

## „Erneuerbare Energien – Next Level“

<b>Bereich:</b>	Vertiefende Kenntnisse zu den erneuerbaren Energieträgern Wind, Wasser und Sonne sowie Überblick über die Bioenergie
<b>Ziel:</b>	Sensibilisierung für die vielseitigen Interessen, Ansprüche und Herausforderungen bei der Energiewende  Wissensvermittlung zu Vor- und Nachteilen sowie Funktionsweisen
<b>Materialien:</b>	Bilder ausgedruckt oder digital als Powerpoint-Präsentation (dann wird geeignetes Abspielgerät benötigt wie digitale Tafel oder Beamer)  Experimentiermaterialien gemäß gewählter Experimente  Arbeitsblätter „Biomasse“ und „Bioenergie“ für Schüler  Video als Download oder Zugang zu YouTube  Evtl. Schüler-Broschüren als Klassensatz „Was uns morgen antreibt“, kostenlos bestellbar bei der SAENA

### Ablauf – Überblick:

Das Modul kann in einem beliebigen Raum durchgeführt werden.

Benötigtes Vorwissen: Grundwissen zu erneuerbaren Energien, vor allem

- welche erneuerbaren Energieträger gibt es?
- welche Vor- und Nachteile haben Wasser-, Wind- und Solarenergie
- welche technischen Anlagen nutzen Wasser-, Wind- und Solarenergie

Diese Inhalte werden im Einstiegsmodul behandelt.

Dauer: 90 min

Das Modul kann auch als Gruppen- bzw. Stationsarbeit durchgeführt werden. Damit sich die Schüler hierbei notwendiges Wissen selbst erschließen können, ist die Nutzung digitaler Geräte (z.B. Tablets), das Auslegen von Literatur oder das Bestellen der Schüler-Broschüre „Was uns morgen antreibt – Energie im 21. Jahrhundert“ sowie der Broschüre zur Wanderausstellung „Wanderausstellung Erneuerbare Energien zum Mitnehmen“ als Klassensatz empfehlenswert.

Das Heft „Was und morgen antreibt“ steht als Download zur Verfügung unter: <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/download/>. Unter dem Menüpunkt „Bestellformular“ kann das Heft als Klassensatz bestellt werden. Im Menüpunkt „Arbeitsblätter“ können die beiden benötigten Arbeitsblätter heruntergeladen werden.

Die Broschüre zur Wanderausstellung kann unter [https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE\\_Wanderausstellung\\_Erneuerbare\\_Energien\\_zum\\_Mitnehmen.pdf](https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE_Wanderausstellung_Erneuerbare_Energien_zum_Mitnehmen.pdf) heruntergeladen werden.

Tab. 1: Unterrichtseinheit á 90 min für die Oberschule: Aufbauwissen zu erneuerbaren Energien (EE)

