

A5 Energie „gewinnen“

Teilexperiment A5.1 Solarzellen

Teilexperiment A5.2 Solarboot

1 Zentrale Fragestellung

Nachfolgend werden die handlungsleitenden Fragestellungen formuliert, die den Teilexperimenten zu Grunde liegen:

- Welche Spannungsquellen außer Batterien kennen die Schülerinnen und Schüler noch?
- Unter welchen Bedingungen liefern diese Quellen Strom, wann funktionieren sie nicht? (beide Teilexperiment 1)
- Was bedeutet dies für unser tägliches Leben? (Teilexperiment 1 und 2)
- Wie kann man Strom nutzen, um etwas zu bewegen (Prinzip der Energieumwandlung)? (Teilexperiment 2)

2 Hintergrund

2.1 Lehrplanrelevanz

Um den Schülerinnen und Schülern anschlussfähiges Wissen zu vermitteln, kommt man nicht umhin, elektrischen Strom mit (elektrischer) Energie in Verbindung zu bringen. Obwohl der Begriff Energie für die Schülerinnen und Schüler sehr abstrakt ist, kann er anhand einfacher Beispiele aus dem Alltag durchaus in der Grundschule eingeführt werden (siehe Abschnitt 4.1.3, Fachlicher Hintergrund). Die Lehrkraft hat daher die Aufgabe, eine korrekte Begriffsbildung zu initiieren. Die Schülerinnen und Schüler lernen, dass es unterschiedliche Energieformen gibt (Strahlungsenergie, Bewegungsenergie, chemische Energie, elektrische Energie usw.), die ineinander umgewandelt werden können. In den Experimenten dienen Solarzelle und Elektromotor als Beispiele für Energieumwandler.

Die gedankliche Auseinandersetzung mit einem Stromausfall oder die tatsächliche Erfahrung eines solchen und dessen Folgen zeigen den Schülerinnen und Schülern, dass Energie nicht jederzeit und überall in einer nutzbaren Form (wie z. B. als elektrische Energie) vorliegt. Zudem gehen die weltweiten Vorräte an fossilen Energieträgern wie Erdöl oder Erdgas, die durch Verbrennung in Kraftwerken elektrischen Strom bzw. Energie liefern, zur Neige. Für das heutige Leben in den industrialisierten Ländern ist jedoch die ständige Verfügbarkeit von elektrischer Energie eine Selbstverständlichkeit und eine Notwendigkeit (medizinische Versorgung, Verkehr usw.).

Viele Lehrpläne haben daher die Beschäftigung mit den Themen „Erneuerbare Energien“ und „konventionelle versus alternative Formen der Stromerzeugung“ gemeinsam; in manchen Lehrplänen wird sogar explizit ein Experiment mit Solarzellen vorgeschlagen.

Somit erhalten die Schülerinnen und Schüler nicht nur die Möglichkeit, die Grundprinzipien von Alltagstechniken – zum Beispiel Solarzellen, Windkrafträder und Wasserkraftwerke – kennenzulernen, sondern erfahren auch die Notwendigkeit, warum neue Techniken zur Energie „gewinnung“ erschlossen werden müssen.

Darüber hinaus wächst aufgrund des Erkennens der Energieproblematik und der damit notwendigen Auseinandersetzung mit neuen Formen der Energie „gewinnung“ eine Wertschätzung und Sensibilisierung für elektrischen Strom bzw. elektrische Energie. Daraus resultiert auch eine erste Orientierungshilfe für das eigene Handeln, zum Beispiel der bewusste und sparsame Umgang mit elektrischen Geräten.

Themen bzw. Begriffe

Energieform, Energiequelle, Energieumwandlung, Energiespeicherung, Energieträger, Energietransport, Fotovoltaik, Licht, Solarzelle, Sonnenenergie, Spannungsquelle, Strahlungsenergie

2.2 Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- wissen, dass Sonnenlicht eine Energieform ist, die von einer Solarzelle in elektrische Energie umgewandelt werden kann.
- kennen die notwendigen Bedingungen, unter denen eine Solarzelle funktioniert.
- wenden ihr Wissen praktisch an und bauen ein solarbetriebenes Gerät. Dabei greifen sie auf ihr Wissen über den Bau von Stromkreisen zurück und wenden es praktisch an.

