

Solarsupport Unterrichtskonzepte

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine
Photovoltaik-Anlage liefert?“



56.327 kWh
35 kWp

Aufbau der Unterrichtseinheit

0 Vorbereitung: Einarbeitung in die Geräte

15 Minuten, Einarbeitung in die PV-Experimentierkästen und Messgeräte

1 PV-Leistung und Strahlungsstärke

45 Minuten, Versuche und Berechnungen

2 Regionen und Installationsorte

30 Minuten, Analyse der regionalen Unterschiede und der architektonischen Randbedingungen



56.327 kWh
35 kWp

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine PV-Anlage liefert?“

Lernziele:

Vermittlung von Hintergrundwissen zu den Einflussfaktoren bei der solaren Stromerzeugung: Welche Einflussfaktoren sind für den Ertrag einer Photovoltaikanlage verantwortlich?

Einflussfaktoren, die in dieser Unterrichtseinheit behandelt werden, sind:

- Standort (Region, Sonneneinstrahlung)
- Installationsort (Neigung, Ausrichtung, Verschattung)
- Tages- oder jahreszeitliche Schwankungen der Einstrahlung
- Wartung und Pflege

Logik:

Versuche mit Experimentierkästen (sofern vorhanden) oder logische Herleitung mit Beleuchtungsmessgeräten und zusätzlichen Informationsquellen (Atlanten, Internet, etc.).



56.327 kWh
35 kWp

In Vorbereitung zur Unterrichtseinheit sollten die Schüler/-innen in die Benutzung der PV-Experimentierkästen, Lampen und Messgeräte (Luxmeter, Multimeter/Ampère- und Voltmeter) eingewiesen werden:

- **PV-Experimentierkästen:** Was sind die PV-Module, wie kann man an ihnen die Leistung messen (Stromstärke und Spannung)?
- Wie wirken sich **Reihen- und Parallelschaltung** auf die gemessene Spannung/ Stromstärke aus?
- **Luxmeter:** Wie kalibriert und verwendet man Beleuchtungsmessgeräte?
- **Multimeter (Ampère- bzw. Voltmeter):** Wie stellt man den Messbereich ein und wie wird er abgelesen?



56.327 kWh
35 kWp

Vorbereitung: Einarbeitung in
die Geräte

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine PV-Anlage liefert?“



0

Vorbereitung Methodenvorschläge

1) PV-Experimentierkästen

Die Schüler/-innen sollen einen vorgegebenen Abnehmer (Glühlampe, Motor etc.) mittels PV-Modul betreiben. Dazu müssen sie im **Eigenversuch** herausfinden, wieviele Module sowie welche Lichtmenge notwendig ist und wie die Module verbunden werden müssen (Aufwärmübung).

2) Reihen- und Parallelschaltung

Zwei oder mehr PV-Module werden einmal in Reihe und einmal parallel verschaltet. Die Beleuchtung der Module erfolgt mit derselben Lampe aus identischer Entfernung, so dass andere Einflussfaktoren als die Schaltung ausgeschlossen werden können. **Ergebnis:** die Reihenschaltung führt zu einer höheren Spannung bei gleicher Stromstärke, die Parallelschaltung zu einer gleichen Spannung bei höherer Stromstärke. **Frage:** Wie ist die eigene Schulsolaranlage verschaltet und wie sollte sie idealerweise (für welchen Zweck) verschaltet werden?

PV-Leistung und Strahlungsstärke

Ziele und Inhalte

Lernziel: Erkennen des Zusammenhangs zwischen Strahlungs-/ Beleuchtungsstärke und Modulleistung.

