

## B6 Erneuerbare Energien

Teilexperiment B6.1 Die Energie der Sonne als Wärme nutzen (1)

Teilexperiment B6.2 Die Energie der Sonne als Wärme nutzen (2)

Teilexperiment B6.3 Die Energie des Wassers nutzen

Teilexperiment B6.4 Die Energie des Windes nutzen

### 1 Zentrale Fragestellung

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

- Was sind erneuerbare Energien?
- Welche Energieumwandlungen werden im Alltag eingesetzt?
- Was ist Sonnenenergie?
- Was ist Wasserkraft?
- Wie arbeitet ein Windrad?

### 2 Hintergrund

#### 2.1 Lehrplanrelevanz

Das Thema Energie im Bereich der Umweltversuche wird unter dem Aspekt der Bildung für nachhaltige Entwicklung aufgegriffen und gewinnt in Bezug auf den Umweltschutz heutzutage eine sehr wichtige Bedeutung. Dabei sind es vor allem die Stichworte „Ressourcenarmut“ und „Erneuerbare Energien“, die immer mehr in den Mittelpunkt rücken.

Um sich diesem komplexen Thema anzunähern, ist es wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler die unterschiedlichen Formen der Energieumwandlung kennen. Hierfür legen alle vier Teilexperimente einen Grundstein.

Wichtig ist es außerdem, praxisnah zu arbeiten. Die selbsttätig gebauten Modelle der einzelnen Teilexperimente ermöglichen, dass die Schülerinnen und Schüler eigene Erfahrungen vertiefen und neue Erfahrungen gewinnen.

#### Themen und Begriffe

Absorption, erneuerbare (regenerative) Energien, Energieumwandlung, Energiespeicher, Fossile Brennstoffe, Solarthermie, Sonnenenergie, Sonnenkraftwerk, Wasserkraft, Windkraft, Windrad

#### 2.2 Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- verstehen, dass Sonne, Wind und Wasser als Energiequellen für die nachhaltige Energieversorgung von großer Bedeutung sind.
- analysieren, welche Faktoren die Nutzung dieser Energiequellen beeinflussen.
- erkennen die Funktionsweisen der Techniken zur Nutzung der Sonnenenergie, Wind- und Wasserkraft.
- erkennen, auf welche Energiequelle diese erneuerbaren Energien zurückgeführt werden können.

## 2.3 Vorabinformation zu erneuerbaren Energien

Streng wissenschaftlich gesehen, ist der Name erneuerbare Energien bzw. regenerative Energien falsch. Energie kann weder erzeugt, noch verbraucht, also auch nicht erneuert werden. Energie kann nur umgewandelt werden.

Die Energie für das Leben auf der Erde stammt im Wesentlichen aus zwei Hauptquellen: Der Sonne und der (tiefen) Geothermie. Diese Energiequellen sind nach menschlichen Maßstäben so zu sagen unerschöpflich.

Die Strahlungsenergie der Sonne kann zum einen direkt genutzt werden: In sog. Solarthermieanlagen (siehe Teilerperiment 1 und 2) oder mittels Solarzellen bzw. Fotovoltaikanlagen (siehe Experimento | 8+ A5 Solarzellen). Indirekt wird die Sonnenenergie über die im Wasser oder Wind vorhandene Energie genutzt, da die Sonne die Ursache für die Bewegung des Wassers (siehe Experimento | 8+ B1 Wasserkreislauf) bzw. der Luftschichten (siehe Experimento | 8+ B4 Wind) ist. So gesehen kann man diese Energien also zu Recht als sich erneuernd bezeichnen. Wasser- und Windenergie werden in den Teilerperimenten 3 und 4 näher untersucht. Einen Sonderfall stellt die Biomasse dar: Sie zählt auch zu den erneuerbaren Energien und ist der einzige Fall, in dem Sonnenenergie, nachdem sie durch die Fotosynthese in chemische Energie umgewandelt wurde, von Natur aus in gespeicherter Form vorliegt.

Die Hauptquelle für regenerative Energien auf der Erde ist also die Sonnenstrahlung. Messungen außerhalb unserer Atmosphäre ergeben, dass die Sonne auf die Erde 1,37 Kilowatt pro Quadratmeter einstrahlt ( $1,37 \text{ kW/m}^2$ ). Auf der Erdoberfläche kommen (bei senkrechtem Einfall des Sonnenlichts) ungefähr  $1 \text{ kW/m}^2$  an – also der größte Teil dieser Energie. Nimmt man weiterhin die Zahl der Stunden pro Jahr ( $8.760 \text{ h/a}$ ), lässt sich feststellen, dass die Sonne eine Energiemenge von jährlich ca.  $8.760 \text{ kWh/m}^2$  spendet. Natürlich scheint die Sonne nicht 24 Stunden am Tag immer auf denselben Ort. Auch ist ein großer Teil der Erdoberfläche für die Nutzung von Sonnenenergie durch Fotovoltaik bzw. Solarthermie wenig geeignet.

Ein durchschnittlicher 4-Personen-Haushalt in Deutschland benötigte im Jahr 2014 ca. 4.400 kWh an elektrischer Energie (Quelle: „Stromspiegel 2014“, Bundesumweltministerium et al.), also weniger als die Hälfte von dem, was die Sonne auf jeden einzelnen Quadratmeter strahlt. Aus dem gesamten jährlichen Stromverbrauch eines Landes und unter Berücksichtigung der technischen Rahmenbedingungen, wie z. B. Wirkungsgrad der Solarzellen oder optimale Ausrichtung zur Sonne, kann man berechnen, wie groß die Gesamtfläche an Solarzellen sein müsste, um den gesamten Strombedarf eines Landes rein mit Fotovoltaik zu decken. Für Deutschland liefert die Berechnung, ausgehend von einer Bruttostromerzeugung von 634 TWh im Jahr 2013 (Quelle: Umweltbundesamt) eine Solarzellenfläche von 1,5 – 6 % der Gesamtfläche Deutschlands. Das erscheint auf den ersten Blick viel. Wenn man aber bedenkt, wie viel Fläche in Deutschland bereits bebaut ist, und dass man auch die Fassaden und Dächer von Fabrikhallen, Bürogebäuden usw. nutzen könnte, ist es wenig. Allerdings müsste für die ausschließliche Stromversorgung über Fotovoltaik auch für eine ausreichende Zwischenspeicherungskapazität gesorgt werden.