3 Ergänzende Informationen zum Experiment

Zur Vorbereitung bzw. zur Vertiefung dieses Experiments finden Sie ergänzende Medien auf dem Medienportal der Siemens Stiftung: <https://medienportal.siemens-stiftung.org>

4 Durchführung

Hinweise zu den Materialien

- Die aufgelisteten Materialien sind ausgelegt für das Experimentieren **einer** Gruppe von maximal **fünf** Schülerinnen und Schülern.
- Einige der elektronischen Bauelemente können in unterschiedlichen Ausführungen vorliegen, wie z. B. Leitungen (Kabel mit Krokodilklemmen oder Schaltlitze), Lampen (Glühlampen oder LED), Schalter usw. Es steht Ihnen frei, alternativ zu den in der Materialliste angegebenen Materialien den Schülerinnen und Schülern auch andere, gleichwertige Bauelemente zur Verfügung zu stellen. Die Schülerinnen und Schüler können sich mit den verschiedenen Ausführungen beschäftigen, die Bauelemente ihrer Funktion zuordnen und sachgerecht einsetzen.
- Als Spannungsquellen werden bei Experimento | 8+ nur Batterien und Solarzellen verwendet. Diese sind aufgrund der geringen Gleichspannung für die Schülerinnen und Schüler ungefährlich.

4.1 Teilexperiment A5.1 Solarzellen

4.1.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Batterie	1
Elektromotor	1
Kabel mit Krokodilklemmen	2
Pflanzenclip	1
Propeller	1
Solarzelle	1

Material Zusatzexperiment	Anzahl
Gummiband	2
Kabel mit Krokodilklemmen	4
Pappe zum Montieren der Solarzellen	1
Solarzelle	2

4.1.2 Organisatorisches

Räumlichkeiten	Im Unterrichtsraum, an einem einfachen Tisch oder im Freien. Gute Beleuchtung ist erforderlich (Sonnenlicht oder Schreibtischlampe).
Zeitbedarf	ca. 45 Minuten
Durchführungsvarianten	Statt des Propellers kann auch eine Drehscheibe (mit kleinem Plastikadapter) verwendet werden.
Sicherheitshinweise	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Energie“ Die Solarzellen sind zerbrechlich. Nicht herunterfallen lassen!

4.1.3 Das Teilexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler betreiben einen Elektromotor mit einer Solarzelle und machen erste Erfahrungen mit dem Begriff „Energie“.

Fachlicher Hintergrund

In unserem Alltag ist elektrischer Strom untrennbar mit dem Begriff „Energie“ verbunden („Energieverbrauch“ von Haushaltsgeräten, Energiekosten, Energiewende, Strom aus erneuerbaren Energien usw.).

Elektrischer Strom und elektrische Energie sind aber nicht das Gleiche. Der elektrische Strom ist vielmehr das „Transportmittel“ für die elektrische Energie: Die elektrische Energie wird von den strömenden Ladungsträgern von einer Spannungsquelle (z. B. Batterie oder Solarzelle) durch den Leiter zum elektrischen Gerät (z. B. Glühlampe oder Elektromotor) transportiert. Dort wird die elektrische Energie umgewandelt und die Glühlampe leuchtet dann oder der Elektromotor dreht sich. Die Spannungsquelle ist also die Quelle der elektrischen Energie, die zum Gerät transportiert und dort in andere Energieformen gewandelt wird.

Der physikalische Energiebegriff ist sehr abstrakt und in der Grundschule nur schwer zu vermitteln. Vereinfacht kann man sich unter Energie die Fähigkeit eines Systems vorstellen, Arbeit zu verrichten oder einen Körper zu erwärmen. Energie ist die Voraussetzung dafür, dass ein Vorgang ablaufen kann. Ein Beispiel: Damit man mit einem Schlitten einem Berg hinunterfahren kann, muss man diesen erst einmal auf den Berg hinaufziehen. Man muss Arbeit leisten. Steht der Schlitten auf dem Berg, so ist die geleistete Arbeit als sog. Lageenergie gespeichert. Beim Herunterfahren wird diese Lageenergie in Bewegungsenergie umgewandelt.

