MODUL V

Thema 1

Zusammenfassung

Titel der Lektion	
Wirkungsgrad von Solarzellen	
Dauer	90 min
Vorgeschlagene Altersspanne der Schülerin und des Schülers	10 - 14

Zusammenfassung der Lektion

Das Ziel ist es, zu testen, wie viel Sonnenenergie eine Solarzelle einfangen kann. Die Zelle wird unter das Sonnenlicht gehalten, und es werden Spannungs- und Strommessungen vorgenommen, um die maximale Leistung und die Leistung für einen kleinen Ventilator zu berechnen.

Lernergebnisse

Zweck/Lernziel

- Schülerinnen und Schüler lernen, wie Sonnenenergie in Elektrizität umgewandelt wird.
- Das Konzept des Wirkungsgrads von Solarzellen und dessen Messung verstehen.
- Überprüfen Sie, wie die Solarzellen angeordnet sind, um die von ihnen gelieferte Leistung zu erhöhen.

Sich überschneidende Ziele

- Verstehen, wie Photovoltaikmodule funktionieren
- Lernen, wie man Spannungen und Ströme in einem Stromkreis misst

Verbindung zu den SDGs

Diese Lektion steht im Einklang mit ODS 7: "Es geht darum, den Zugang zu sauberer und erschwinglicher Energie zu gewährleisten, die der Schlüssel zur Entwicklung von Landwirtschaft, Wirtschaft, Kommunikation, Bildung, Gesundheit und Verkehr ist" - Ziel 7.2 Bis 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien am globalen Energiemix deutlich erhöht werden.

Umsetzung

Erleichterung

- Es sollte ein Tag mit klarem und sehr sonnigem Himmel gewählt werden und die Aktivität in den zentralen Stunden (mit der Sonne im Zenit) oder 100-Watt-Glühlampen sollten in Innenräumen verfügbar sein.
- Es wird empfohlen, für diese Aktivität Gruppen von 4 oder 5 Personen zu bilden.
- Vor dem Unterricht sollte sichergestellt werden, dass alle Materialien bereitstehen (Solarzellen, Funken mit Drähten, Bananenstecker usw.; zum Anschließen der Stecker kann Löten erforderlich sein).
- Für die Messungen im Freien werden Tische oder ein geeigneter Platz zum Aufstellen aller Materialien benötigt.

Erforderliche Ressourcen

Materialien für jede Gruppe von Schülerinnen und Schülern (siehe Abbildung V.1.1):

- Zwei Solarzellen (besser mit bereits verlegten Drähten) (so)
- Ein Multimeter zur Messung von Volt und Ampere (Gleichstrom)
- Sonnenlicht oder eine andere starke Lichtquelle, wie z. B. eine 100-Watt-Glühbirne
- Ein kleiner USB-Lüfter (läuft mit 5 Volt) oder ein beliebiger kleiner Motor mit 5 Volt Gleichstrom, wie er mit Arduino verwendet wird, mit roten und schwarzen Kabeln zum Anschließen (Löten kann notwendig sein)
- Bananenstecker oder Krokodilklemmen (drei rote und drei schwarze) für die Drähte der Solarzellen und Spaß
- Metrisches Lineal
- Taschenrechner, Papier und Stift.
-