Inhalte: Insbesondere sollen folgende Einflussfaktoren experimentell erprobt und in ihrer Relevanz für den Ertrag des Moduls bewertet werden:

- **Strahlungsstärke:** je größer die Strahlungsstärke, desto mehr Strom fließt (= höhere Erträge)
- **Neigung:** es gibt eine optimale Neigung des Moduls, wenn es von dieser Neigung abweicht, dann sinken die Erträge (Stromstärke wird kleiner)
- **Ausrichtung zur Strahlungsquelle:** je direkter das Modul zur Strahlungsquelle (Sonne) ausgerichtet ist, desto höher ist der gemessene Strom*.
- **Verschattung:** werden Teile des Moduls oder das Gesamtmodul verschattet, so sinken die Erträge.

* Fachbegriff Azimut: Winkel, um den die Solaranlage aus der Südausrichtung gedreht ist.



56.327 kWh
35 kWp

PV-Leistung und
Strahlungsstärke

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine PV-Anlage liefert?“

PV-Leistung und Strahlungsstärke

Methodenvorschläge - Versuche

1) Strahlungsstärke:

Zwei unterschiedliche Lampen beleuchten aus identischer Entfernung die Solarmodule (z.B. 25 W und 100 W). Wie wirkt sich der Unterschied auf die Stromstärke aus?

2) Neigung:

Das PV-Modul wird in 90° , 45° , 20° und 0° zur Strahlungsquelle gehalten. Wie wirkt sich der Unterschied auf die Stromstärke aus?

3) Ausrichtung zur Strahlungsquelle:

Die Strahlungsquelle wandert (ähnlich der Sonne) kreisförmig um das PV-Modul Herum. Wann ist der Ertrag am größten?

4) Verschattung:

Eine Glasplatte wird verschmutzt und über das PV-Modul gehalten. Wie ändert sich der Ertrag? Analog: die Glasscheibe wird mit Schnee/ Eis (aus dem Kühlschrank) bedeckt bzw. mit der Hand teilverschattet.



Das Diagramm zeigt eine schematische Darstellung einer PV-Anlage. Ein gelber Kreis oben links stellt die Sonne dar. Ein graues Gebäude im Hintergrund hat ein PV-Modul auf dem Dach. Ein orangefarbener Balken verbindet das Modul mit einem orangefarbenen Rahmen, der die Werte '56.327 kWh' und '35 kWp' enthält. Ein orangefarbener Balken am unteren Rand des Diagramms enthält den Text 'PV-Leistung und Strahlungsstärke'.

56.327 kWh
35 kWp

PV-Leistung und
Strahlungsstärke

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine PV-Anlage liefert?“

PV-Leistung und Strahlungsstärke

Methodenvorschlag: Ertragsberechnung

Grund
schule

Was wäre wenn...?

Wie groß sind Solaranlagen, die genug elektrische Energie für typische Verbraucher (MP3 Player, Waschmaschine, Lampe...) umwandeln können? Die Zugrunde liegenden Annahmen sind

- a) eine konstant hohe Sonneneinstrahlung und
- b) die zeitgleiche Erzeugung und Nutzung der solaren Energie

- **Zusammenfassung der Messergebnisse:** Wie groß sind die Abweichungen der realen Erträge aufgrund von Verschattung, Ausrichtung, Neigungswinkel bzw. Änderungen in der Strahlungsstärke im Vergleich zum idealen Ertrag einer PV-Anlage?
Wie viel größer müssen die Anlagen in welchen Fällen dimensioniert sein, um real einsatzfähig zu sein?
- **Faustformeln für die Berechnung:** ohne Verschattung (idealer Sonnentag) strahlt die Sonne 1.000 W/m^2 , 10% der Einstrahlung können in elektrische Leistung umgewandelt werden (also 100 W/m^2).
- **Leistungsanforderungen von Verbrauchern:** Glühlampe: 40-100 Watt = 0,5-1 m^2 , MP3-Player: 1 Watt = ...

56.327 kWh
35 kWp

PV-Leistung und
Strahlungsstärke

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine PV-Anlage liefert?“

PV-Leistung und Strahlungsstärke

Methodenvorschlag: Leistungsberechnung

SEK 1

Was wäre wenn...?