Sowohl in diesem Beispiel aus der Mechanik als auch im vorliegenden Teilexperiment (einen Elektromotor mithilfe von Strom aus einer Solarzelle zum Drehen zu bringen) stecken zwei grundlegende Sachverhalte aus dem komplexen Themenbereich Energie, die als Einstieg in die Auseinandersetzung mit diesem Thema in der Grundschule gut geeignet sind:

- **Es gibt verschiedene Formen von Energie.**
Neben elektrischer und mechanischer Energie (z. B. Lageenergie, Bewegungsenergie) gibt es noch thermische Energie („Wärme“), Strahlungsenergie („Licht“), chemische Energie (in Treibstoff, Nahrungsmitteln, Batterien) usw.
- **Energie kann von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden.**
Mit sog. Energiewandlungsketten kann man die Prozesse beschreiben, die dazu führen, dass z. B. ein Elektromotor sich dreht oder eine Lampe leuchtet, wenn Strom hindurchfließt. Für das vorliegende Teilexperiment gilt die folgende Energieumwandlungskette:

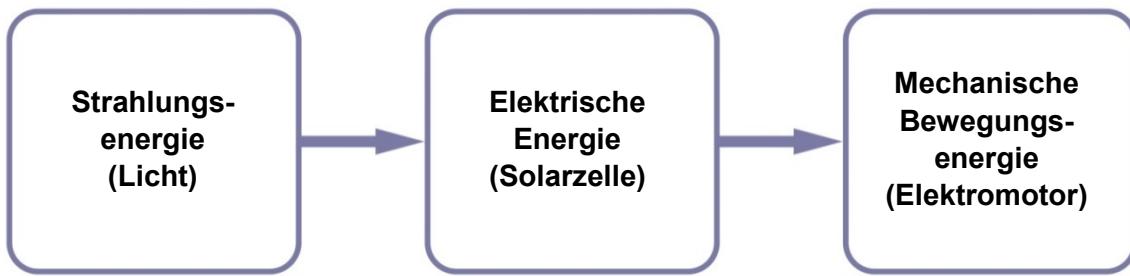


Abb. 1: Energieumwandlungskette Solarzelle – Elektromotor.

Die „Erzeugung“ elektrischer Energie (zentral in großen Kraftwerken oder dezentral beim Konsumenten vor Ort) und die damit verbundene Umwandlung in andere Energieformen, z. B. Licht oder mechanische Energie (Elektromotor) sind gesellschaftlich besonders relevant. Da elektrische Energie sehr gut über Kabel vom Ort der Bereitstellung (z. B. Kraftwerk) an den Ort der Nutzung (z. B. Haushalt) transportiert werden kann bzw. über Energiespeicher wie Batterien und Akkus überall hin mitgenommen werden kann, hat sich elektrische Energie als Nutzenergie in unserem Alltag manifestiert. Zudem bietet elektrische Energie die größte Vielfalt an direkter Anwendung, z. B. Licht, elektronische Geräte, Arbeitsmaschinen. Die Gesellschaft in den industrialisierten Ländern hängt von einer funktionierenden elektrischen Energieversorgung ab. (Gedankenspiel für die Schülerinnen und Schüler: Was würde alles nicht mehr funktionieren, wenn es keinen oder nicht genug Strom gäbe?)

Hinweise:

- Eine zusammenfassende Darstellung, wie Sie ein Basiskonzept Energie in der Grundschule einführen können, finden Sie im Handbuchordner in der Handreichung „Elektrischer Strom und Energie – Physikalische Grundlagen“, Kapitel 7.
- Die genaue Funktionsweise einer Solarzelle bzw. eines Elektromotors sind nicht Gegenstand des Teilexperiments, da es sich hierbei um sehr komplexe physikalische Sachverhalte handelt, die für die Grundschule nicht geeignet sind (Solarzelle: Halbleiterphysik; Elektromotor: Elektromagnetismus).
- Vertiefende Informationen zur Nutzbarkeit von Sonnenenergie sowie zu Speichermöglichkeiten finden Sie im Experiment B6 Erneuerbare Energien (Teilexperiment 1 und 2).

4.1.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen

Aus dem Alltag kennen die Schülerinnen und Schüler den Begriff Energie (Energiekosten, Energiewende, Energiesparen usw.) und wissen oft schon, dass etwas, das sich bewegt, Energie hat. Fragen Sie die Schülerinnen und Schüler, in welchen Zusammenhängen ihnen der Begriff „Energie“ schon im Alltag begegnet ist. Notieren Sie die Antworten (Tafel, Overhead o. Ä.) und ordnen Sie sie den Begriffen, die die naturwissenschaftlichen Inhalte beschreiben, die grundlegenden Sachverhalte „Energieform“ und „Energieumwandlung“ zu. Im Alltag wird der Begriff Energie oft auch im übertragenen Sinne verwendet (z. B. Lebensenergie, geistige Energie), ist aber meist mit dem naturwissenschaftlich-technischen Begriff nicht identisch.