Gerade im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien ist Energiespeicherung ein wichtiges Thema. Sonne und Wind stehen nicht immer zur Verfügung. Wasser mit seiner Energie stand bislang bei den meisten Wasserkraftwerken kontinuierlich zur Verfügung. Doch in Zeiten des Klimawandels mehren sich Niedrigwasser- und Hochwasserzeiten, sodass oft nicht mehr genug Wasser zur Verfügung steht bzw. zu viel vorhandenes Wasser ungenutzt bleiben muss.

Es gibt zwei Gründe warum vermehrt erneuerbare Energien genutzt werden:

- Der eine ist der Treibhauseffekt bzw. der Klimawandel. Um diesen abzubremesen, müssen die Emissionen des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), das vor allem aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe stammt, stark abgesenkt werden.
- Der zweite Grund ist, dass die fossilen Energieträger immer knapper werden. Es hat den Anschein, als reichten die Ressourcen noch sehr lange, aber alle leicht und kostengünstig abbaubaren Lagerstätten sind zunehmend erschöpft und das Risiko und die Kosten des weiteren Abbaus steigen überproportional an. Das macht diese Energieträger bereits mittelfristig unbezahlbar. Wind und Sonne hingegen stehen kostenfrei zur Verfügung.

### 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:

- Die aufgelisteten Materialien sind ausgelegt für das Experimentieren **einer** Gruppe von maximal **fünf** Schülerinnen und Schülern.
- Begriffsklärung: Der Begriff „Kraftwerk“ ist historisch bedingt. Der Sache nach handelt es sich um Energieumwandlungsanlagen. In einem Wasserkraftwerk z. B. wird die Bewegungsenergie des Wassers in elektrische Energie umgewandelt.
- Das Energiekonzept, das diesen Telexperimenten zugrunde liegt, wird ausführlich im Sachtext „Elektrischer Strom und Energie – Physikalische Grundlagen und Modelle“ (Kapitel 7 ff.) erläutert, der im Handbuchordner zu Experimento | 8+ vorhanden ist.
- Das Thema Energiespeicherung wird in den fachlichen Hintergrundinformationen für die Lehrkraft erklärt, so wie es in Zusammenhang mit erneuerbaren Energien relevant ist. In den Experimenten für Schülerinnen und Schüler wird Energiespeicherung nicht thematisiert.

#### 4.1 Telexperiment B6.1 Die Energie der Sonne als Wärme nutzen (1)

##### 4.1.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Klebefilm	1
Plastikflasche mit Deckel	2 pro Gruppe
Thermometer	1
Tonpapier, weiß	1
Tonpapier, schwarz	1
Wasser, handwarm	Ausreichend zum Befüllen beider Flaschen

#### 4.1.2 Organisatorisches

<b>Räumlichkeiten</b>	Im Unterrichtsraum, an einem sonnenbeschienenen Fensterbrett oder im Freien (direkte Sonnenstrahlung nötig).
<b>Zeitbedarf</b>	ca. 45 Minuten Die Teilerperimente B6.1 und B6.2 werden idealerweise direkt aufeinanderfolgend durchgeführt (in Summe 90 Minuten). Je nach Intensität der Sonnenstrahlung sind die beiden Experimente möglicherweise erst nach Ablauf einer Unterrichtsstunde wirklich erfolgreich.
<b>Sicherheitshinweise</b>	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Umwelt“
<b>Aufräumen</b>	Die Plastikflaschen sollten recycelt werden.

#### 4.1.3 Das Teilerperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler erfahren, welche Körperfarbe die Sonnenstrahlung am besten absorbiert. Sie wenden diese Erkenntnis an, um Wasser mithilfe von Sonnenlicht und schwarzem Papier zu erwärmen.

#### Fachlicher Hintergrund

Das Sonnenlicht wird vom schwarzen Papier absorbiert. Dabei wird die Strahlungsenergie des Lichts im Papier in Wärmeenergie umgewandelt. Diese Wärme wird durch die Wand der Plastikflasche in das Wasser transportiert. Der Wärmetransport erfolgt durch Stöße der Moleküle im schwarzen Papier mit den Molekülen in der Wand der Plastikflasche. Diese wiederum stoßen sich mit den Wassermolekülen (Prinzip der Wärmeleitung). Zusätzlich erfolgt die Verteilung der Wärme durch Umwälzung im Wasser (sog. Konvektion). Darüber hinaus sendet das warme schwarze Papier selbst elektromagnetische Strahlung im langwelligen Bereich aus (Prinzip der Temperatur- bzw. Schwarzkörperstrahlung). Diese langwellige Strahlung wird bevorzugt vom Wasser absorbiert, wodurch es sich zusätzlich erwärmt.

Eine technische Anlage, die nach diesem Prinzip Sonnenenergie in Wärme umwandelt, nennt man **Sonnenkollektor**. Man findet sie z. B. auf Hausdächern zum Erwärmen des Brauchwassers im Haushalt. So ein Sonnenkollektor kann ein einfaches schwarzes Fass sein oder eine High-Tech-Anlage mit metallic-schwarzen Absorberrohren unter einer Glasfläche.





Die in diesem Teilerperiment angewandte Methode kann aber auch zum Zwecke der Speicherung von Sonnenenergie eingesetzt werden. Neben Wasser werden auch Stein, Beton oder Ziegel als Wärmespeicher verwendet. (Weitere Speichertechnologien siehe Kapitel 4.2.3.)



#### 4.1.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen

Die Schülerinnen und Schüler können davon berichten, wo sie im Alltag von der Sonne erhitze Flächen erlebt haben. Die Schülerinnen und Schüler haben gegebenenfalls die Erfahrung gemacht, dass sie im Sommer beim Tragen dunkler Kleidungsfarben schneller ins Schwitzen kommen als beim Tragen heller Farben. Beim Urlaub in südlichen Ländern haben sie vielleicht schon gesehen, dass auf Hausdächern schwarze Tonnen angebracht sind. Sie dienen der Wassererwärmung.