Zusätzlich zu den Berechnungen, die auf der GS-Folie vorgeschlagen wurden, kann in der SEK1 eine **differenzierte Leistungsberechnung** erfolgen:

Leistung = Spannung X Stromstärke

Spannung einer Solarzelle = 0,6V

Stromstärke einer Solarzelle = abhängig von Größe und Einstrahlung

Die jeweiligen Verbraucher erfordern definierte Nennspannungen bzw. Nennleistung. Wie müssen die PV-Module aussehen bzw. die einzelnen Solarzellen geschaltet werden, um den Anforderungen gerecht zu werden?

Lösungsbeispiele: 6 in Reihe geschaltete Solarzellen ergeben eine Nennspannung von $6 \times 0,6 \text{ V} = 3,6 \text{ V}$ mit derselben Stromstärke wie eine Zelle. Parallel geschaltet würde man eine Spannung von 0,6 V und eine sechsfache Stromstärke erreichen (Leistung bleibt gleich).

56.327 kWh
35 kWp

PV-Leistung und
Strahlungsstärke

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine PV-Anlage liefert?“

Regionen und Installationsorte

Ziele und Inhalte

Ziele

Nachdem den Schüler/-innen durch die Versuche und Experimente vermittelt wurde, dass die Erträge einer Fotovoltaikanlage u. a. abhängig von der **Strahlungsleistung** bzw. der **Ausrichtung der Module** zur Strahlungsquelle sind, erfahren sie nun, dass man durch geschickte **Wahl des Installationsorts** die Wirtschaftlichkeit der Anlage beeinflussen kann.

Inhalte

Um in verschiedenen Ländern **Sonnenenergie zur Stromerzeugung** zu nutzen, müssen mehrere Einflussfaktoren wie unterschiedliche Sonneneinstrahlung, regionale klimatische Bedingungen (Bewölkung, Sonnenscheindauer etc.) und örtliche Verschattung (Bebauungsdichte, Vegetation) berücksichtigt werden. Neben den Erträgen der Anlage sind Kriterien wie technische Machbarkeit und Ästhetik, welche die (wirtschaftliche) Nutzung einer PV-Anlage beeinflussen, von Bedeutung.



56.327 kWh
35 kWp

Regionen und
Installationsorte

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine PV-Anlage liefert?“

1) PV am Bau

Welche Möglichkeiten gibt es, PV-Module am Gebäude zu installieren (Dach, Fassade)? Welche **Vor- und Nachteile** haben die verschiedenen Installationsorte? Welche **Einflussfaktoren können zu Ertragsminderung führen** (z.B. Schattenwurf vom Schornstein, Bäume, falsche Orientierung, Nachbarbebauung, etc)?

Zur Beantwortung der Frage kann z. B. ein 1 kW-Generator mit der Fläche von ca. 10 m² maßstabsgetreu in eine Dachdraufsicht gezeichnet oder in ein Gebäudemodell integriert werden.

2) PV Nord/Süd

Auf zwei Gebäude wird die gleiche PV-Anlage an **zwei verschiedenen Standorten** vorgesehen. (s. nächste Folien)