Fragen Sie die Schülerinnen und Schüler nach verschiedenen Methoden zur „Gewinnung“ von elektrischer Nutzenergie (umgangssprachlich auch als „Strom“ bezeichnet), z. B. durch Wasser- oder Windkraft oder Sonnenenergie.

Für dieses Experiment sollten die Schülerinnen und Schüler bereits einen einfachen Stromkreis kennengelernt haben.

4.1.5 Der Forschungskreis

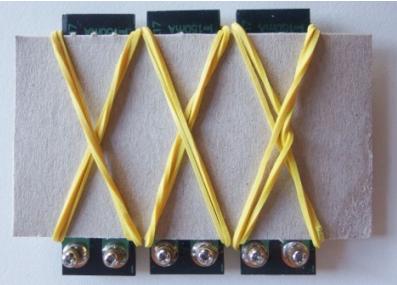
Wichtige Aspekte und Hinweise zu den einzelnen Prozessschritten des Forschungskreises im Experiment für Schülerinnen und Schüler:

Problem/Phänomen erkennen 	<p>Um beispielsweise elektrische Geräte oder ein Auto in Bewegung zu versetzen, benötigt man Energie. Neben Batterien oder Akkus, kann diese Energie zum Beispiel auch von Solarzellen geliefert werden.</p>
Die Forschungsfrage 	<p>Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Woran kannst du erkennen, dass eine Solarzelle Strom/Energie liefert? ▪ Warum funktionieren Solarzellen nur bei Sonnenschein?
Ideen und Vermutungen sammeln 	<p>Mögliche Vermutungen könnten sein:</p> <p>Zur Forschungsfrage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Das darf aber nur ein kleiner (schwacher) Motor sein.“ ▪ „Kann ich mit Solarzellen auch mein Handy laden?“ <p>Zum Experiment:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Ich verbinde Solarzelle und Elektromotor zu einem Stromkreis.“ ▪ „Eine Solarzelle liefert nur Strom/Energie, wenn Licht da ist.“ ▪ „Wenn nicht genügend Licht da ist, dreht sich der Motor nicht oder nur langsam.“ <p>Leiten Sie von den Vermutungen zum Experiment über.</p>
Experimentieren 	<p>Aufbau des Experiments:</p> <p>Vergleich Solarzelle – Batterie: Beide haben eine Polung (Plus, Minus)</p> <p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sollte sich der Motor nicht drehen: Falsche Verkabelung, zu schwache oder ungleichmäßige Beleuchtung der Solarzelle. ▪ Messtabelle: Es sind mehrere Orte und Beleuchtungsverhältnisse vorgegeben, für die Messungen durchzuführen sind. Es müssen nicht alle Messungen durchgeführt werden, aber wenigstens sollte eine Messung bei guten Beleuchtungsverhältnissen und eine im abgedunkelten Raum durchgeführt werden. Es ist auch noch Platz für eigene Ideen (z. B. Abschattung der Solarzelle mit der Hand).
Beobachten und dokumentieren 	<p>Wichtigste Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Motor dreht sich rechts oder links herum. ▪ In Abhängigkeit der Beleuchtung dreht sich der Motor mal schneller, mal langsamer oder gar nicht (dann ist die Beleuchtung zu schwach). Im grellen Sonnenlicht dreht er sich am schnellsten usw.

Auswerten und reflektieren 	<p>Zu erwartende Ergebnisse:</p> <ol style="list-style-type: none">1. „Das hängt davon ab, welches Kabel des Elektromotors an welchen Pol der Solarzelle angeschlossen wurde.“ (Vertiefung der Erkenntnis, dass elektrischer Strom eine Richtung hat.)2. „Je mehr Licht auf die Solarzelle trifft, desto mehr Strahlungsenergie wird in der Solarzelle in elektrische Energie (Strom) umgewandelt und desto schneller dreht sich der Motor/Propeller.“ oder „Im Dunkeln dreht sich der Motor gar nicht.“ (Hinweis: Von den Ankreuz-Antworten sind alle richtig, bis auf die Antwort „Die Kabel sind falsch angeschlossen.“) <p>Transfer: Die Solarzelle liefert nur dann Energie, wenn genügend Licht vorhanden ist. Fragen Sie die Schülerinnen und Schüler danach, wie man Strom aus Solarzellen auch nutzen kann, wenn bedingt durch Wetter, Tages- und Jahreszeit nicht genügend Licht zur Verfügung steht (Transport und Speicherung).</p> <p>Rückbezug zur Anlassgeschichte: Du hast jetzt gelernt, wie Sonnenenergie in Form von Solarstrom elektronische Geräte, wie eure Waschmaschine antreiben kann. Allerdings klappt das nur, wenn die Sonne scheint. Deren Energie wird von den Solarzellen aufgenommen. In den Solarzellen wiederum wird diese Energie in elektrische Energie umgewandelt.</p>
--	---