### 4.1.5 Der Forschungskreis


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

<b>Problem/Phänomen erkennen</b> 	<p>In diesem Experiment erfahren die Schülerinnen und Schüler, wie Sonnenlicht Wasser erwärmen kann.</p>
<b>Die Forschungsfrage</b> 	<p>Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Warum tragen wir im Winter dunkle Kleidung?</li> <li>▪ Warum sind Häuser in südlichen Ländern weiß gestrichen?</li> </ul>
<b>Ideen und Vermutungen sammeln</b> 	<p>Mögliche Vermutungen könnten sein:</p> <p><b>Zur Forschungsfrage:</b>          „Das Erwärmen von Wasser ohne Strom ist nicht möglich.“</p> <p><b>Zum Experiment:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ „Wasser lässt sich mit der Hilfe von Papier erwärmen.“</li> <li>▪ „Das Wasser in den Flaschen wird nur sehr langsam warm.“</li> <li>▪ „Die Farbe vom Papier macht keinen Unterschied bei der Erwärmung.“</li> <li>▪ „Die Sonneneinstrahlung hat keinen Einfluss auf das Wasser.“</li> </ul> <p>Leiten Sie von den Vermutungen zum Experiment über.</p>
<b>Experimentieren</b> 	<p><b>Aufbau des Experiments:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Direkte Sonneneinstrahlung ist wichtig, da der Versuch sonst enorm verlängert wird. Um einen Temperatureffekt messen zu können, darf jedoch das Thermometer selbst nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden.</li> <li>▪ Achten Sie darauf, dass die Schülerinnen und Schüler das Papier möglichst fest um die Flaschen wickeln.</li> <li>▪ Um den Zeitrahmen einhalten zu können, sollten die Wasserflaschen etwa zu einem Viertel, maximal bis zur Hälfte mit handwarmem Wasser gefüllt werden.</li> </ul> <p><b>Durchführung:</b>          Halten Sie die Schülerinnen und Schüler zu Geduld und Sorgfalt an, da das Experiment abhängig von der Sonneneinstrahlung ist. Die Ergebnisse können abhängig von der Tages- und Jahreszeit stark variieren.</p>

<b>Beobachten und dokumentieren</b> 	<b>Wichtigste Beobachtungen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler stellen bei der Temperaturmessung am Papier fest, dass es Unterschiede zwischen den beiden Papieren gibt: das schwarze Papier wird sehr warm, das weiße Papier nicht.</li> <li>Die Wassertemperaturen in den ummantelten Flaschen steigen unterschiedlich schnell. In der schwarz ummantelten Flasche erwärmt sich das Wasser in kürzerer Zeit und stärker als in der weiß ummantelten Flasche.</li> </ul>
<b>Auswerten und reflektieren</b> 	<b>Die wichtigsten Ergebnisse:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Das Wasser in der schwarz ummantelten Flasche ist am schnellsten warm geworden.</li> <li>Das weiße Papier hat viel Sonnenlicht <u>zurückgeworfen</u>. Dadurch hat sich das Papier <u>wenig</u> erwärmt. Das Papier konnte <u>wenig</u> Wärme an die Flasche weitergeben. Das schwarze Papier hat viel Sonnenlicht <u>aufgenommen</u>. Dadurch hat sich das Papier <u>stark</u> erwärmt. Das Papier konnte <u>viel</u> Wärme an die Flasche weitergeben.</li> <li>Die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass zur Nutzung der Sonnenenergie nicht nur das Einfangen der Sonnenstrahlung, sondern auch die Übertragung der Energie auf das relevante Medium (hier: Wasser) eine Rolle spielt. Dies bedeutet, dass zunächst möglichst viel der eingestrahnten Energie in Wärme umgewandelt und dann diese Wärmeenergie auch an das Medium Wasser übertragen werden muss. Je unmittelbarer der Kontakt zwischen erhitzter Hülle und dem Flascheninhalt (Wasser) ist, desto besser ist die Wärmeleitung und desto besser wird das Wasser erwärmt.</li> </ul> <b>Rückbezug zur Anlassgeschichte:</b> Du weißt nun, warum dir mit der dunklen Jacke besonders warm wird. Die Wärme der Sonne wird in dunklen Gegenständen sehr viel besser gespeichert als in hellen.

#### 4.1.6 Weiterführende Informationen

##### In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

<p><b>So kannst du weiterforschen</b></p> 	<p>Sonnenkollektoren, die man auf Hausdächern zur Warmwasserbereitung montiert, werden als Flachkollektoren oder Röhrenkollektoren gebaut. Der wesentliche Unterschied liegt in der Art, wie das Absorbermaterial angebracht ist, und in der Dämmung. Röhrenkollektoren sind teurer, dafür aber effizienter.</p> <p>Weisen Sie die Schülerinnen und Schüler in diesem Zusammenhang auch auf den Unterschied zwischen Sonnenkollektoren und Fotovoltaikanlagen hin. Beides findet man auf Hausdächern. Während die Sonnenkollektoren die Energie der Sonne in Wärme umwandeln, wird sie in einer Fotovoltaikanlage in Strom umgewandelt.</p>
---	---

##### Sonstiges

Das Experiment hat gezeigt, wie Sonnenenergie in Wärme des Wassers umgewandelt werden kann. Die Schülerinnen und Schüler können in einem Unterrichtsgespräch dazu angeleitet werden, wie man diese Erkenntnis zur Energiespeicherung nutzen kann. Vermutlich werden sie darauf Bezug nehmen, dass man warmes Wasser in einem isolierten Behälter aufbewahren kann (z. B. Thermoskanne) und man so auch warmes Wasser zur Verfügung hat, wenn die Sonne nicht mehr scheint.

## 4.2 Telexperiment B6.2 Die Energie der Sonne als Wärme nutzen (2)

### 4.2.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Aluminiumfolie	1
Brennspiegel	1
Knete	1
Plastikflasche mit Deckel	2 pro Gruppe
Pappe oder dickes Papier, DIN A4	ca. 2 pro Gruppe
Sonnenbrille	1
(Stopp-)Uhr	1
Thermometer	1
Wasser (handwarm)	Ausreichend zum Befüllen der Flaschen

### 4.2.2 Organisatorisches

<b>Räumlichkeiten</b>	Im Freien, da direkte Sonnenstrahlung notwendig ist.
<b>Zeitbedarf</b>	ca. 45 Minuten Die Telexperimente B6.1 und B6.2 werden idealerweise direkt aufeinanderfolgend durchgeführt (in Summe 90 Minuten). Je nach Intensität der Sonnenstrahlung, sind die beiden Experimente möglicherweise erst nach Ablauf einer Unterrichtsstunde wirklich erfolgreich.
<b>Sicherheitshinweise</b>	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Umwelt“ Vorsicht vor Schaden durch das Sonnenlicht (Blenden der Augen, Verbrennung durch heiße Gegenstände).
<b>Aufräumen</b>	Die Plastikflaschen sollen recycelt werden.

