auf Plus, Minus passt nur auf Minus, daher keine Verwechslungsgefahr.



Falsch!



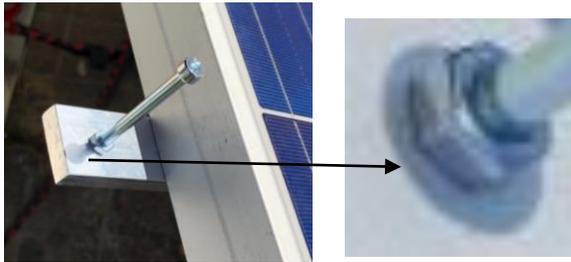
Richtig!

Verbindungskabel an Anschlussplatte anschliessen. Darauf achten, dass **kein Zug auf dem Kabel** ist und der **Stecker richtig sitzt**. Während des Betriebs ab und zu den korrekten Sitz der Verbindung kontrollieren. **Wackelkontakt macht sich durch Brummen bemerkbar.**



Photovoltaikmodul am Rahmen längs mittig auf das Stativ aufsetzen.

zu Schritt 4: Ausrichten des Photovoltaikmoduls



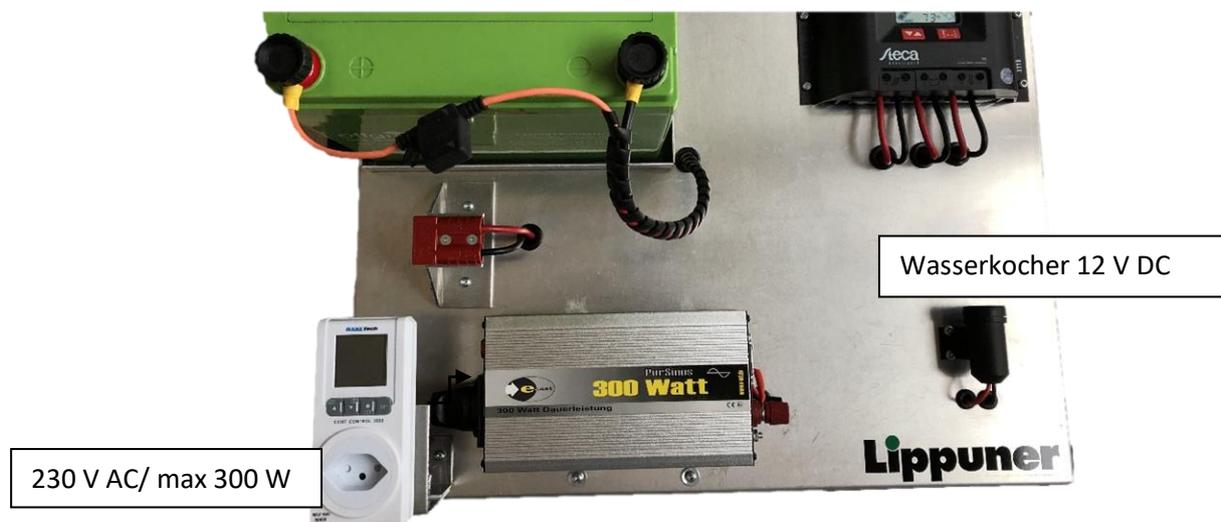
Nach dem Sonnenstand ausrichten: Photovoltaikmodul solange drehen und Aufstellwinkel verändern, dass der Schraubenhals keinen Schatten mehr wirft.

zu Schritt 5: Anschluss der Verbraucher

Anschliessbar sind

12 V DC
230 V AC

mitgelieferter Wasserkocher an Zigarettenanzünder-Buchse
alle Geräte mit max. 300 W an Steckdose Energiemessgerät



230 V AC/ max 300 W

Wasserkocher 12 V DC

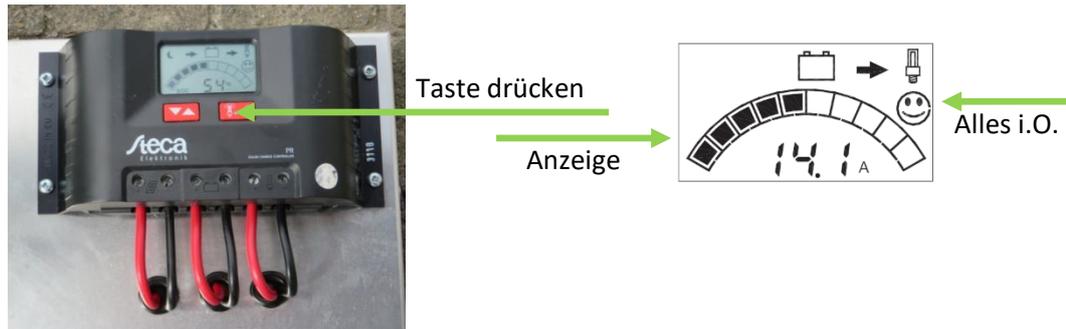
Vor dem Anschluss von Verbrauchern:

- am **Laderegler** mit dem manuellen Lastschalter Stromzufuhr zu Zigarettenanzünder-Buchse und Wechselrichter **ausschalten**
- den **Wechselrichter am Kippschalter ausschalten** O/I

Verbraucher an Zigarettenanzünder-Buchse bzw. an Energiemessgerät/Wechselrichter anschliessen.

Zuschalten Verbraucher:

- am Laderegler mit dem manuellen Lastschalter Stromzufuhr zu Zigarettenanzünder-Buchse und Wechselrichter anschalten
- den Wechselrichter am Kippschalter anschalten O/I



Erscheint in der Anzeige  Versuch abrechnen. Vorgehen wie in Ausserbetriebnahme beschrieben.

Ausserbetriebnahme der Photovoltaikanlage

- Schritt 1: 1) Verbraucher **ausschalten**, 2) Wechselrichter **ausschalten** am Kippschalter O/I.
 3) Strombezug Laderegler **ausschalten** am manuellen Lastgangschalter des Ladereglers.
 Schritt 2: Verbraucher ausstecken
 Schritt 3: Photovoltaikmodul in den Schatten stellen oder mit Tuch/Decke abdecken (Vorsicht: heiss!)
 Schritt 4: Kabel vom Photovoltaikmodul an der Anschlussplatte lösen (siehe Abbildung Aufbau)
 Schritt 5: Batterie abhängen (siehe Abbildung Aufbau): Zuerst am –Pol (schwarz) Rändelschrauben lösen, Kabel entfernen. Dann am +Pol (rot) Rändelschrauben lösen, Kabel entfernen.
 Rändelschrauben wieder eindrehen.
 Schritt 6: Kabel am Photovoltaikmodul entfernen



Stecker könne durch Zusammendrücken der „Nasen“ gelöst werden.

Schritt 7: Verpacken (nach Inventarliste)

Lagerung/ Rückgabe der Photovoltaikanlage an den Verein Energiepfad Grabs:

Das Zubehör wird sauber und trocken in die entsprechende Kiste verpackt. In der Kiste befindet sich an der Deckelinnenseite eine Inventarliste, nach der die Kiste zu packen ist.
 Die beim Ausleihen erhaltene Gesamtliste bitte ausfüllen und visieren.



Transport des Photovoltaikmoduls:

Das Photovoltaikmodul mit einer Decke vor Verkratzen und Verschmutzung schützen.

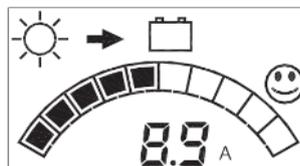
Handschuhe zum Transport über längere Strecken tragen, der Rahmen des Photovoltaikmoduls drückt sich in die Handflächen.

7. Versuche

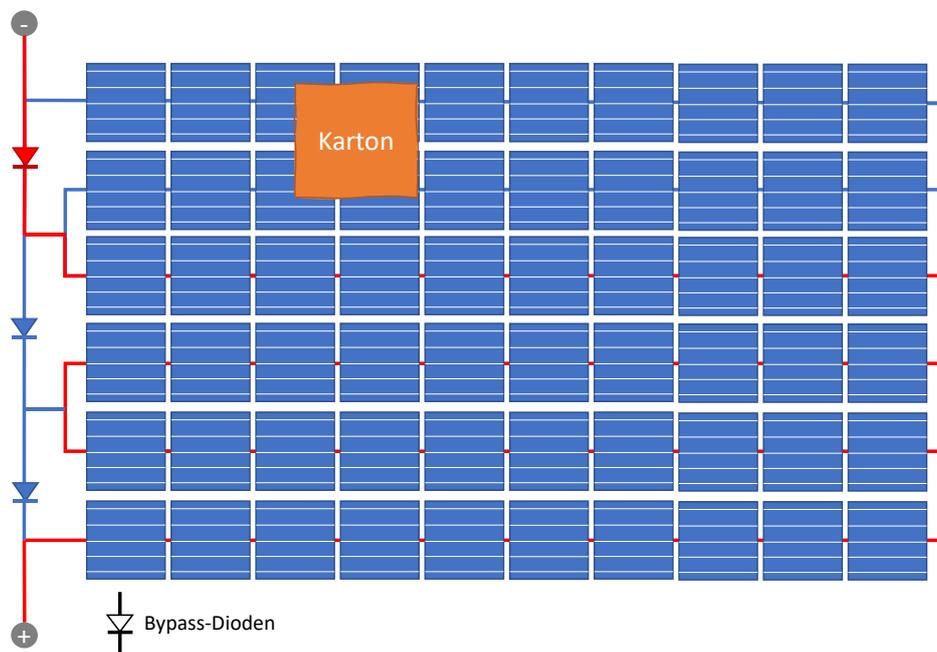
1. Einfluss von Verschmutzung/ Beschattung

Bei diesem Versuch soll untersucht werden, welchen Einfluss eine teilweise Verschattung des Photovoltaikmoduls auf die Stromerzeugung hat.

Beobachten des Ladestroms



- während eine Person am Photovoltaikmodul vorbei läuft und einen Schatten darauf wirft
- Photovoltaikmodul an verschiedenen Stellen durch Karton teilweise abdecken



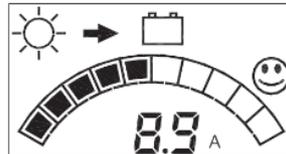
Wie können die beobachteten Effekte erklärt werden?
Welche praktische Bedeutung haben diese Erkenntnisse?

Tipp: Diese Versuchsreihe lässt sich ideal ergänzen durch Versuche mit den Photovoltaik-Baukästen. Mit diesen können verschiedene Verschaltungen von Solarzellen ausprobiert werden.

2. Einfluss der Ausrichtung des Photovoltaikmoduls

Bei diesen Versuchen kann beobachtet werden, welchen Einfluss die Ausrichtung des Photovoltaikmoduls auf die Stromproduktion hat.

- 1) Photovoltaikmodul in voller Sonne aufstellen und optimal ausrichten (kein Schattenwurf der Schraube). Angezeigten Ladestrom der Laderegleranzeige notieren. Nach 15 min, 30 min, 45 min angezeigten Ladestrom notieren. Schatten der Schraube beobachten.



Wie können die Beobachtungen erklärt werden?

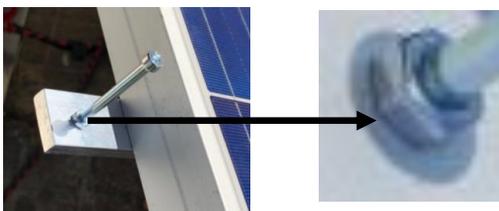
- 2) Photovoltaikmodul wieder in voller Sonne optimal ausrichten (kein Schattenwurf der Schraube). Angezeigten Ladestrom der Laderegleranzeige notieren. Nach 30 min angezeigten Ladestrom notieren, Schattenwurf der Schraube beobachten/fotografieren. Danach sofort Photovoltaikmodul wieder optimal ausrichten (kein Schattenwurf der Schraube) und angezeigten Ladestrom notieren. Eventuell nach einer Stunde wiederholen.

Was hat sich verändert? Wie kann dies erklärt werden?

Welche praktische Bedeutung haben die Erkenntnisse?

Tipp: diese Versuche können mit einer Exkursion zu den Photovoltaik-Trackern (nachgeführte Photovoltaik-Anlagen) im Ochsensand kombiniert werden.

Optimale Ausrichtung des Photovoltaikmoduls:



Beispieltabelle für Notizen:

Zeit [min]	Ladestrom Batterie [A]	Ladestrom Batterie nach Neuausrichtung des Photovoltaikmoduls [A]	Differenz [%]
0		----	
15			
30			
45			
...			

8. Quellenangabe

www.solaranlage.de/technik/solarzellen

Technische Daten_Photovoltaikmodul: Datenblatt Hersteller

Technische Daten Batterie: Datenblatt Hersteller

Technische Daten Energiemesser: Datenblatt Hersteller

Technische Daten Wechselrichter: Datenblatt Hersteller

Solarregler: Bedienungsanleitung Solarladeregler PR 10A/ 15A/ 20A/ 30A // Steca