4.1.6 Weiterführende Informationen

In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

<p>So kannst du weiterforschen</p> 	<p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Um die Verkabelung mehrerer Solarzellen zu vereinfachen, empfiehlt es sich, diese auf ein Stück Pappe zu montieren. Achten Sie darauf, dass sich die angeschlossenen Krokodilklemmen nicht berühren (Kurzschluss!). <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Abb. 2: Auf Pappe montierte Solarzellen (Rückansicht).</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Abb. 3: Auf Pappe montierte Solarzellen (Vorderansicht).</p> </div> </div> <p>Zu erwartende Ergebnisse:</p> <p>Durch die Zusammenschaltung von Solarzellen in Reihe und parallel erkennen die Schülerinnen und Schüler weitere Gemeinsamkeiten zwischen Batterie und Solarzelle.</p> <ul style="list-style-type: none"> Reihenschaltung: Mehr Spannung, Motor dreht sich <u>schneller</u> als bei einer Solarzelle. Parallelschaltung: Gleiche Spannung, Motor dreht sich <u>nicht schneller</u>. Die Solarzellen verhalten sich beim Zusammenschalten wie Batterien. (Reihenschaltung von Batterien: Lampen leuchten heller als im Stromkreis mit einer Batterie, Parallelschaltung: Lampen leuchten gleich hell.)
---	--

Sonstiges

Zusammenfassung der Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Batterie und Solarzelle:

Eigenschaft	Batterie	Solarzelle
Polung (Plus/Minus)	ja	ja
Verfügbarkeit	immer (solange Batterie „voll“ bzw. geladen)	eingeschränkt (nur, wenn beleuchtet)
Energievorrat	begrenzt (Batterie kann „leer“ bzw. entladen sein)	nahezu unbegrenzt (wenn beleuchtet)
Energiespeicher	ja (chemische Energie kann in elektrische Energie umgewandelt werden)	nein (funktioniert nur, wenn Licht darauf scheint)

Das wesentliche Problem der Nutzbarkeit von Sonnenenergie besteht darin, dass sie nicht immer zur Verfügung steht. Es gibt aber verschiedene Möglichkeiten, die Sonnenenergie in andere Energieformen umzuwandeln, die dann gespeichert werden können:

- Die elektrische Energie aus Solarzellen kann als chemische Energie in Akkumulatoren (aufladbare Batterien), Redox-Flow-Zellen oder zur elektrolytischen Zersetzung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff genutzt werden. Der Wasserstoff kann dann gespeichert werden und bei Bedarf z. B. in Brennstoffzellen zur Stromerzeugung eingesetzt werden.
- Die thermische Energie aus Sonnenkollektoren kann in Temperaturspeichern (Erwärmen von Wasser, Stein, Beton usw.) oder in sog. Latentwärmespeichern (Phasenübergänge, z. B. Salzschmelze) gespeichert werden. Die thermische Energie der Sonne, ihre Eigenschaften und Speichermöglichkeiten sind Thema zweier Teilexperimente aus dem Experiment B6 Erneuerbare Energien von Experimento | 8+.
- Bei Stromüberschuss wird in einem Pumpspeicherkraftwerk Wasser in einen Speichersee hochgepumpt. Bei Strombedarf fließt das Wasser wieder herunter und betreibt eine Turbine zur Stromgewinnung mit einem Generator.

4.1.7 Wertesbezug

<p>Deine Meinung ist gefragt</p> 	<p>Bei der Diskussion um Werte in diesem Experiment kann die Lehrkraft einen Impuls geben oder eine Dilemmageschichte erzählen. Beides dient als Hinführung zu einer Reflexionsdiskussion. Wichtig ist, dass der Bezug zu Werten im Experiment hergestellt werden kann. Entweder können lernprozessbezogene Werte (z. B. zuverlässiges Arbeiten in Gruppen) oder gegenstandsbezogene Werte (z. B. Umgang mit der Ressource Papier) diskutiert werden. In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler werden für A5.1 Solarzellen gegenstandsbezogene Werte angesprochen.</p> <p>Gegenstandsbezogenes Dilemma:</p> <p>Am Ende der Anleitung für Schülerinnen und Schüler lässt sich ein gegenstandsbezogenes Dilemma zu den Werten Umweltbewusstsein (sorgfältig mit der Umwelt umgehen), Verantwortungsübernahme oder Offenheit einbauen. Die Schülerinnen und Schüler sollen ihre Meinungen dazu äußern.</p> <p>Solarzellen-Dilemma: Beim Abendessen reden deine Eltern über die Solarzellen auf den Dächern der Nachbarn. Dein Vater sagt, dass das Haus der Nachbarn jetzt überhaupt nicht mehr schön aussieht: „Wer möchte denn solche Platten auf dem Dach? Das sieht hässlich aus.“ Deine Mutter meint: „Ich sehe das anders. Ich finde Solarzellen gut und würde die gerne auf dem Dach haben.“</p> <p>Überlege dir: Wie siehst du das?</p>
---	---