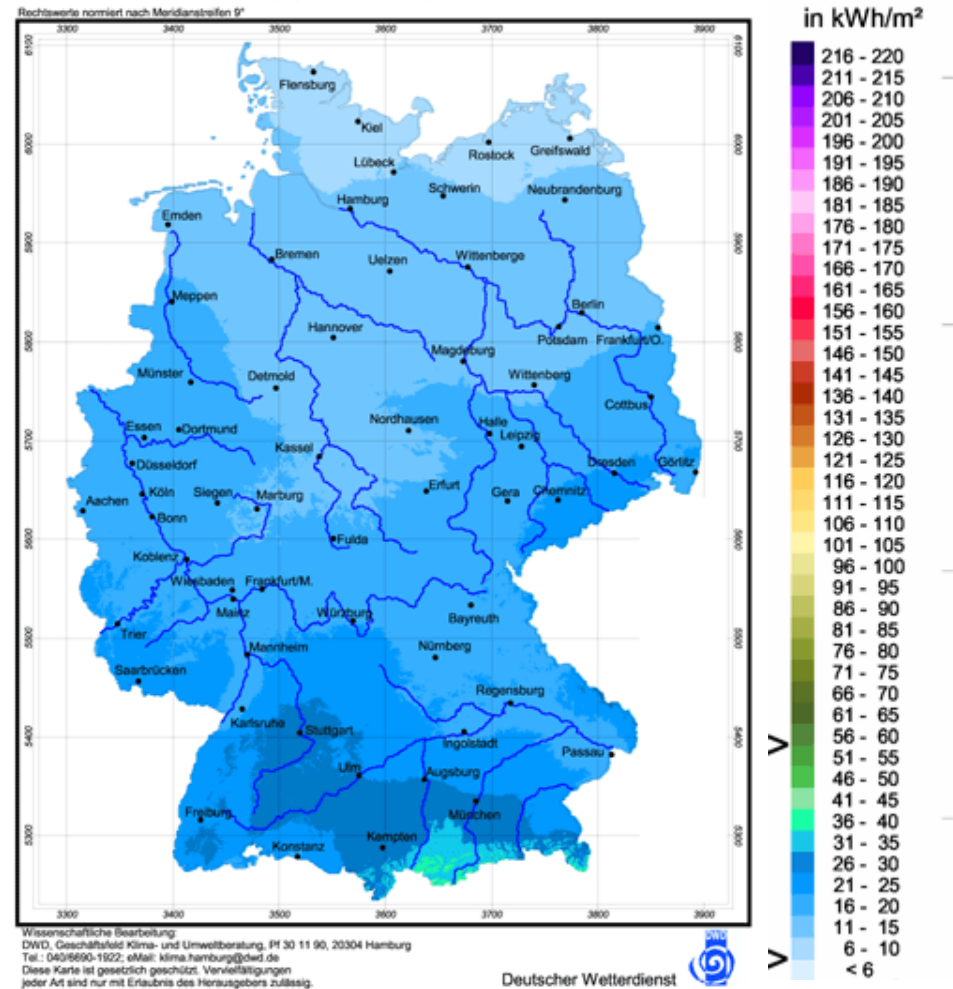
Welche Auswirkungen haben beide Varianten auf die Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlage?



56.327 kWh
35 kWp

Regionen und Installationsorte Methodenvorschläge

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland
Monatssummen - Dezember 2007



Quelle:

<http://www.solarserver.de/>

Vergleich der jährlichen
Globalstrahlung in
Abhängigkeit von der
Region und Jahreszeit
(z. B. Winter)