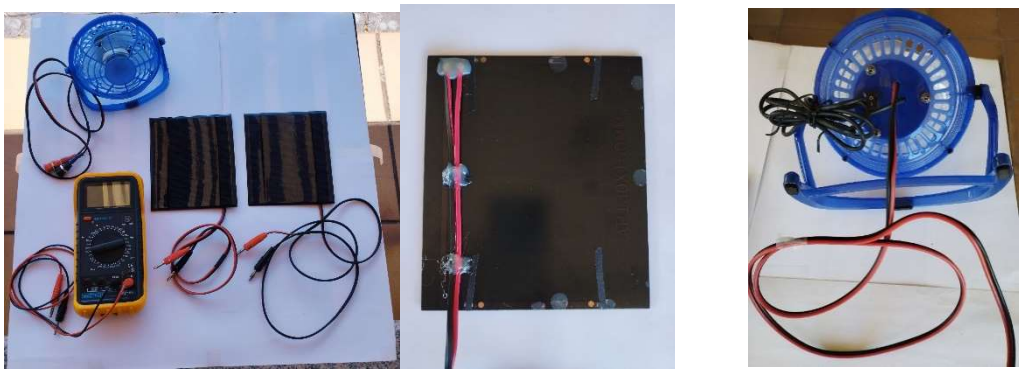


Abbildung V.1.1. Materialien für jede Gruppe von SchülerInnen und Schüler

Ideen für Folgemaßnahmen

- Testen Sie die Auswirkungen der Abschattung auf Solarzellen, indem Sie die Spannung und den Strom messen, wenn verschiedene Teile der Zellen abgeschattet sind.
- Besuchen Sie eine Photovoltaikanlage und prüfen Sie, wie viel Strom sie produziert.

Quelle / Materialien & Unterrichtsvorbereitung

- Diese Aktivität basiert auf https://www.exploratorium.edu/snacks/output-solar-cell, erstellt vom Exploratorium Teacher Institute, lizenziert unter Creative Commons Attribution-Noncommercial-ShareAlike 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Erfahren Sie mehr über die photovoltaische Solarenergie

- Energy Kids ist eine schülerInnenfreundliche Website, die vom US-Energieministerium, Energy Information Administration (EIA), betrieben wird. Die Website enthält eine Vielzahl von Informationen und Aktivitäten zum Thema Energie.

Informationen über Spannung und Strom

- BBC Bitesize ist eine kostenlose Online-Lernhilfe, die beim Lernen, Wiederholen und bei den Hausaufgaben helfen soll. Bitesize unterstützt Lernende im Alter von 5 bis 16+ in verschiedenen Schulfächern.

Gliederung der Lektion

Timing	Schritt-für-Schritt-Anleitung
20 min	**Einführung** Was ist eine Solarzelle, wie funktioniert sie, was sind Spannung und Strom und wie kann man sie messen?
15 min	**Spannungs- und Strommessungen (Voc, Isc)** Lege eine Solarzelle in das direkte Sonnenlicht und messe mit einem Multimeter die Spannung (V) und den Strom (I). Legen Sie die Solarzelle auf den Kopf (um Sonnenlicht zu vermeiden) und messen Sie Spannung und Strom. Richten Sie die Solarzelle so aus, dass Sie den maximalen Spannungswert erhalten, bei dem die Sonnenstrahlen senkrecht auf die Oberfläche der Zelle treffen. Messen Sie nun den Spannungswert, dieser Wert wird Voc genannt. Wiederholen Sie das gleiche Verfahren, um den Strom zu messen, der als Isc bezeichnet wird. Berechnung der maximalen Leistung (Voc x Isc)
15 min	**Spannungs- und Strommessungen mit einer Last (Vload, Iload)** Verbinden Sie die beiden Drähte der Solarzelle mit den beiden Drähten des Fun Drehe die Solarzelle um und beobachte, wie sich der Spaß dreht, wenn sie in der Sonne liegt. Kippe die Solarzelle, um die Motordrehzahl zu maximieren. Messen Sie die Spannung am Motor, wenn er mit maximaler Geschwindigkeit läuft. Stellen Sie dann das Multimeter auf Strommessung ein und verbinden Sie es in einer einzigen Schleife mit dem Motor und der Solarzelle Berechnung der an die Last abgegebenen Leistung (Pload=Vload x Iload)
10 min	**Berechnen Sie den Wirkungsgrad der Solarzelle** Verwenden Sie ein Lineal, um die aktive Fläche A Ihrer Solarzelle zu messen. Berechnen Sie die auf der Solarzelle ankommende Sonnenenergie, indem Sie die Sonnenintensität (1000 W/m^2) mit der Fläche der Solarzelle multiplizieren Berechnen Sie den maximalen Wirkungsgrad und den tatsächlichen Wirkungsgrad, wenn der Spaß angeschlossen ist.
15 min	**Maximieren Sie die Leistung. Zwei Zellen in einer Reihe** Verbinden Sie den positiven Pol der einen Zelle mit dem negativen Pol der anderen. Messen Sie die Spannung an den beiden anderen Anschlüssen der Zellen. Die Gesamtspannung sollte ungefähr der Summe der Spannungen der einzelnen Zellen entsprechen. Bei dieser Anordnung tauschen Sie die Klemmen des Multimeters, um den Strom zu messen. Der Strom der Serie sollte ungefähr dem Strom einer Zelle entsprechen. Mit dieser Anordnung erhalten Sie die doppelte Leistung, weil Sie die doppelte Spannung erhalten.
15 min	**Maximieren Sie die Leistung. Zwei Zellen parallel geschaltet** Verbinden Sie den Pluspol der einen Zelle mit dem Pluspol der anderen Zelle und machen Sie dasselbe mit den Minuspolen. Schließen Sie dann das Multimeter parallel an, um die Spannung zu messen. Die Spannung der Parallelschaltung sollte ungefähr dem Wert entsprechen, den wir mit nur einer Zelle hatten.

	Bei dieser Anordnung werden die Klemmen des Multimeters zur Strommessung gewechselt. Der Strom der Parallelschaltung sollte die Summe des Stroms der beiden Zellen sein. Mit dieser Anordnung erhalten Sie die doppelte Leistung, weil Sie den doppelten Strom erhalten.

Formative Bewertung

Zu verwendende Methoden: Beobachtungen im Unterricht und Fragebögen.

Rückmeldung

Se propone este ejemplo (podéis adaptar/modificar):

Der Net Promoter Score (NPS) ist eine weit verbreitete Kennzahl zur Messung der Loyalität und Zufriedenheit von Kunden oder, im Bildungskontext, von SchülerInnen und Schüler. Er misst die Wahrscheinlichkeit, dass die Schülerin und der Schüler den Unterricht oder Kurs weiterempfehlen. Im Folgenden erfahren Sie, wie Sie den NPS beschreiben und umsetzen können:
Entwickeln Sie die NPS-Frage:

- Primäre Frage: "Auf einer Skala von 0 bis 10, wie wahrscheinlich ist es, dass Sie diese Unterrichtsstunde anderen SchülerInnen und Schüler weiterempfehlen?"
- Nachbereitende Fragen: "Warum haben Sie diese Punktzahl gewählt?" und "Wie können wir diese Lektion verbessern?"

Sammeln von Antworten:
In den Anhängen finden Sie eine Vorlage für die Erfassung von Feedback in Form von Papierumfragen.

- Digitale Umfragen: Verwenden Sie Online-Tools wie Google Forms, SurveyMonkey oder Typeform, um die NPS-Fragen an Schülerinnen und Schüler zu verteilen.
- Papierfragebögen: Verteilen Sie am Ende der Stunde Papierfragebögen, die die Schülerinnen und Schüler ausfüllen sollen.
- Interaktive Anwendungen: Nutzen Sie interaktive Anwendungen wie Quizziz, Mentimeter oder Kahoot! um Antworten in Echtzeit zu sammeln.

Antworten klassifizieren:

- Befürworter (Punktzahl 9-10): SchülerInnen und Schüler, die sehr zufrieden sind und den Unterricht weiterempfehlen würden.
- Passive (Punktzahl 7-8): SchülerInnen und Schüler, die zufrieden, aber nicht begeistert sind, können ihre Meinung leicht ändern.
- Kritiker (Punktzahl 0-6): SchülerInnen und Schüler, die unzufrieden sind und den Unterricht wahrscheinlich nicht weiterempfehlen werden; können konstruktive Kritik üben.

Berechnung des NPS:

- Formel: NPS = % der Befürworter - % der Kritiker.
- Interpretation des Ergebnisses: Der NPS reicht von -100 bis +100. Ein positiver Wert (über 0) ist im Allgemeinen gut, und ein Wert über 50 ist ausgezeichnet.

Analyse und Nutzung von Feedback:

- Lesen Sie die zusätzlichen Kommentare, um die Gründe für die Bewertung zu verstehen.

- Identifizierung von Mustern und spezifischen Bereichen, in denen Verbesserungen möglich sind, bei Kritikern und Passiven.
- Nutzen Sie das positive Feedback der Projektträger, um erfolgreiche Aspekte der Unterrichtsstunde zu verstärken.

Anhänge

Fügen Sie in diesem Abschnitt alle Hilfsmittel ein, die Sie während der Entwicklung des Themas (einschließlich der Bewertung) einsetzen/einführen/verwenden sollten. Ejemplos: Planos, Mapas, Tablas, Cuestionarios, Gráficos, etc.

FRAGEBOGEN ZUR SAMMLUNG VON FEEDBACK ZUM UNTERRICHT

Auf einer Skala von 0 bis 10, wie wahrscheinlich ist es, dass Sie diese Unterrichtsstunde anderen SchülerInnen und Schüler weiterempfehlen?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Überhaupt nicht wahrscheinlich Sehr wahrscheinlich

Warum haben Sie diese Punktzahl gewählt?

Wie können wir diese Lektion verbessern?

FRAGEBOGEN ZUR ERFASSUNG VON MESSUNGEN AN SOLARZELLEN

Füllen Sie Tabelle V.1.1 mit den Spannungs- und Strommessungen an einer Zelle aus.

	Volles Sonnenlicht	Schlechtes Licht
Voc		
Isc		

Tabelle V.1.1. Spannungs- und Strommessungen in einer Zelle

Füllen Sie Tabelle V1.2 aus. Mit den Spannungs- und Strommessungen an einer Zelle, die mit dem Fun

	Volles Sonnenlicht
Vload	
Iload	

Tabelle V.1.2. Spannungs- und Strommessungen an einer an den Fun angeschlossenen Zelle

Füllen Sie Tabelle V.1.3 mit den Leistungsberechnungen aus

$$Power = VxI$$

	V	I	Strom
Leistung max			
P aktuell			

Tabelle V.1.3. Ergebnisse der Leistungsberechnungen

Füllen Sie Tabelle V.1.4 mit den Wirkungsgradberechnungen aus

$$Efficiency(\%) = \frac{Pout}{Psun} x100$$

	Fläche (A)	Psun	Schmollmund	Wirkungsgrad (%)
Wirkungsgrad max				
Tatsächlicher Wirkungsgrad				

Tabelle V.1.4. Ergebnisse der Effizienzberechnungen

Füllen Sie Tabelle V.1.5 mit Spannungs- und Strommessungen an zwei Zellen in Reihe und parallel aus.

	Voc	Isc	Strom
Serie			

Parallel			

Tabelle V.1.5. Ergebnisse der Spannungs- und Strommessungen an zwei Zellen in Reihe und parallel

Unterstützendes Handbuch für Lehrkräfte

Messung der Spannung

Messen Sie die Leerlaufspannung (Voc) an der Solarzelle. Dies ist die Spannung, wenn kein Strom durch die Zelle fließt. Da kein Strom fließt, misst ein Voltmeter die Spannung des offenen Stromkreises.

Stellen Sie das Multimeter auf die ⎓ Gleichspannungsskala (V) ein, damit es einige Volt messen kann. Verbinden Sie den gemeinsamen Anschluss (COM) des Messgeräts mit dem negativen Anschluss der Solarzelle. Verbinden Sie dann den positiven Anschluss des Messgeräts mit dem positiven Anschluss der Solarzelle.

Kippen und richten Sie die Solarzelle aus, bis der höchstmögliche Spannungswert erreicht ist. Abbildung V.1.2 zeigt, wie das Multimeter anzuschließen ist, in diesem Fall hatten wir z. B. V = 5,68 Volt bei voller Sonneneinstrahlung.

Abbildung V.1.2. Messung der Spannung Voc

Wenn wir die Zelle auf den Kopf stellen, wenn sie kaum Sonnenlicht abbekommt, beträgt die gemessene Spannung in unserem Fall 3,80 Volt (Abbildung V.1.3)

Abbildung V.1.3. Spannungsmessung bei schlechtem Licht

Aktuelle Messung

Drehen Sie die Solarzelle wieder um, so dass das Licht direkt auf sie fällt, und stellen Sie das Messgerät auf "DC-Ampere" auf einer Skala ein, die einige Ampere Stromstärke misst. Verbinden Sie den gemeinsamen Anschluss (COM) des Messgeräts mit dem negativen Anschluss der Solarzelle. Verbinden Sie dann den positiven Anschluss des Messgeräts mit dem positiven Anschluss der Solarzelle. Beachten Sie, dass wir den Pluspol des Messgeräts an einen separaten Anschluss für die Ampere-Messung anschließen müssen.

Der maximale Strom, den eine Solarzelle erzeugen kann, tritt auf, wenn ein Draht über die Klemmen gelegt wird. Dies wird als Kurzschlussstrom oder Isc bezeichnet. Wie ein Draht hat auch ein Amperemeter einen sehr geringen Widerstand, so dass es eine Messung wie einen Kurzschluss registriert.

Siehe Abbildung V.1.4 für den Isc-Wert durch die Solarzelle. In unserem Aufbau hat die Solarzelle bei voller Sonneneinstrahlung Isc = 0,508 Ampere gemessen (Ihre Ergebnisse können abweichen).

Abbildung V.1.4. Messung des Stroms Isc

Versuchen Sie, die Solarzelle zu kippen. Wie verändert sich der Strom? Siehe Abbildung V.1.5.

Abbildung V.1.5. Strommessung Isc bei schlechtem Licht

Berechnung der Leistung

Verbinde die beiden Klemmen der Solarzelle mit den beiden Klemmen des Funs wie in Abbildung V.1.6 gezeigt. Drehen Sie die Solarzelle um und beobachten Sie, wie sich der Fun dreht, wenn er in der Sonne steht. Neige die Solarzelle, um die Geschwindigkeit des Funs zu maximieren, und kippe ihn dann von seiner maximalen Ausrichtung weg. (Achte darauf, dass du die Solarzelle nicht beschattest, während du sie hältst.) Beachte, dass die Gebläsegeschwindigkeit am größten ist, wenn die Solarzelle senkrecht zu einer Linie von der Sonne zur Solarzelle ausgerichtet ist.

Abbildung V.1.6. Anschluss der Zelle an den Ventilator

Messen Sie die Spannung am Motor, wenn er mit maximaler Drehzahl läuft, indem Sie das Messgerät so anschließen, wie Sie es für die Messung der Spannung voc getan haben. Diese Anordnung wird als Parallelschaltung des Messgeräts bezeichnet, wie in Abbildung V.1.7 dargestellt.

Stellen Sie dann das Multimeter auf Strommessung ein und verbinden Sie es in einer einzigen Schleife

Abbildung V.1.7. Spannung V bei Anschluss der Zelle an den Ventilator

mit dem Fun und der Solarzelle. Diese Anordnung wird als Reihenschaltung des Messgeräts bezeichnet (siehe Abbildung V.1.8.)

Abbildung V.1.8. Stromstärke I bei Anschluss der Zelle an den Ventilator

Leistungsberechnungen

Die Leistung einer Solarzelle ist das Produkt aus der Spannung über der Solarzelle mal dem Strom durch die Solarzelle.

$$Power = VxI$$

Die maximale theoretische Leistung unserer Solarzelle, Pmax, ist das Produkt aus Voc und Isc.

Pmax = 5,68 x 0,508 = 2,9 W

Die tatsächliche Leistung, Pactual, die von der Solarzelle an den Fun geliefert wird, ist in der Praxis gleich der Spannung über dem Fun, Vload, mal dem Strom durch den Fun, Iload.

Faktisch = 5,16 x 0,332 =1,7 W

Berechnen Sie den Wirkungsgrad der Solarzelle.

Der Wirkungsgrad einer Solarzelle ist das Verhältnis zwischen der an ihrem Ausgang gewonnenen elektrischen Leistung und der an ihrem Eingang empfangenen Sonnenenergie.

$$Efficiency(\%) = \frac{Pout}{Ps} x100$$

So berechnen Sie den Wirkungsgrad der Solarzelle:

Berechnen Sie zunächst die auf der Solarzelle ankommende Sonnenenergie, indem Sie die Sonnenintensität mit der Fläche der Solarzelle multiplizieren.

Die Intensität der Sonneneinstrahlung Si auf einer bestimmten Fläche der Erdoberfläche ist je nach Tageszeit und Himmelszustand unterschiedlich. In den mittleren Stunden des Tages bei klarem Himmel kann sie etwa 1000 Watt/m2 betragen. Dieser Wert wird zur Bestimmung des Wirkungsgrads und der Leistung von Solarmodulen verwendet.

Verwenden Sie ein Lineal, um die aktive Fläche A Ihrer Solarzelle zu messen (siehe Abbildung V.1.9).

Abbildung V.1.9. Größe der Solarzelle

Die Zellen in diesem Experiment waren 13 cm mal 15 cm groß.

$$A = 13\ cm \times 15\ cm = 195\ cm^2 = 0{,}0195\ m^2$$

Die von einer Zelle dieser Größe aufgefangene Sonnenenergie, P_s , beträgt

$$Ps = 1000\ W/m^2 \times A\ (m^2) = 1000 \times 0{,}0195 = 19{,}5\ W$$

Der maximale theoretische Wirkungsgrad der Solarzelle wird auf folgende Werte geschätzt

$$Efficiencia(\%) = \frac{Pmax}{Ps} x100 = \frac{2{,}9}{19{,}5} x100 = 14{,}9\%$$

Der tatsächliche Wirkungsgrad der Solarzelle bei der Stromerzeugung für den Spaß war:

$$Efficiencia(\%) = \frac{Pactual}{Ps} x100 = \frac{1{,}7}{19{,}5} x100 = 8{,}7\%$$

Maximieren Sie die Leistung

Eine wichtige technische Herausforderung besteht darin, die Energie, die mit Hilfe von Solarenergie zum Vergnügen geliefert wird, zu maximieren. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, besteht darin, zwei

Solarzellen in Reihe oder parallel zu kombinieren. Dies geschieht in einem Solarmodul, in dem mehrere Zellen kombiniert werden, um mehr Leistung zu erhalten.

Zwei Zellen in einer Reihe

Verbinden Sie den positiven Pol der einen Zelle mit dem negativen Pol der anderen. Messen Sie die Spannung an den beiden anderen Polen der Zellen (siehe Abbildung V.1.10).

Abbildung V.1.10. Spannungsmessung von 2 in Reihe geschalteten Zellen

Die Gesamtspannung ist die Summe der Spannungen der einzelnen Zellen, in diesem Fall waren es 11,42 Volt. Erinnern Sie sich daran, dass die zuvor gemessene Spannung an einer Zelle 5,68 Volt betrug.

Bei dieser Anordnung wechseln die Klemmen des Multimeters, um den Strom zu messen. Der Strom der Reihe ist gleich dem Strom einer Zelle. In diesem Experiment hatten wir 0,527 Ampere, nur ein bisschen mehr als der Isc-Strom, wegen der besseren sonnigen Bedingungen (Abbildung V.1.11).

Abbildung V.1.11. Die Strommessung von 2 in Reihe geschalteten Zellen

Die Leistung der 2 in Reihe geschalteten Zellen war also:

Leistungsreihe = 11,42 x 0,527 = 6 W

Da wir die doppelte Spannung haben, erhalten wir auch die doppelte Leistung.

Zwei parallel geschaltete Zellen

Verbinden Sie den Pluspol der einen Zelle mit dem Pluspol der anderen und den Minuspol der einen mit dem Minuspol der anderen. Schließen Sie dann das Multimeter parallel an, um die Spannung zu messen (siehe Abbildung V.1.12).

Abbildung V.1.12. Spannungsmessung von 2 parallel geschalteten Zellen

Die Spannung der Parallelschaltung betrug 5,55 Volt, was ungefähr dem Wert entspricht, den wir mit nur einer Zelle hatten.

Bei dieser Anordnung wechseln Sie die Klemmen des Multimeters, um den Strom zu messen. Der Strom der Parallelschaltung ist die Summe der Ströme der beiden Zellen. In diesem Experiment hatten wir 1,1 Ampere (Abbildung V.1.13).

Abbildung V.1.13. Die Strommessung von 2 parallel geschalteten Zellen

Die Leistung der 2 parallel geschalteten Zellen war also:

Leistung parallel = 5,55 x 1,1 = 6,1 W

Mit dieser Anordnung erhalten Sie wieder die doppelte Leistung.