Mögliche Äußerungen der Schülerinnen und Schüler für und gegen Solarzellen:	
Gründe für Solarzellen	Gründe gegen Solarzellen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sie erzeugen Wärme und Strom. ▪ Sie stellen eine saubere Energiequelle dar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sie schauen nicht schön aus. ▪ Sie kosten viel Geld. ▪ Sie bringen nur bei Sonnenschein etwas.
Ziel:	
<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen darüber reflektieren, wie sie sorgfältig mit der Umwelt umgehen bzw. inwiefern sie Verantwortung für die Umwelt übernehmen und offen mit erneuerbaren Energien umgehen. Dabei werden die Werte Umweltbewusstsein (sorgfältig mit der Umwelt umgehen), Verantwortungsübernahme und Offenheit angesprochen.</p>	
Alternative:	
<p>Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Geschichte sind auch Impulsaussagen oder Impulsfragen geeignet, um eine Diskussion anzuregen. Die Werte bleiben gleich.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impulsbild: 	
	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impulsfrage: Was sind die Vorteile von Solarzellen? 	
Hinweise:	
<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen über Werte reflektieren und ihre Meinungen vertreten. Es kann sein, dass mehrere Werte angesprochen werden.</p>	

4.1.8 Technikbezug

In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

Der Technik auf der Spur	<p>In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler werden zwei Fotos gezeigt</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ als Alltagsbezug: Fotovoltaik-Anlage auf einem Hausdach ▪ als weiterführende Idee: Fahrraddynamo. <p>Die Schülerinnen und Schüler sollen sich mit deren Einsatzzweck und Funktionsweise auseinandersetzen. Dazu werden Hilfsfragen und Tipps angeboten.</p>
---------------------------------	---

Die Umstellung auf erneuerbare Energien ist ein wichtiges Thema und die Fotovoltaik-Module sieht man auf vielen Dächern. Der Bezug zwischen dem Alltagserleben und den Solarzellen-Experimenten, die die Schülerinnen und Schüler hier kennengelernt haben, ist also besonders stark. Über die physikalische Funktionsweise der Solarzellen wissen die Schülerinnen und Schüler sehr wenig und sie kann auf dieser Stufe des Schulunterrichts auch nicht restlos erklärt werden. Wichtig ist die Vermittlung des Energie-Umwandlungsprinzips: Energie wird nicht erzeugt oder verbraucht, sondern umgewandelt. Man kann die Energieumwandlung in der Solarzelle z. B. analog zum Stein auf dem Berg erklären: So wie der auf den Berg unter Arbeitsaufwand hinaufgetragene Stein wieder runterrollen kann, so befördert die Strahlungsenergie die Ladungsteilchen (Elektronen) in der Solarzelle auf ein höheres Energieniveau. Nun können sie im Stromkreis fließen, haben Energie und können Arbeit verrichten (z. B. Elektromotor antreiben).

Auch den Fahrraddynamo kennt jedes Kind. Doch der Lehrer sollte darauf hinweisen, dass er in modernen Rädern oft „unsichtbar“ in der Vorderradnabe integriert ist. Die im Lösungsblatt gebotene Erklärung ist ausreichend und gut verständlich.

Wichtig sind folgende Hinweise:

- Die Energieumwandlung erfolgt von mechanischer Energie in elektrische Energie.
- Das gleiche Prinzip wird in großen Generatoren in Kraftwerken zur Stromerzeugung angewandt.

Die Lösungen zu den in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler gestellten Fragen entnehmen Sie bitte dem Lösungsblatt im Handbuchordner. Im Medienpaket „Experimento | 8+: Der Technik auf der Spur“, das auf dem Medienportal vorhanden ist, finden Sie weitere fachliche Informationen in einer Sachinformation und einer Linkliste zusammengestellt. In diesem Medienpaket sind auch der Arbeitsauftrag als ausgearbeitetes Arbeitsblatt und die einzelnen Fotos vorhanden.