### 4.2.3 Das Telexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler erwärmen wieder Wasser durch Sonnenlicht, jetzt mithilfe von selbst gebastelten Spiegeln. Sie erfahren, wie sich durch Bündelung (Konzentration) von Sonnenlicht das Wasser schneller auf eine höhere Temperatur bringen lässt.

#### Fachlicher Hintergrund

Das Sonnenlicht wird von den Spiegeln gebündelt und auf eine Stelle konzentriert. In diesem sog. Brennpunkt bzw. in dieser Brennebene entstehen hohe Temperaturen, die dann einen sog. Absorber (im Experiment Wasser) erwärmen: Die Sonnenenergie wird also mit dieser Technik auch in Wärme umgewandelt (vgl. Telexperiment 1).

**Anwendung in der Energietechnik:** Eine technische Anlage zur Stromerzeugung, die nach diesem Prinzip Sonnenenergie in Wärme umwandelt, nennt man **Sonnenkraftwerk**. Das Prinzip kann anschaulich am Beispiel eines Parabolrinnenkraftwerks erklärt werden: In einer langen Zeile von Parabolspiegeln verläuft in deren Brennpunkt ein Rohr („Absorber“) mit Arbeitsmittel (z. B. Öl). Die Ausrichtung der Spiegel wird dem Sonnenstand automatisch nachgeführt. Die Strahlung wird durch die Bündelung in den Spiegeln 80-fach verstärkt und das Öl im Absorber auf rund 400 °C



erhitzt. Das heiße Öl fließt zum Kraftwerkshaus, wo es über einen Wärmeaustauscher Wasserdampf erzeugt, der eine Dampfturbine mit Generator antreibt. Die Parabolrinnenkraftwerke kommen in den Leistungsbereich großer Kohlekraftwerke. In Südspanien in der Provinz Granada gibt es die solarthermischen Kraftwerke Andasol 1 – 3. Jedes Modul hat eine Kraftwerksleistung von 50 MW. Dank integriertem Wärmespeicher läuft das Kraftwerk auch ohne Sonne über 7 h mit voller Leistung weiter.



Zur Energiespeicherung werden in solchen Kraftwerken gerne sog. Latentwärmespeicher eingesetzt. Ein Teil der Sonnenenergie wird tagsüber dazu verwendet, um den Aggregatzustand eines Salzes zu verändern, von fest nach flüssig. Beim Schmelzen nimmt das Salz Energie auf, die es beim Erstarren wieder abgibt. Die abgegebene Wärme kann dann zur Dampferzeugung und zum Betrieb einer Turbine und eines Generators zur Stromerzeugung genutzt werden.




#### 4.2.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen



Im Teilexperiment 1 haben die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass das Sonnenlicht Energie hat, die in einem geeigneten Absorber in Wärme umgewandelt werden kann. Vielleicht haben sie auch schon einmal Sonnenlicht im Spiegel reflektieren sehen und wissen, dass diese Reflexion ausgerichtet auf einen Punkt auch für eine hohe Temperatur in einem Punkt (Brennpunkt) und eine Entflammung sorgen kann. Wenn dieses Vorwissen vorhanden ist, dann können Rückschlüsse darauf gezogen werden, dass viele auf die Sonne ausgerichtete Spiegel z. B. Wasser schneller erhitzen, als nur ein Spiegel.

#### 4.2.5 Der Forschungskreis

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


<b>Problem/Phänomen erkennen</b> 	In diesem Experiment erfahren die Schülerinnen und Schüler, wie Sonnenlicht mit Hilfe von Spiegeln gesammelt und gespeichert werden kann.
<b>Die Forschungsfrage</b> 	Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Welche Möglichkeiten gibt es für deine Eltern, das Wasser im Pool mit Sonnenenergie zu heizen?</li> </ul>

<b>Ideen und Vermutungen sammeln</b> 	<p>Mögliche Vermutungen könnten sein:</p> <p><b>Zur Forschungsfrage:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>„Die Energie der Sonne ist nur schwer einzufangen.“</li> <li>„Das Licht der Sonne heizt das Wasser auf.“</li> </ul> <p><b>Zum Experiment:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>„Wasser ist für die Speicherung von Sonnenenergie ungeeignet.“</li> <li>„Es dauert Stunden, bis die Sonne das Wasser auch nur ein bisschen erwärmt hat.“</li> <li>„Die Spiegel wirken wie eine Art Verstärker.“</li> <li>„Die Anzahl der Spiegel hat keine Auswirkungen auf die Erwärmung.“</li> <li>„Die Alufolie soll die Wärme speichern, wie in der Küche, wenn ich Essen warmhalten will.“</li> </ul> <p>Leiten Sie von den Vermutungen zum Experiment über.</p>
<b>Experimentieren</b> 	<p><b>Aufbau des Experiments:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Damit sich die Spiegel beim Aufbau nicht gegenseitig behindern, sollten die Schülerinnen und Schüler die Flasche etwas erhöht positionieren. Dazu könnten sie beispielsweise einen Bücherstapel aus zwei bis drei Büchern verwenden.</li> </ul>  <p>Abb. 1: Versuchsaufbau von hinten. Man sieht die Halterungen für die Spiegel.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Leisten Sie Hilfestellung bei der Ausrichtung der Spiegel, da die Versuchsdauer so stark reduziert und eventuelle Frustration bei den Schülerinnen und Schülern vermieden werden kann.</li> <li>Als Stativmaterial für den Brennspiegel ist Pappe oder Knete geeignet. Auch ein Glas kann verwendet werden.</li> <li>Auch eine Reduzierung der Wassermenge kann hier hilfreich sein, da eine geringere Menge die Erwärmung schneller zeigt.</li> </ul> <p><b>Durchführung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Während einige Schülerinnen und Schüler die Messungen durchführen, sollen die anderen Gruppenmitglieder die Messergebnisse sorgfältig dokumentieren.</li> <li>Das Experiment erfordert Geduld, da es sehr wetterabhängig ist. Die Strahlungsintensität ist zudem abhängig von der Jahres- und Tageszeit.</li> <li>Die Schülerinnen und Schüler werden feststellen, dass es nicht so einfach ist, die Spiegel so auszurichten, dass die Sonnenstrahlung optimal auf die Flasche gerichtet wird.</li> </ul>