Aktion	Methodik	Zeit
<b>1. Einstieg ins Thema:</b> Theoretische und technische Potenziale der EE	Definieren von theoretischem und technischem Potenzial sowie <b>Diskussion</b> über mögliche Einschränkungen <i>Erweiterte Methodik:</i> Grafische Aufbereitung der Diskussionsergebnisse z.B. als Mind-map	10 min
<b>2. Erneuerbare Energieträger: Wasser</b> Kraftwerk und Energiespeicher	Einführende Erklärung zum Aufbau und zur Funktionsweise von Pumpspeicherkraftwerken anhand von Bildern Auswahl- <b>Experiment</b> zum Wasserdruck zur Durchführung in 2er-Gruppen: „Wasser macht Druck“ <a href="https://www.unterrichtsmodule-energie.de/forscherauftrag-mai-2021/">https://www.unterrichtsmodule-energie.de/forscherauftrag-mai-2021/</a> ODER „Strom aus einem See“ <a href="https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-november-2021/">https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-november-2021/</a>	5 min  10 min
<b>3. Erneuerbare Energieträger: Wind</b> Nachteile	<u>Auswertung mögliche Nachteil:</u> Überlegung/Recherche und Diskussion möglicher Nachteile der Windenergie und ihrer Lösungsstrategien <i>Weiterführende Methodik:</i> Rollenspiel <i>Zusatzaufgabe:</i> Quiz zur Windenergie (Dauer ca. 10 min)	10 min
Moderne WKA als Auftriebsläufer (Auftriebsprinzip)	<b>Experiment</b> „Verliebte Apfel“ (als Anschauung) zur Verdeutlichung des Auftriebsprinzips: <a href="https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-februar-2022/">https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-februar-2022/</a> Erklärung des Auftriebs anhand von Bildern <i>Alternative:</i> Schüler führen Experiment selbst durch (Zeit-Mehrbedarf ca. 5 min)	5 min
<b>4. Erneuerbare Energieträger: Sonne</b>	<i>3 praktische Methoden zur Vertiefung des Themas Solarenergie zur Auswahl</i>	je 15 min
Solarthermie /Sonnenkollektoren	<b>Basteln</b> eines Fingersonnenkollektors aus Alufolie. Anleitung: <a href="https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-juni-2021/">https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-juni-2021/</a>	
Solarthermie /Sonnenkollektoren	<b>Basteln</b> eines Aufwindkraftwerkes (in PET-Flasche). Anleitung: <a href="https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-juni-2022/">https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-juni-2022/</a>	
Photovoltaik / Solarzellen	<b>Berechnung</b> der Wirtschaftlichkeit einer PV-anlage auf dem eigenen Hausdach. Anschließend <b>Schülerdiskussion</b> oder <b>Recherche</b> von Fördermöglichkeiten	15 min
<b>5. Erneuerbare Energieträger: Bioenergie</b> Begriffsklärung	Erläuterung anhand von Bildern → Eintrag in Arbeitsblatt „Biomasse“	5 min
Vor- und Nachteile	Auswertung und Diskussion möglicher Vor- und Nachteile und Eintragung in Arbeitsblatt „Biomasse“	10 min
Ist Bioenergie klimafreundlich?	Begriffsklärung der CO <sub>2</sub> -Neutralität anhand Arbeitsblatt „Biomasse“	3 min
Bioenergie aus Biogasanlagen	Einführende Erklärung zum Aufbau und Abläufen in Biogasanlagen anhand von Bildern und <b>Experiment „Biogas im Glas“</b> (Anschauung), Auswertung zur Weiterverwendung von Biogas in Blockheizkraftwerken, Eintragung auf Arbeitsblatt „Bioenergie“	10 min
Bioenergie aus Feuerungsanlagen	Einführende Erklärung anhand von Bildern und <b>Video</b> , Eintrag auf Arbeitsblatt „Bioenergie“	10 min

## 1. Einführung ins Thema: Potenziale der erneuerbaren Energien –

Liefere die erneuerbaren Energieträger ausreichend Energie?

*Sonne, Wind und Biomasse sind im Überfluss auf der Erde verfügbar. Ihre theoretischen Potenziale sind so hoch, dass man allein mit der Sonne 1750 Mal so viel Energie erzeugen könnte, wie wir auf der Welt brauchen. Aber das ist eben nur die Theorie. Das würde nämlich bedeuten, dass wir quasi die gesamte Erdoberfläche mit Solaranlagen ausstatten. Dass das nicht geht, ist klar. Daher wird häufig das etwas realistischere technische Potenzial für die erneuerbaren Energieträger angegeben. Es gibt an, wie viel Energie wir aus einem (erneuerbaren) Energieträger erzeugen können, wenn wir auch die vorhandenen Einschränkungen beachten. Diese Einschränkungen können unterschiedlichster Art sein: technisch, gesetzlich, wirtschaftlich, gesellschaftlich, ökologisch usw.*

*Dieser Einstieg soll diese unterschiedlichen Einschränkungen thematisieren und für die vielseitigen und sich z.T. widersprechenden Interessen und Bedürfnisse beim Ausbau der erneuerbaren Energien sensibilisieren.*

*Sofern Sie mit den Schülern bereits das Einstiegsmodul durchgeführt haben, kennen Sie die Karten des Energiespiels schon. Diese können Sie hier nun wieder nutzen. Wenn Sie das Einstiegsmodul oder das Energiespiel noch nicht kennen, ist das auch kein Problem. In diesem Fall schreiben Sie am besten die theoretischen Potenziale auf weiße Blätter.*

*Die folgende Tabelle listet die Potenziale auf, wobei diese nicht als absolute Zahl, sondern im Vergleich zum weltweiten jährlichen Energiebedarf angegeben werden: So viel Mal mehr Energie könnten wir aus diesem Energieträger herstellen, als wir auf der gesamten Welt pro Jahr verbrauchen*

*Quelle: Nitsch J. (2009): Potenziale erneuerbarer Energien und die Rolle des Energieträgers Holz. vTI Agriculture and Forestry Research Sonderheft 327: 91-102. Online: [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dk041646.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dk041646.pdf)*

Tab. 2: Theoretische und technische Potenziale der erneuerbaren Energien im Verhältnis zum weltweiten, jährlichen Energiebedarf

	<b>Theoretisches Potenzial</b>	<b>Technisches Potenzial</b>
<b>Sonne</b>	1750	3,65
<b>Wind</b>	200	0,5
<b>Biomasse</b>	20	0,2
<b>Geothermie</b>	20	0,4
<b>Wasser</b>	6	0,25
<b>EE gesamt (gerundet)</b>	2000	5

*Diskutieren Sie ausgehend von den Potenzialkarten des Energiespiels oder von den in der Tabelle aufgeführten Zahlen, welche Einschränkungen berücksichtigt werden müssen, wenn man die Frage beantworten will, ob die erneuerbaren Energien unseren Energiebedarf decken können.*

*Beispielhaft sind nachfolgend einige Einschränkungen aufgeführt (vgl. Nitsch 2009):*

- **technische Einschränkungen:** Wirkungsgrade, Anlagengrößen, Bauweisen, Baumaterialien
- **strukturelle Einschränkungen:** Ortsgebundenheit (z.B. bei Erdwärme), begrenzter Transportradius (z.B. bei Biomasse), Verfügbarkeit von Flächen/Flächenkonkurrenz (z.B. bei Biomasse), fehlende Infrastruktur (z.B.

*Strom- und Wärmenetze), Stromnetzstabilität (z.B. bei Solarenergie), Energiespeicher*

- **ökologische Einschränkungen:** Auswirkungen auf Flora und Fauna (z.B. bei Wind – Vögel, Wasser – Fische, Biomasse – Feldhamster), Beeinträchtigung von Ökosystemen (z.B. Wasser – Stauseen), fragliche Entsorgungsmöglichkeiten der Anlagen (z.B. Solarzellen)
- **gesetzliche Einschränkungen:** Mindestabstände (z.B. bei Wind), Gefahrenvermeidung (z.B. bei Biomasse), Genehmigungsverfahren
- **Gesellschaftliche Einschränkungen:** Akzeptanz, Kosten (z.B. bei teurerem grünem Strom), Beeinträchtigung der Landschaftsästhetik (z.B. bei Wind), Kriege und andere Auseinandersetzungen (erschweren EE-Ausbau)
- **Wirtschaftliche Einschränkungen:** Profitabilität, Investitionskosten
- **Geografische Einschränkungen:** Nicht-Zugänglichkeit einiger Gebiet auf der Welt aufgrund ihrer Standortbedingungen (z.B. Hochgebirge, Sümpfe, Permafrostböden)

*Sofern es Zeit und Fähigkeiten der Schüler zulassen, lassen Sie die Schüler die Diskussionsergebnisse visualisieren, z.B. in Form eines Mind-map.*

Wo finden Sie Hintergrundinformationen dazu?

Nitsch J. (2009): Potenziale erneuerbarer Energien und die Rolle des Energieträgers Holz. vTI Agriculture and Forestry Research Sonderheft 327: 91-102. Online: [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dk041646.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dk041646.pdf)

SAENA – Broschüre „Wanderausstellung Erneuerbare Energien zum Mitnehmen“

[https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE\\_Wanderausstellung\\_Erneuerbare\\_Energien\\_zum\\_Mitnehmen.pdf](https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE_Wanderausstellung_Erneuerbare_Energien_zum_Mitnehmen.pdf)

Empfohlene Methodik

Zeitbedarf: ca. 10 min

Lehrer-Schüler-Gespräch / Diskussion

Ggf. Visualisierung der Diskussionsergebnisse (z.B. als Mind-map)

Material

Potenzialkarten des Energiespiels (siehe Einstiegsmodul) ODER Potenzialangaben aus der Tabelle anzeigen (z.B. Aufschreiben auf Papier, an Tafel)

## 2. Erneuerbare Energieträger: Wasser / Pumpspeicherkraftwerk: Energieerzeugung und Energiespeicherung

*Erneuerbare Energieträger wie Wind und Sonne sind wetterabhängig. Insbesondere bei der Solarenergie treten sehr häufig Schwankungen bei der Energieerzeugung auf – je nachdem, ob und wie stark die Sonne scheint. Nachts erzeugt die Sonne sowieso keinen Strom. Dennoch wird auch bei Windstille, dunklen Wolken oder nachts Strom benötigt. Daher stellt sich die Frage nach geeigneten Speichermöglichkeiten für Strom bzw. nach Anlagen, die kurzfristig starke Schwankungen im Stromnetz ausgleichen können. Neben neueren Technologien wie Batterien/Akkus kommen dabei immer noch die klassischen Pumpspeicherkraftwerke in Frage.*

*Erläutern Sie zunächst anhand von Bildern (siehe Bilderordner), was ein Pumpspeicherkraftwerk ist und wie es funktioniert. Da die Schüler bereits wissen sollten, wie ein Flusswasserkraftwerk (mit Staudamm) funktioniert, ist dies eher Wiederholung und muss nur um das aktive Wieder-Hoch-Pumpen des Wassers in Zeiten von Stromüberschuss ergänzt werden.*

*Anschließend sollen die Schüler selbstständig ein thematisch passendes Experiment (am besten in 2er-Gruppen) durchführen. Bitte wählen Sie selbst, welches Experiment eher Ihren Bedürfnissen, im Materialfundus und den Fähigkeiten Ihrer Schüler entspricht. Beide Experimente dauern je etwa 10 Minuten.*

*Die Experimentieranleitungen finden Sie entweder online auf [unterrichtsmodule-energie.de](http://unterrichtsmodule-energie.de) oder als PDF in der Anlage.*

### Empfohlene Methodik

Zeitbedarf: ca. 15 min

Erklärung anhand von Bildern

Experimente:

„Wasser macht Druck“: <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/forscherauftrag-mai-2021/>

ODER

„Strom aus einem See“: <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-november-2021/>

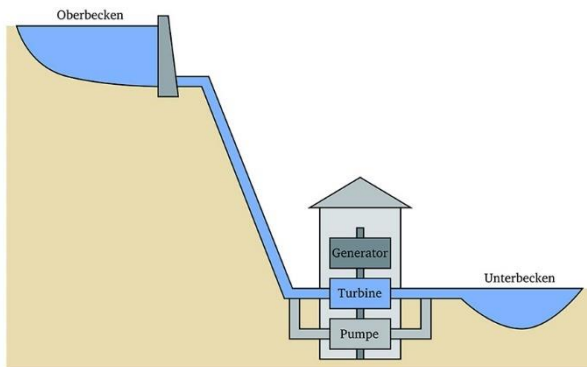
### Material

Bilder (ggf. in Powerpoint), siehe Bilderordner



Pumpspeicherkraftwerk Geesthacht

Bildquelle: Adobe Stock



Pumpspeicherkraftwerk Schema Bildquelle: Adobe Stock

Experimentieranleitung „Wasser macht Druck“: Anlage 01

Experimentieranleitung „Strom aus einem See“: Anlage 02

### 3. Erneuerbare Energieträger: Wind:

#### Kritische Betrachtung der Windenergie

*Im Einstiegsmodul wurden die Vor- und Nachteile der Windenergie schon ganz kurz betrachtet. Einer hohen Energieausbeute pro Windkraftanlage (WKA) stehen diverse Auswirkungen auf Tiere, Menschen und Landschaftsästhetik gegenüber.*

*Diskutieren Sie gemeinsam mit den Schülern über mögliche Nachteile der Windenergie. Hierbei könnten Sie z.B. eingehen auf:*

- die Gefahr für Vögel und Fledermäuse (durch Erschlagen oder Luftdruckunterschiede),
- Geräusentwicklung/Lärm,
- Landschaftsästhetik
- Flächenverbrauch (WKA stehen zumeist auf Flächen, die vorher für Landwirtschaft oder Wald genutzt wurden),
- Bedarf an Leitungstrassen (der Strom muss von der WKA ins Stromnetz),
- Schäden/Beeinträchtigungen während Bauphase (z.T. Baumfällungen bei Transport der großen Rotorblätter nötig, temporäre Baustraßen auf Feldern nötig)

*Welche Lösungsmöglichkeiten gibt es bereits, um diese möglichen Nachteile zu minimieren? Gäbe es Bedingungen, unter denen die möglichen Nachteile doch in Kauf genommen werden (z.B. Gewinnbeteiligung am Windstrom)?*