56.327 kWh
35 kWp

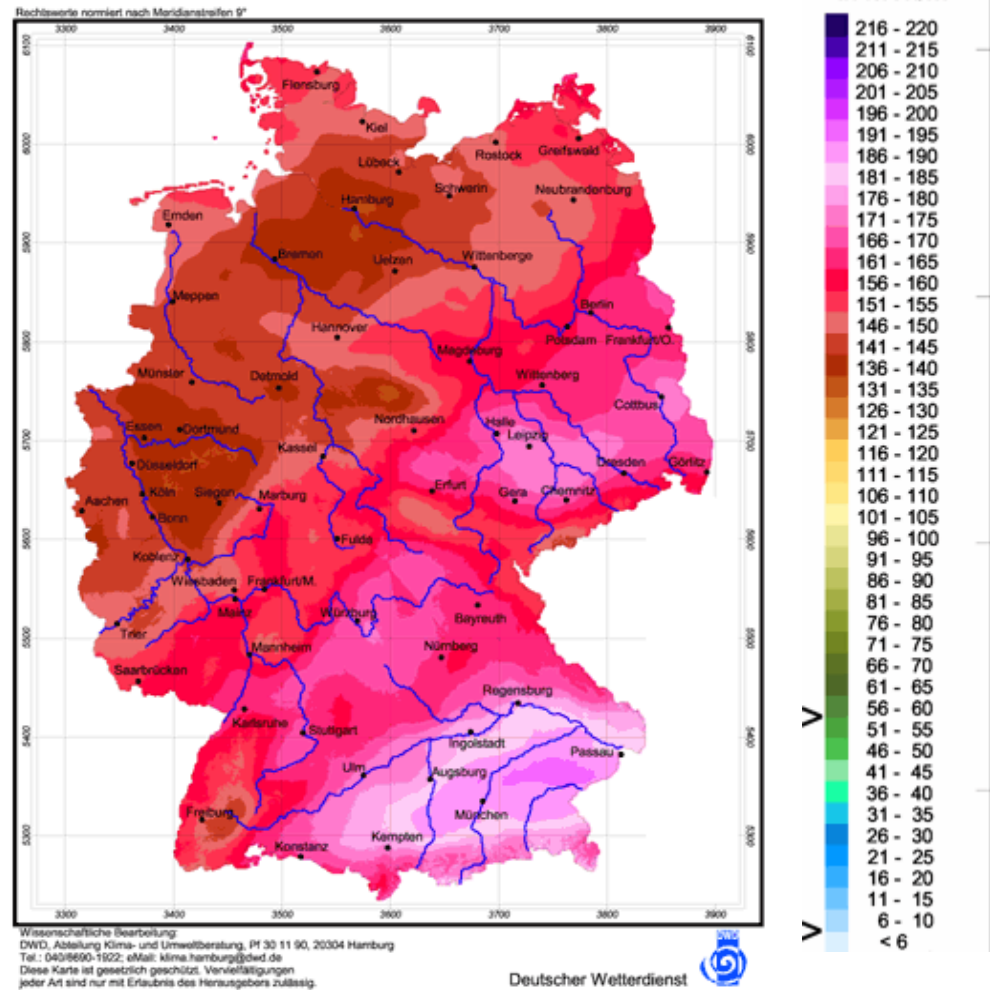
Regionen und
Installationsorte

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine PV-Anlage liefert?“



Regionen und Installationsorte Methodenvorschläge

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland
Monatssummen - Juni 2007



Quelle:

<http://www.solarserver.de/>

Vergleich der jährlichen
Globalstrahlung in
Abhängigkeit von der
Region und Jahreszeit
(z. B. Winter)

56.327 kWh
35 kWp

Regionen und
Installationsorte

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine PV-Anlage liefert?“

Regionen und Installationsorte Methodenvorschläge

SEK 1

Berechnung der Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen

Die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen kann mit und ohne EEG-Vergütung berechnet werden. Zur Berechnung ist eine Exceldatei vom Umweltinstitut München herausgegeben worden (s. Anhang bzw. www.solarserver.de/service/wirtschaftlichkeit.html)

Auf folgende Zusammenhänge sollten die Schüler/-innen hingewiesen werden:

- Einfluss des Verhältnisses Eigenkapital/Kreditvolumen („Kosten des Geldes“)
- Regionale Unterschiede in den Erträgen
- Ertragsminderung aufgrund von o. g Einflussfaktoren (Verschattung, etc.)

Wann hat sich die PV-Anlage wirtschaftlich amortisiert?

Wann hat sich die PV-Anlage energetisch amortisiert?

Hinweis: Die Zeitspanne, die eine PV-Anlage benötigt, um soviel Energie umzuwandeln, wie für ihre Herstellung benötigt wurde, nennt man **energetische Amortisation**.

Energieaufwand in kWh el. Energie pro kWp-installierter

Leistung: 5.600 kWh/kWp (monokristallines Silizium) bzw. 3.070 kWh/kWp (CIS-Technologie) – mehr Infos unter: <http://volker-quaschning.de>

56.327 kWh
35 kWp

Regionen und
Installationsorte

„Wovon hängt es ab, wie viel Ertrag eine PV-Anlage liefert?“