Sonstiges

Außer den beiden Beispielen gibt es noch viele Möglichkeiten der Energieumwandlung. Die Schülerinnen und Schüler könnten den Auftrag bekommen, andere zu finden (z. B. Wärme in mechanische Arbeit wie beim Automotor). Auch die Recherche, welche Kraftwerkstypen es gibt, wäre eine lohnende Aufgabe.

4.2 Teilexperiment A5.2 Solarboot

4.2.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Abisolierzange	1
Druckschalter	1
Elektromotor	1
Federstahlklammer	1
Gummiband	3
Kabel mit Krokodilklemmen	2
Kunststoffflasche, 1,5 Liter	2
Paketklebeband, klar	1
Pappe*	1
Propeller	1
Schaltlitze	3 Stück
Schere	1
Solarzelle	3
Wanne oder tiefes Backblech	1
Wasser (zum Befüllen der Wanne)	mehrere Liter

* Die Pappe muss groß genug sein, damit sie sowohl für die Montage der Solarzellen als auch aller Materialien auf den Plastikflaschen reicht. DIN A4 sollte ausreichen.

4.2.2 Organisatorisches

Räumlichkeiten	Im Unterrichtsraum, an einem einfachen Tisch oder im Freien. Gute Beleuchtung ist erforderlich (Sonnenlicht oder Schreibtischlampe). Wettrennen der Boote: im Freien (kleiner Teich o. Ä.)
Zeitbedarf	ca. 60 Minuten
Durchführungsvarianten	Sollten die Beleuchtungsverhältnisse für den Betrieb der Solarzellen nicht ausreichen, so kann auch ein gefüllter Batteriehalter als Ersatz für die Solarzellen verwendet werden. Auch mit der Batterie kann das Prinzip der Energieumwandlung nachvollzogen werden.
Sicherheitshinweise	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Energie“ Die Solarzellen sind zerbrechlich. Nicht herunterfallen lassen!

4.2.3 Das Teilexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler bauen ein Boot, das sich mit elektrischer Energie fortbewegt, die mithilfe von Solarzellen gewonnen wird.

Fachlicher Hintergrund

Die Sachverhalte zu Energieformen und Energieumwandlung werden hier weiter vertieft (siehe Abschnitt 4.1.3), ebenso die Kombination von Spannungsquellen (siehe Experiment A4).

Im Experiment wird der am weitesten verbreitete Solarzellentyp, eine polykristalline Silizium-Solarzelle, verwendet. Sie liefert aber nur eine niedrige Spannung (0,5 V). Um höhere Spannungen zu erzielen, werden daher drei Solarzellen zu einem kleinen Solarmodul in Reihe

zusammenschaltet. Bei technischen Anwendungen sind solche Solarmodule in der Regel für 12 Volt ausgelegt. Noch höhere Spannungen erzielt man, indem man Module in Reihe zusammenschaltet (z. B. auf Hausdächern oder in Solarparks). Größere Ströme erhält man durch das Parallelschalten von Modulen.

Wie viel Spannung die Solarzelle liefert, hängt außer vom Material, aus dem die Solarzelle ist, von folgenden Faktoren ab:

- Beleuchtungsstärke (sollte möglichst groß sein)
- Abstand der Lichtquelle von der Solarzelle (bei künstlichen Lichtquellen sollte er möglichst gering sein, bei Sonnenlicht spielt das aufgrund der extrem großen Entfernung der Sonne von der Erde keine Rolle)
- Einfallswinkel des Lichts (Lichtstrahlen sollten möglichst senkrecht auftreffen).

4.2.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen

Die Schülerinnen und Schüler kennen häufig solarbetriebene Kleingeräte wie z. B. Taschenrechner oder Spielzeuge wie Autos, Windräder, Tiere. Fotovoltaikanlagen auf Dächern oder Feldern gehören heutzutage schon fast überall zum Landschaftsbild.

Für dieses Experiment sollten die Schülerinnen und Schüler zuvor bereits einen eigenen Stromkreis konstruiert haben.

4.2.5 Der Forschungskreis

Wichtige Aspekte und Hinweise zu den einzelnen Prozessschritten des Forschungskreises im Experiment für Schülerinnen und Schüler:

Problem/Phänomen erkennen 	In diesem Experiment geht es darum, das erworbene Wissen über Stromkreise und Spannung mit regenerativen Energien anzuwenden und ein Solarboot zu bauen.
Die Forschungsfrage 	Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forscherfrage sind folgende Alternativen möglich: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wie kannst du überprüfen, ob eine Solarzelle Energie liefert? ▪ Woran erkennst du, dass eine Solarzelle Energie liefert?
Ideen und Vermutungen sammeln 	Mögliche Vermutungen könnten sein: Zur Forschungsfrage: <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Das Boot muss leicht sein.“ ▪ „Die Solarzellen müssen ganz oben angebracht sein.“ ▪ „Die Kraft der Solarzellen reicht nicht, um den Motor anzutreiben.“ Zum Experiment: <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Ich baue einen Stromkreis aus Solarzelle und Motor.“ ▪ „Die Solarzellen liefern nur genügend Strom/Energie für den Motor, wenn ausreichend Licht vorhanden ist.“ ▪ „Das Boot kann rückwärts oder vorwärts fahren. Die Fahrtrichtung hängt davon ab, wie die Solarzellen mit dem Motor angeschlossen sind.“ Leiten Sie von den Vermutungen zum Experiment über.

Experimentieren 	<p>Aufbau des Experiments:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anschluss des Motors an die Solarzellen: Auf die Polung achten, sonst fährt das Boot rückwärts. ▪ Zusammenschalten der Solarzellen: Schaltlitze verwenden. ▪ Weisen Sie die Schülerinnen und Schüler auf die unterschiedlichen Arten der Verkabelung der Solarzellen hin (in Reihe oder parallel, siehe Experiment A4 bzw. A5.1). ▪ Die Flaschen können mit Gummiband oder Klebeband zusammengebaut werden. Leisten Sie gegebenenfalls Hilfestellung bei der Montage der Einzelteile auf die Flaschen. ▪ Durch den Schalter können die Schülerinnen und Schüler am Solarboot arbeiten, ohne die Kabel von den Solarzellen abzuklemmen. ▪ Weisen Sie die Schülerinnen und Schüler darauf hin, dass die elektrischen Bauteile (Motor, Kabel usw.) möglichst nicht nass werden sollen. <p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ „Wasserstraße“ für das Boot: z. B. eine mit Wasser gefüllte Waschwanne oder ein hohes Backblech. ▪ Die Schülerinnen und Schüler sollen vor allem kreativ werden und eigenständig ausprobieren, welche zahlreichen Möglichkeiten ihnen selbst ein eng begrenztes Materialangebot bietet. Die Gruppen tauschen sich aus und teilen ihre Ideen.
Auswerten und reflektieren 	<p>Zu erwartende Ergebnisse: (Lösung Satzreihenfolge)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sonnenlicht scheint auf die Solarzelle. 2. Die Solarzelle wandelt die Energie des Sonnenlichts in elektrische Energie um. 3. Der Elektromotor wandelt die elektrische Energie in Bewegungsenergie des Propellers um. 4. Der Propeller dreht sich und drückt die Luft nach hinten weg. 5. Das Boot fährt los. <p>Rückbezug zur Anlassgeschichte:</p> <p>Du weißt jetzt, dass du euer Solarboot so bauen musst, dass die Solarzellen nach oben zeigen, damit die Sonne darauf scheinen kann. Nur dann sind die Solarzellen in der Lage, die Energie der Sonne aufzunehmen und in elektrische Energie umzuwandeln.</p>

4.2.6 Weiterführende Informationen

In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

So kannst du weiterforschen 	<p>Das Wettrennen hat den Zweck, dass die Gruppen ihre Konstruktionen vergleichen und aus den Ideen der anderen lernen. Für das Wettrennen sollte ein nicht zu großes Gewässer ausgewählt werden, z. B. ein Schulteich oder das Schwimmbad.</p> <p>Warum sind z. B. manche Boote schneller als andere?</p> <p>Mögliche Ursachen:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Solarzellen wurden mal in Reihe, mal parallel verkabelt.▪ Solarzellen sind leicht schräg gestellt und stehen mit einer größeren Fläche zur Sonne und „erzeugen“ deshalb mehr Energie.
---	---

Sonstiges

Die Schülerinnen und Schüler überlegen, welche solarbetriebenen Geräte praktisch oder wünschenswert wären und sammeln Ideen zur Konstruktion. Als Hausaufgabe oder innerhalb einer Projektwoche können dann komplexere Objekte als das Solarboot gebaut werden.