*Sollten Sie etwas mehr Zeit haben oder die Schüler bereits über ein gutes Vorwissen zu dieser Thematik verfügen, kann man diese Diskussion auch sehr schön als Rollenspiel gestalten. Teilen Sie dafür die Klasse am besten hälftig in Befürworter und Gegner einer WKA, die demnächst (fiktional) am Ortsrand erbaut werden soll. Als Rahmen für das Rollenspiel könnte ein Bürgerforum oder eine Gemeinderatssitzung dienen.*

*Sollten Sie noch mehr Zeit haben (\*Zusatzaufgabe\*), Dauer ca. 10 min:*

*Lassen Sie die Schüler das Quiz zur Windenergie lösen. Sie finden es online unter <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/ueberraschung-april-2022/> oder in der Anlage 03.*

#### Wo finden Sie Hintergrundinformationen dazu?

In den verschiedenen Broschüren der SAENA, u.a. in:

„Wanderausstellung erneuerbare Energien“, ab Seite 17. Online unter:  
[https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE\\_Wanderausstellung\\_Erneuerbare\\_Energien\\_zum\\_Mitnehmen.pdf](https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE_Wanderausstellung_Erneuerbare_Energien_zum_Mitnehmen.pdf)

„Was uns morgen antreibt. Energie im 21. Jahrhundert“, Seite 12/13. online unter:  
[https://www.unterrichtsmodule-energie.de/wp-content/uploads/2020/10/SAENA\\_Schulheft\\_Oberstufe.pdf](https://www.unterrichtsmodule-energie.de/wp-content/uploads/2020/10/SAENA_Schulheft_Oberstufe.pdf)

Zahl des Monats Juni 2023 (Thema Bürgerenergieanlagen):  
<https://www.unterrichtsmodule-energie.de/zahl-juni-2023/>

Umfrage zur Akzeptanz der Windenergie an Land Herbst 2021

[https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA\\_Wind\\_Umfrageergebnisse-2021.pdf](https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Umfrageergebnisse-2021.pdf)

Windenergie im Wald Good Practice / Lessons learned – 16 gute Beispiele



[https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA\\_Wind\\_Good\\_Practice\\_Wind\\_im\\_Wald\\_12-2017.pdf](https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/FA_Wind_Good_Practice_Wind_im_Wald_12-2017.pdf)

Windenergie und Natur in Einklang

<https://www.wind-energie.de/themen/mensch-und-umwelt/naturschutz/>

Empfohlene Methodik

Zeitbedarf: ca. 10 min

Diskussion oder Rollenspiel

Zusatz: Quiz zur Windenergie (Rätselgitter)

Material

Kein gesondertes Material nötig, ggf. empfohlene Literatur für Schüler zur Verfügung stellen

### 3a. Windenergie:

Moderne Windkraftanlagen als Auftriebsläufer

*Während alte Windmühlen oder die Spielzeug-Puste-Windräder nach dem Widerstandsprinzip (Wind drückt gegen die Flügel) funktionieren, nutzen moderne WKA den Auftrieb. Die Luft umströmt hierbei also die Rotorblätter wie bei einer Tragfläche eines Flugzeugs.*

*Ein geeigneter Einstieg in diese Thematik ist es, einfach gegen ein Blatt Papier zu pusten (oder noch besser gegen so ein Spielzeug-Puste-Windrad) um so zu demonstrieren, wie der Wind eine große Fläche vor sich herschiebt und in Bewegung versetzt. Nun zeigt man ein Bild von einer modernen WKA und stellt die provozierende Frage, ob die Erfinder hier nicht einen Fehler gemacht haben. Müssten die Rotorblätter nicht viel größer/breiter sein? (Die Antwort ist nein, weil bei den stromlinienförmigen Rotorblättern die Luft besonders gut vorbei strömen soll und so einen Auftrieb verursachen soll.)*

*Sofern die Schüler jetzt nicht sofort die passende Antwort wissen, lohnt sich ein kleines Experiment zu Veranschaulichung. Es verdeutlicht den Effekt der Luftbeschleunigung und daraus resultierenden Bewegung an gebogenen Objekten. Die Experimentieranleitung finden Sie in der Anlage 04.*

*Die Schüler können das Experiment auch selbst durchführen. