

Experiment 01

Leistungskurve einer PV-Anlage

Lernziel:

Die Form des Tagesverlauf einer PV-Leistungskurve zu verschiedenen Jahreszeiten (Sommer, Winter, Frühling/Herbst) wird nachgezeichnet. Es soll verstanden werden, wie dieser Verlauf, in Anbetracht der Sonnenlaufbahn und der optimalen Einstrahlwinkel auf das PV-Modul, entsteht.

Kurzbeschreibung:

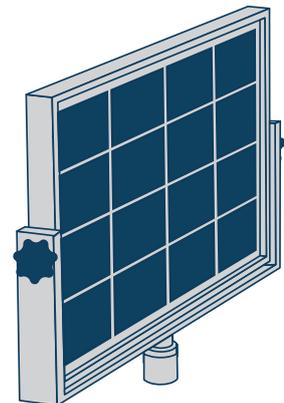
Es wird der Effekt zweier Einstrahlwinkel β und γ (Umlaufwinkel der Sonne und Neigungswinkel des PV-Moduls) auf die Stromstärke des Moduls untersucht. Es sollen die Winkel ermittelt werden, unter denen das Modul die größte Stromstärke (indirekter Indikator für die Leistung) abgibt.

Vorüberlegungen

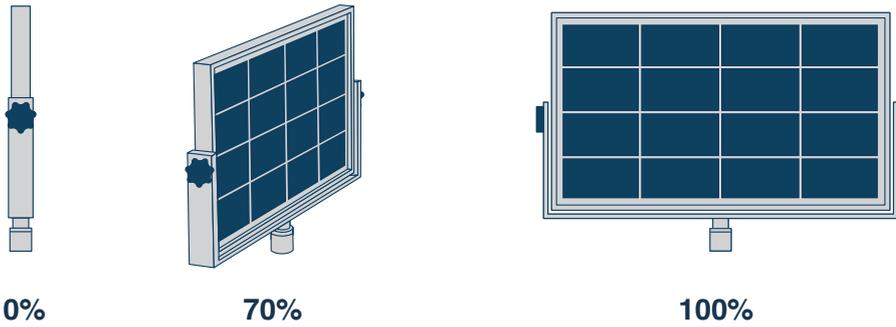
Ein PV-Modul wandelt Lichtenergie in elektrische Energie um. Je nach Einstrahlwinkel ändert sich die Einstrahlungsleistung auf das PV-Modul. Neigt man ein Modul, so ändert sich die effektiv bestrahlte Fläche: Siehe Abbildung 2.

PV-Anlagen sind üblicherweise in einer festen Position montiert. Der Winkel der Sonne auf die PV-Module ändert sich jedoch sowohl über den Tag als auch über das Jahr hinweg.

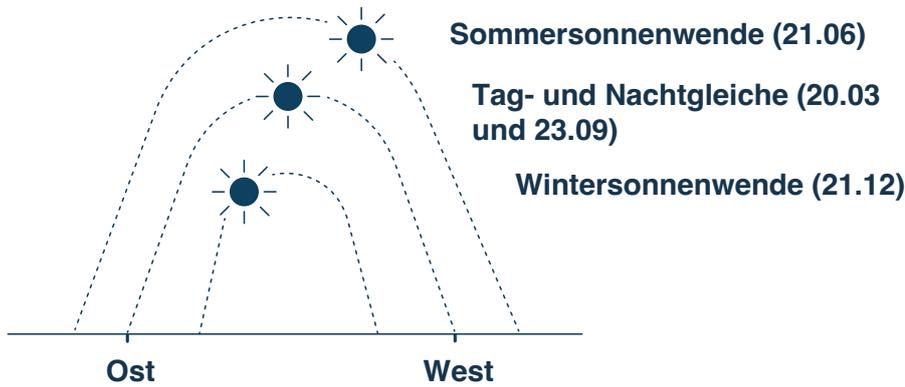
Die Erdachse ist durch ihre Neigung so ausgerichtet, dass die Nordhalbkugel im Sommer der Sonne zugewandt ist und im Winter der Sonne abgeneigt ist. Aufgrund der Erdrotation und ihrer Neigung, sehen wir, von der Erde aus gesehen, dass die Sonne eine Bahn von Osten nach Westen durchläuft. Je nach Jahreszeit verändert sich der Anfang und das Ende dieser Bahn, als auch ihr Höhepunkt: Siehe Abbildung 3.



1. Abb.: Zu benutzendes Modul

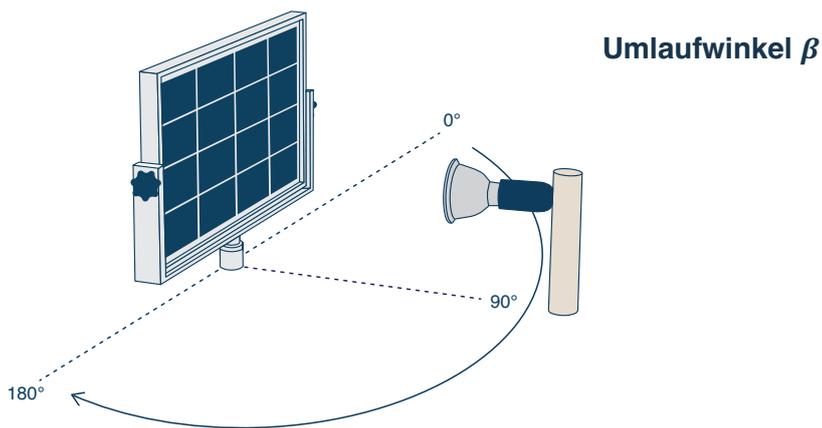


2. Abb.: Veranschaulichung der effektiv bestrahlten Fläche bei Variation des Umlaufwinkels.

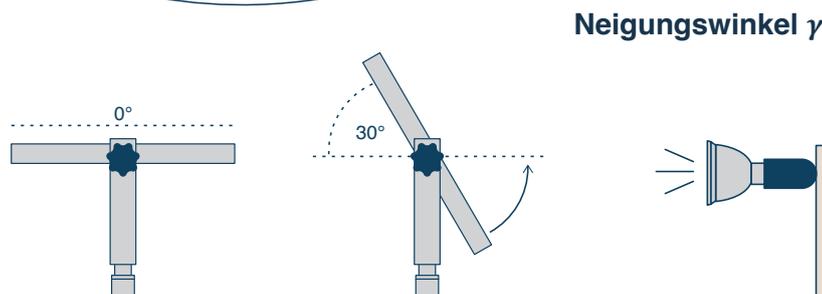


3. Abb.: Die Sonnenbahn im Sommer, Frühling/Herbst und Winter unterscheidet sich im Anfangs- und Endwinkel, sowie maximal erreichtem Höhenwinkel.

Im Versuch wird der Verlauf der Sonne von Ost nach West mit der Bewegung der Lampe in einem Kreis um das Modul dargestellt. Diesen Winkel nennen wir Umlaufwinkel β . Der Neigungswinkel des Moduls kann mit der Winkelschablone eingestellt werden. Diesen Winkel nennen wir γ .



4. Abb.: Definition des Umlaufwinkel



5. Abb.: Neigungswinkel des Moduls

Teilversuch 01: Optimaler Einstrahlwinkel (Qualitativ)

- Bringe das Modul auf die Basisplatte an
- Stelle die LED-Lampe auf die markierte Stelle an der Platte
- Verbinde das Kästchen mit den LED-Lämpchen, den Verbraucher, mit dem Modul. Je mehr Strom fließt, umso mehr Lämpchen leuchten auf.
- Untersuche den Neigungswinkel γ : Neige das PV-Modul von 0° bis 180° (siehe Abbildung 5). Bei welchem Einstrahlwinkel leuchten die wenigsten, bei welchem die meisten Lämpchen?
- Untersuche den Umlaufwinkel β : Gehe mit der Lampe von 0° auf der einen Seite zu 180° auf der anderen Seite (siehe Abbildung 4 und an der Winkel-Rosette in der Grundplatte). Bei welchem Einstrahlwinkel gehen die meisten Lämpchen an? Bei welchem sind sie am stärksten?

Neigungswinkel: Es sollte beobachtet werden, dass alle Lämpchen kurz vor und nach 90° angehen. Sie leuchten am Stärksten bei 90° .
Umlaufwinkel: Siehe oben.

Teilversuch 02: Simulation der Leistungskurve (Quantitativ)

- Bevor du weitermachst, lese dir die Anleitung „Zusatz 01“ durch
 - Verbinden nun die Lampe mit dem Modul durch die Schnur: Nimm das Modul ab und lege die Schlaufe um den Fuß des Moduls. Stecke das Modul wieder in die Halterung
 - Nimm die Winkelschablone und bringe sie an, indem du die Schraube an der Seite des Moduls entfernst und die Mitte des Winkelmessers auf die nun sichtbare Achse steckst und schraube sie fest
 - Stelle die Neigung der PV-Anlage deines Schuldachs ein (alternativ: 30°). Richte das PV-Modul analog zur *Himmelsausrichtung Eurer eigenen Schul-PV-Anlage* aus (alternativ: nach Süden)
 - Beginne mit der Sommersimulation und korrigiere dementsprechend die Neigung. Siehe an der Winkel-Rosette an der Platte, wo deine Drehung um das Modul beginnen und enden muss
 - Verbinde das Modul mit dem Multimeter und schalte es auf Stromstärke-Messung
-
- Variiere nun den Umlaufwinkel in sinnvollen Schritten indem du die Lampe in einem Halbkreis um das Modul bewegst
 - Messe den Winkel indem du ihn an der Winkel-Rosette an der Grundplatte abliest. Die Schnur hilft dir dabei deine Sichtlinie zu verlängern
 - Notiere dir in Tabelle 1 deine Kurzschluss-Stromwerte
-
- Wiederhole nun die Messung für Winter und Frühling/Herbst: Stelle die ursprüngliche Neigung des Moduls her und wende die a_{\max} Korrektur für Winter oder Frühling/Herbst an. Achte darauf, dass die Lampendrehung im Winter später anfängt und früher aufhört (siehe Markierungen an der Winkel-Rosette der Grundplatte)

Tabelle 1: Kurzschluss-Strom: Simulation der Leistungskurve im Sommer

Siehe Diagramme weiter unten

Tabelle 2: Kurzschluss-Strom: Simulation der Leistungskurve im Winter

Siehe Diagramme weiter unten

Tabelle 3: Kurzschluss-Strom: Simulation der Leistungskurve im Frühling/Herbst

Siehe Diagramme weiter unten

Auswertung 03: Optimaler Einstrahlwinkel und Kurvenvergleich

- Zeichne deine Werte für den Strom in den Jahreszeiten Winter Sommer und Frühling/Herbst in einem Diagramm gegen den Winkel auf, wähle dafür einen geeigneten Maßstab für die y-Achse
- Wo liegen die Kurvenmaxima? Was ist also der optimale Winkel β_{opt} ? Stimmt dies mit Teilversuch 1 überein?
- Entsprechen die Kurven deinen Erwartungen, was die Größe der Kurven im Vergleich untereinander angeht?
- Entsprechen die Kurven deinen Erwartungen, was den Beginn und das Ende der Einstrahlzeit angeht?

Für eine Südausrichtung liegen die Kurvenmaxima bei 90° vor. Das ist konsistent mit dem Ergebnis aus Teilversuch 1. Dabei ist die Definition, dass im Süden der Azimut 90° beträgt, arbiträr. Das Wichtige ist die Erkenntnis, dass genau bei diesem Winkel die Lichtstrahlen fast senkrecht auf das Modul treffen, also $\beta_{opt} = 90^\circ$.

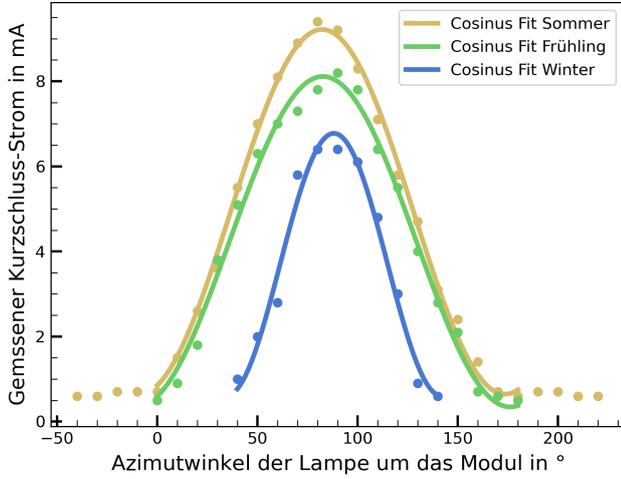
Bei der Konfiguration „ 30° Neigung, Südausrichtung“ ist die Kurve im Sommer die Höchste, gefolgt von der Frühling-/Herbstskurve und anschließend der Winterkurve. Das ergibt Sinn, da der Sonnenhöchststand im Sommer bzw. Frühling/Herbst bzw. Winter ca. ca. 60° bzw. 40° bzw. 20° beträgt. Daher folgen 90° bzw. 70° bzw. 50° für die Winkel zwischen Modul und Einstrahlwinkel zum Sonnenhöchststand. Da $\gamma_{opt} = 90^\circ$ sind dadurch die Kurvenhöhen verständlich.

Auch der Beginn und das Ende der Einstrahlzeit sind konsistent mit dem minimalen und maximalen Azimutwinkel der Bewegung.

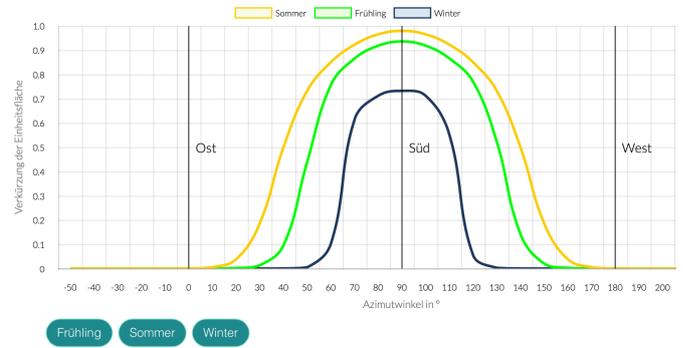
Daten

Mathematisch erwartet
(www.solarbildung.org/lehrmittel-suite)

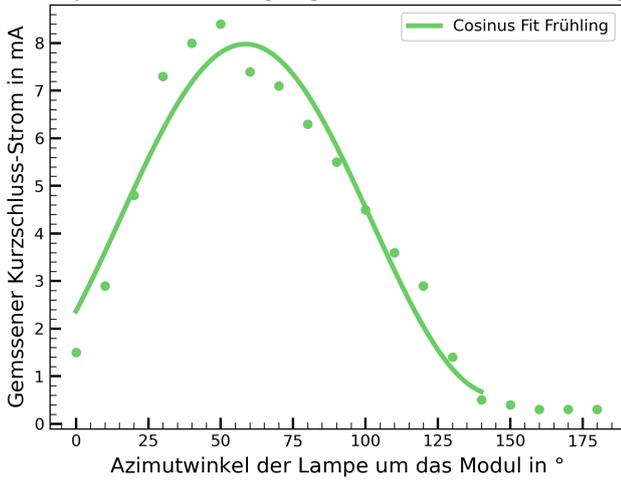
Experiment 1: Neigung 30° Südausrichtung



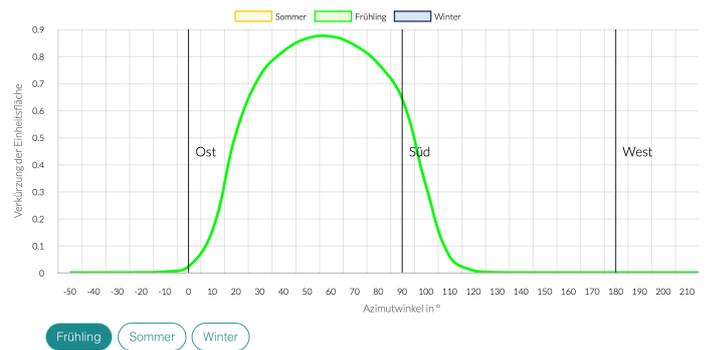
Leistungskurve aufgrund Höhenänderung der Sonne und Wanderung von Ost nach West



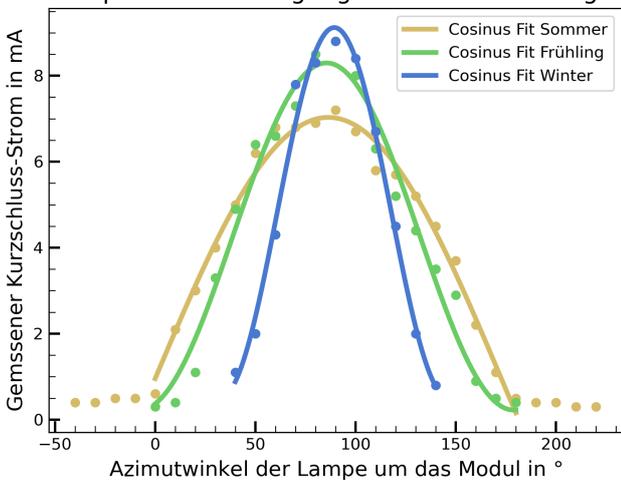
Experiment 1: Neigung 30° Süd-Ost-Ausrichtung



Leistungskurve aufgrund Höhenänderung der Sonne und Wanderung von Ost nach West



Experiment 1: Neigung 60° Südausrichtung



Leistungskurve aufgrund Höhenänderung der Sonne und Wanderung von Ost nach West