<b>Beobachten und dokumentieren</b> 	<b>Wichtigste Beobachtung:</b> Die über die Zeitspanne von 9 Minuten gemessenen Temperaturen des Wassers in der Flasche, die mit Spiegeln umgeben ist, steigen schneller und werden höher als in der Flasche ohne Spiegel.
<b>Auswerten und reflektieren</b> 	<b>Zu erwartende Ergebnisse:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anhand der gemessenen Temperaturen wird schnell klar, dass sich das Wasser in der Flasche im Mittelpunkt der Brennspiegel schneller erwärmt als das Wasser in der Flasche, die einfach nur in der Sonne steht.</li> <li>2. Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Brennspiegel die Aufgabe haben, das Sonnenlicht zu bündeln und auf einen Punkt zu konzentrieren.</li> <li>3. Die <u>Sonnenenergie</u> wird in der Flaschenwand aus Kunststoff und im Wasser in <u>Wärme</u> umgewandelt.</li> </ol> <b>Rückbezug zur Anlassgeschichte:</b> Deine Eltern könnten sich zur Erwärmung des Pools ein paar Spiegel an der Seite anbringen lassen, damit das Sonnenlicht reflektiert und ins Wasser gelenkt wird.

#### 4.2.6 Weiterführende Informationen

##### In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

<b>So kannst du weiterforschen</b> 	Voraussetzung für die Durchführung dieses Forschungsauftrags ist, dass die Schülerinnen und Schüler das Prinzip der Stromerzeugung in den großen Kraftwerken kennen: Strom wird hier mittels Wasserdampf, der eine Turbine und diese wiederum einen Generator antreibt, erzeugt. Da davon auszugehen ist, dass Turbine und Generator den Schülerinnen und Schülern noch nicht bekannt sind, müssen diese Geräte vorab von der Lehrkraft erklärt werden oder die Schülerinnen und Schüler müssen sich in einer Internetrecherche darüber informieren.  In einem Transfer sollen die Schülerinnen und Schüler dieses bekannte System verwenden, um es auf die Erkenntnisse aus dem Experiment zu übertragen und zu überlegen, wie man damit Strom aus Sonnenenergie „erzeugen“ kann. Dazu müsste man das Wasser, auf das mittels der Spiegel Sonnenlicht gelenkt wird, zum Verdampfen bringen (siehe Abschnitt 4.2.3).
---	--

#### Sonstiges

Eine modifizierte Variante des Experiments wäre eine Anordnung, bei der eine Schüssel (oder ein ähnliches Objekt) mit Aluminiumfolie ausgekleidet wird und in der Mitte das zu erwärmende Objekt befestigt wird (Prinzip eines „Solarkochers“). Damit haben die Schülerinnen und Schüler zwar die Konstruktion geändert, aber die Ergebnisse des Experiments bleiben auch mit dem ursprünglichen Aufbau vergleichbar.

### 4.3 Telexperiment B6.3 Die Energie des Wassers nutzen

#### 4.3.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Gefäß mit Loch im Boden	1 pro Gruppe
Holzspieß	1
dünner Karton oder dickes Papier zu 2 x 6 cm	6 Streifen pro Gruppe
Knete	1
Paketklebeband, braun	1
Schlauch, dick, 50 cm lang	1
große Schüssel	1 pro Gruppe
Trinkhalm	1
Uhr mit Sekundenzeiger	1 Uhr pro 2 Gruppen
Wasser – mindestens das Dreifache der Menge, die in das Gefäß mit Loch passt	

Material Zusatzexperiment	Anzahl
Faden	ca. 30 cm pro Gruppe
Gegenstand (kleiner Stein, Stückchen Holz usw., relativ leicht)	1

#### 4.3.2 Organisatorisches

<b>Räumlichkeiten</b>	im Unterrichtsraum oder im Freien Ein Wasserzugang ist nötig. Die Umgebung sollte unempfindlich gegen Wasserspritzer sein.
<b>Zeitbedarf</b>	ca. 45 Minuten Um den Zeitaufwand zu minimieren, kann die Lehrkraft die mit Paketklebeband beklebten Karton- bzw. Papierstreifen zum Basteln des Wasserrads vorbereiten.
<b>Sicherheitshinweise</b>	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Umwelt“
<b>Aufräumen</b>	Die Schülerinnen und Schüler können die gebastelten Wasserräder nach Hause mitnehmen. Werden die Wasserräder entsorgt, sollte auf eine ordnungsgemäße Trennung der Materialien geachtet werden.

#### 4.3.3 Das Telexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler bauen ein kleines Wasserrad. Das Rad wird durch Wasser betrieben, das aus einem unterschiedlich erhöhten Behälter durch einen Schlauch fließt. Durch die Variation der Höhe des Behälters über dem Wasserrad erkennen die Schülerinnen und Schüler, welchen Einfluss die Fallhöhe hat.

## Fachlicher Hintergrund

Im diesem Teilexperiment wird ein Wasserrad mithilfe eines Wasserstrahls in Bewegung versetzt. Im Zusatzexperiment wird dann ein kleiner Gegenstand durch das Wasserrad hochgehoben. Letzteres ist ein schönes Beispiel, dass man mit Energie Arbeit (= Hochheben) verrichten kann. Die Energieumwandlung findet von einer Form der Bewegungsenergie (lineare Bewegung des Wassers) in eine andere Form der Bewegungsenergie (Drehbewegung des Rads) statt. Die Bewegungsenergie des Wassers resultiert aus seiner Lageenergie. Letztere resultiert aus der Gewichtskraft des Wassers und der Höhe des Wassers über dem Erdboden.

**Anwendung in der Energietechnik:** Wasser als Energieträger hat den Vorteil, dass es in großen Mengen auf der Erde vorkommt und Tag und Nacht zur Verfügung steht. Eine technische Anlage zur Stromerzeugung, die nach diesem Prinzip die Energie von fließendem Wasser in elektrischen Strom umwandelt, nennt man **Wasserkraftwerk**. Der Aufbau im Experiment ist vom Prinzip her mit einem Speicherkraftwerk zu vergleichen. In einem solchen Kraftwerk strömt Wasser aus großer Höhe durch ein Fallrohr und erhält dabei Bewegungsenergie. Je größer die Fallhöhe ist, desto mehr Energie hat das Wasser beim Auftreffen auf das Wasserrad (Turbine). Die Energie des Wassers wird in Bewegungsenergie der Turbine umwandelt. Die Turbine wiederum treibt einen Generator an, der dann die Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandelt.

Neben Speicherkraftwerken gibt es noch andere Bauformen von Wasserkraftwerken, die von den natürlichen Gegebenheiten abhängen, wie z. B. Laufwasserkraftwerke an Flüssen oder Gezeitenkraftwerke an Meeresküsten. Die Arten der verwendeten Turbinen sind ebenfalls diesen Gegebenheiten angepasst. In einem Laufwasserkraftwerk, in dem es relativ viel Wasser, aber nur wenig Höhenunterschied gibt, verwendet man sog. Kaplan-Turbinen, in einem Speicherkraftwerk bei großen Wassermengen und großen Fallhöhen sog. Francis-Turbinen, bei kleinen Wassermengen und sehr großen Fallhöhen sog. Pelton-Turbinen. Die Turbinen sind jeweils nach ihren Erfindern benannt.





Als Energiespeicher verwendet man eine besondere Bauform eines Wasserkraftwerks, das sog. Pumpspeicherkraftwerk. Bei Stromüberfluss wird die Energie dazu verwendet, Wasser in einen höher gelegenen Speichersee zu pumpen. Bei Nachfragespitzen arbeitet das Kraftwerk dann wie ein normales Speicherkraftwerk.






### 4.3.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen

Die Schülerinnen und Schüler sollen experimentell feststellen, dass die Wasserenergie von dem Volumen, der Position und der Geschwindigkeit des Wassers abhängt. Je mehr Wasser fließt, je größer die Höhe ist, aus der das Wasser auf das Wasserrad (Turbine) drückt und je höher die Geschwindigkeit ist, desto höher ist die Energie des Wassers. Sicher ist es einigen Schülerinnen und Schülern schon einmal passiert, dass beim Füllen eines Gefäßes am Wasserhahn das Wasser über den Gefäßrand spritzte, weil der Hahn zu weit aufgedreht wurde. Durch das Spielen mit Wasserbomben dürfte es vielen Schülerinnen und Schülern bekannt sein, dass je nach Höhe, aus der die Wasserbombe fällt wird, ein stärkerer Effekt auftritt.

### 4.3.5 Der Forschungskreis


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

<b>Problem/Phänomen erkennen</b> 	<p>In diesem Experiment geht es darum, das Wasser als Energiequelle kennen zu lernen.</p>
<b>Die Forschungsfrage</b> 	<p>Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wie kann man mit Wasser Energie „gewinnen“?</li> <li>▪ Wo wird Wasser als Energiequelle genutzt?</li> </ul>
<b>Ideen und Vermutungen sammeln</b> 	<p>Mögliche Vermutungen könnten sein:</p> <p><b>Zur Forschungsfrage:</b></p> <p>„Die Wasserenergie kann nur genutzt werden, wenn sich das Wasser bewegt.“</p> <p><b>Zum Experiment:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ „Der Bau des Wasserrades ist kompliziert.“</li> <li>▪ „Durch das Wasser wird das Rad in Bewegung gesetzt.“</li> </ul> <p>Leiten Sie von den Vermutungen zum Experiment über.</p>
<b>Experimentieren</b> 	<p><b>Aufbau des Experiments:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Der komplexe Aufbau des Experiments wird den Schülerinnen und Schülern erleichtert, wenn die Lehrkraft ein selbstgebautes Modell mitbringt, um zu zeigen, wie das Wasserrad aussehen soll (siehe Abbildung 2). Ohne ein Modell benötigen sie einige Hilfestellungen, da das Anbringen der Karton bzw. Papierstreifen schwierig sein könnte.</li> <li>▪ Die Karton- bzw. Papierstreifen sollten sehr sorgfältig mit Klebestreifen abgedeckt werden (evtl. Schnittkanten nochmal nachkleben), da sie sonst sehr schnell aufweichen und das Wasserrad nur für einen Durchgang genutzt werden kann. Die Streifen könnten von der Lehrkraft vorbereitet werden.</li> <li>▪ Die Lehrkraft zeigt den Schülerinnen und Schülern, wie stark die Papierstreifen geknickt werden müssen, um sie an das Wasserrad zu kleben. Alternativ kann man auch 12 cm lange Papierstreifen nehmen, sie in der Mitte falten, dann das offene Ende nach beiden Seiten aufbiegen und die beiden Enden auf dem Trinkhalm festkleben (siehe Abbildung 3).</li> </ul>

	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Abb. 2: Fertiges Modell für das Wasserrad.</p> <p>Abb. 3: Zwei Varianten, wie man die Schaufeln des Wasserrads falten kann.</p> <p><b>Durchführung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schülerinnen und Schüler sollten mindestens zu zweit agieren.</li> <li>Die Richtung, in die der Schlauch gehalten wird bzw. an einer Tischkante o. Ä. fixiert ist, muss bei allen Experimenten die gleiche sein. Leisten Sie ggf. Hilfestellung.</li> </ul>
<p><b>Beobachten und dokumentieren</b></p> 	<p>Die Schülerinnen und Schüler probieren verschiedene Abstände zwischen Wasserbehälter und Wasserrad aus.</p> <p><b>Wichtigste Beobachtungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Das Wasserrad dreht sich.</li> <li>Wird der Behälter mit dem Wasser höher oder tiefer gehalten, dreht sich das Rad schneller oder langsamer.</li> <li>Hört der Wasserstrahl auf zu fließen, dreht sich das Wasserrad noch einen Moment weiter und stoppt dann.</li> </ul>
<p><b>Auswerten und reflektieren</b></p> 	<p>Die Schülerinnen und Schüler tauschen sich über die beobachteten Unterschiede aus. Sie sollten feststellen, dass der Wasserstrahl mit zunehmender Fallhöhe mehr Energie hat, um das Wasserrad anzutreiben.</p> <p><b>Zu erwartende Ergebnisse:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Je höher der Wasserschlauch gehalten wird, desto schneller dreht sich das Wasserrad. Je tiefer, desto langsamer.</li> <li>Wenn der Wasserstrahl aufhört zu fließen, stoppt das Wasserrad.</li> <li>Die Schülerinnen und Schüler geben den Inhalt des Textes, der die Energieumwandlungskette beschreibt, mit eigenen Worten wieder.</li> </ol> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  <pre> graph LR     A[Lageenergie des Wassers] --&gt; B[Bewegungsenergie des Wassers]     B --&gt; C[Bewegungsenergie des Wasserrads]   </pre> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>Der Stein, der aus 1 m Höhe fällt, hinterlässt einen größeren Krater im Sand als der Stein, der aus 10 cm Höhe fällt.</li> </ol> <p><b>Rückbezug zur Anlassgeschichte:</b></p> <p>Du weißt nun, dass die Energie des Wassers mit Hilfe des Wasserrads in Strom umgewandelt werden kann. Dieser kann dann wieder genutzt werden.</p>

### 4.3.6 Weiterführende Informationen

#### In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

<p><b>So kannst du weiterforschen</b></p> 	<p>Die Schülerinnen und Schüler probieren aus, ob und wie weit sich ein Gegenstand anhebt, der über einen Faden an der Achse des Wasserrades befestigt ist. Sie erkennen, dass der Gegenstand umso höher angehoben wird, je länger sich das Rad dreht. Das drehende Wasserrad verrichtet Arbeit am Gegenstand. Wenn der Wasserzufluss stoppt und das Rad nicht mehr angetrieben wird, dann bewegt sich der Gegenstand wieder nach unten.</p> <p>Das hier beschriebene Prinzip nutzt der Mensch schon seit langer Zeit, angefangen von den Wassermühlen zum Getreidemahlen, Hammerwerken bis hin zur Stromerzeugung in Wasserkraftwerken. Anhand des Forschungsauftrags sollen sich die Schülerinnen und Schüler mit der technischen Anwendung eines naturwissenschaftlichen Prinzips auseinandersetzen, das auch wesentliche Auswirkungen auf die gesellschaftliche Entwicklung der Menschheit und die Industrialisierung hatte (z. B. Ansiedlung an Flüssen, Bau von Staudämmen usw.).</p>
---	---

#### Sonstiges

- Überlegen Sie zusammen mit den Schülerinnen und Schülern, wie ein noch besser funktionierendes Wasserrad aussehen könnte und wiederholen Sie zusammen die Experimentierreihe. Ein Wasserrad kann auch aus Plastikteilen, z. B. aus Joghurtbechern und wasserfestem Kleber gebastelt werden.  
Bauen und testen Sie die Räder gemeinsam, um die Gemeinschaft zu stärken.
- Durch weiteres Experimentieren mit der Fallhöhe des Wassers (ohne Wasserrad) stellen die Schülerinnen und Schüler fest, dass der Wasserstrahl mit zunehmender Höhe weiter spritzt, da das Wasser mit höherer Geschwindigkeit aus dem Schlauch austritt. Sie sollen überlegen, wie man das auf reale Wasserkraftwerke übertragen kann. Kraftwerke mit Pelton-Turbine haben bis zu 2.000 m Fallhöhe, wodurch auch bei geringer Wassermenge viel Energie vorhanden ist.



## 4.4 Teilexperiment B6.4 Die Energie des Windes nutzen

### 4.4.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Holzspieß	1
Klebefilm	1
Klebstoff	
Pappe, dünn, 15 x 15 cm	1 pro Gruppe
Paprolle	1 pro Gruppe
Reißzwecke	1
Schere	1
Teebeutel	2 pro Gruppe
Tonpapier verschiedene Farben und Vordruck auf Seite 21	1
Trinkhalm	1

### 4.4.2 Organisatorisches

<b>Räumlichkeiten</b>	im Unterrichtsraum oder im Freien
<b>Zeitbedarf</b>	ca. 45 Minuten
<b>Durchführungsvariante</b>	Statt Trinkhalm und Holzspieß kann auch ein Bleistift, statt des Teebeutels kann auch ein Stück Faden (ca. 30 cm), an dem ein kleiner, leichter Gegenstand befestigt ist, verwendet werden.
<b>Sicherheitshinweise</b>	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Umwelt“

### 4.4.3 Das Teilexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler bauen ein Windrad, um damit einen Gegenstand (Teebeutel) anzuheben. Das Windrad wird durch Anpusten betrieben.

#### Fachlicher Hintergrund

Die Energieumwandlungskette entspricht der bei der Nutzung der Wasserkraft, nur ist der Energieträger eben nicht Wasser, sondern Wind.

**Anwendung in der Energietechnik:** Eine technische Anlage zur Stromerzeugung, die die Energie von Wind in elektrischen Strom umwandelt, nennt man **Windkraftwerk**.

Die häufigste Konstruktion ist bei großen Windkraftanlagen ein Dreiflügel-Windrad mit horizontaler Rotationsachse. Das Windrad besteht aus einem Rotor und einer Gondel („Maschinenhaus“), die auf einem hohen Turm (ca. 100 bis 130 m) angebracht sind. Ein Windmessgerät und eine Computersteuerung sorgen dafür, dass das Windrad immer optimal zum Wind ausgerichtet ist. Die Rotorblätter des Windrads sind bis zu ca. 75 m lang. Das Windrad dreht sich (ca. 20 Umdrehungen/min) und mit ihm die Antriebswelle. Das Getriebe wandelt die Drehzahl des Rotors in die für den Generator nötige Drehzahl um. Der Generator erzeugt den Strom. Dieser wird über Kabel zum Fuß des Windrads hinunter geleitet.

Eine Bremse sorgt dafür, dass das Windrad sich nicht drehen kann, z. B. bei extremem Sturm oder wenn es gewartet werden muss.



Wind ist wie die Sonne nicht immer verfügbar. Daher braucht man auch für die Windenergie einen Energiespeicher. Im Gespräch sind u. a. Pumpspeicherkraftwerke und sog. Druckluftspeicher. Die überschüssige Energie wird dazu verwendet, ein Gas zu komprimieren. Bei Nachfragespitzen kann dieses komprimierte Gas dann direkt in sog. Druckluftturbinen eingespeist werden, eine Verbrennung des Gases und Dampferzeugung für die Turbine sind nicht notwendig. Ein anderer, chemischer Energiespeicher, der sowohl für Solarstrom als auch Windstrom erprobt wird, ist „Power to Gas“. Hier wird aus Wasser mit überschüssigem Strom aus erneuerbaren Energien Wasserstoffgas durch Elektrolyse gewonnen. Mit diesem Wasserstoff kann dann bei Bedarf mit Gasturbinen oder Brennstoffzellen wieder Strom erzeugt werden. Man kann aber auch aus Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid mithilfe von sog. Katalysatoren Methan („Erdgas“) gewinnen und dieses ins allgemeine Erdgasnetz einspeisen. Das hat den Vorteil, dass man in Form des flächendeckend vorhandenen Erdgasnetzes ein bereits vorhandenes Verteil- und Speichernetz für Energie nutzen kann. Ein weiterer chemischer Energiespeicher sind Batterien bzw. Akkus. Sie werden zu Überschusszeiten mit Strom aus erneuerbaren Energien aufgeladen und bei Mangel wieder entladen. Für den Einsatz im Haushalt mit Fotovoltaikanlagen stehen sie bereits serienmäßig zur Verfügung. Sie werden derzeit auch in großem Maßstab in Pilotprojekten zur Stabilisierung des Stromnetzes erprobt.




#### 4.4.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen


Besondere Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler sind nicht notwendig. Sicher kennen aber einige Schülerinnen und Schüler Windräder, sei es auf dem Feld nebenan oder als Pustewindrad zum Spielen. Vorteilhaft sind außerdem Vorkenntnisse im Bereich des Handwerks und Bastelns, um das Windrad einfacher aufzubauen.

#### 4.4.5 Der Forschungskreis

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


<b>Problem/Phänomen erkennen</b> 	In diesem Experiment geht es darum, den Wind als Energiequelle kennen zu lernen.
<b>Die Forschungsfrage</b> 	Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wie kann Wind in Energie (Strom) umgewandelt werden?</li> <li>▪ Wie „erzeugt“ der Wind Energie?</li> <li>▪ Warum dreht sich ein Windrad?</li> <li>▪ Wie funktioniert ein Windrad?</li> </ul>

<b>Ideen und Vermutungen sammeln</b> 	<p>Mögliche Vermutungen könnten sein:</p> <p><b>Zur Forschungsfrage:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ „Der Wind bewegt das Windrad.“</li> <li>▪ „Die Bewegung des Windrads kann nicht allein durch den Wind in Gang gesetzt werden. Dazu braucht man Strom.“</li> <li>▪ „Starker Wind (Sturm) hat ganz viel Kraft.“</li> </ul> <p><b>Zum Experiment:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ „Je stärker man pustet, desto mehr Energie wird auf das Windrad übertragen.“</li> <li>▪ „Das Windrad kann das Gewicht nicht hochheben.“</li> </ul> <p>Leiten Sie von den Vermutungen zum Experiment über.</p>
<b>Experimentieren</b> 	<p><b>Aufbau des Experiments:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Schülerinnen und Schüler schneiden die Vorlage wie beschrieben aus und bauen ihr eigenes Windrad.</li> <li>▪ Ein von der Lehrkraft vorgefertigtes Modell erleichtert die Umsetzung für die Schülerinnen und Schüler.</li> </ul> <p><b>Durchführung:</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler variieren die Pustestärke.</p>
<b>Beobachten und dokumentieren</b> 	<p><b>Wichtigste Beobachtungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Der Teebeutel bzw. Gegenstand wird angehoben, sobald die Schülerinnen und Schüler das Windrad anpusten.</li> <li>▪ Erhöhen sie die Pustekraft, dreht sich das Windrad schneller und der Teebeutel bzw. Gegenstand wird schneller angehoben.</li> <li>▪ Hören sie auf zu pusten, dann senkt sich der Teebeutel bzw. Gegenstand wieder.</li> </ul>

<b>Auswerten und reflektieren</b> 	<b>Zu erwartende Ergebnisse:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Bewegungsenergie des <u>Windes</u> wird in Bewegungsenergie des <u>Windrads</u> umgewandelt und der <u>Teebeutel</u> wird hochgezogen.</li> <li>2. Stärker blasen: Rad dreht sich schneller, schwererer Gegenstand kann gehoben werden. Schwächer blasen: Gegenteiliges Ergebnis Zwei Teebeutel: Man muss stärker pusten, damit sich das Rad dreht und die Teebeutel gehoben werden. Kein Teebeutel: Schon leichtes Pusten genügt, um das Rad zu drehen.</li> </ol> <p>Die Schülerinnen und Schüler ziehen Rückschlüsse auf die Pustestärke (Windenergie) und erkennen durch die Veränderung der Parameter der Größe der Rotorblätter und des Gegenstands (leichter oder schwerer), dass die Effizienz des Windrads veränderbar ist und somit auch die entstandene Energiemenge variiert.</p> <p><b>Rückbezug zur Anlassgeschichte:</b></p> <p>Du weißt jetzt, wie Windräder gebaut sein müssen, damit der Wind in Energie umgewandelt werden kann. Es entsteht elektrische Energie.</p>
--	---

#### 4.4.6 Weiterführende Informationen

##### In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

<b>So kannst du weiterforschen</b> 	<p>Durch die Recherche, wo Windenergie am besten genutzt werden kann, erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass die Nutzung der Windenergie ortsabhängig ist und es genauer Planung und eines ausgebauten Stromnetzes bedarf.</p>
---	---

#### Sonstiges

Wenn Sie gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern die einzelnen Details des Windrades studiert haben, bietet es sich an, noch einmal freier an das Thema heranzugehen. Die Schülerinnen und Schüler wissen nun, was die Aufgabe eines Windrades ist und welche Bauteile von Nöten sind. Geben Sie den Impuls, sich eigene Konstruktionen eines Windrades zu überlegen. Lassen Sie die Kinder ruhig zuerst Bauskizzen anlegen und überlegen Sie dann gemeinsam, welche Baumaterialien benötigt werden. Anhand der Skizzen bauen Sie dann zusammen die Windräder nach. Regen Sie die Schülerinnen und Schüler an, sich über ihre Windräder und die dahinter stehenden Ideen auszutauschen.

## Kopiervorlage

### Windrad

- Den äußeren Kreis ausschneiden und an den verstärkten durchgezogenen Linien bis zu der vertikalen Linie kurz vor dem inneren Kreis einschneiden.
- Entlang der vertikalen verstärkten Linie ebenfalls einschneiden.
- Bei jedem Rotorblatt eine Hälfte nach oben falzen, wie durch die gestrichelten Linien angedeutet.

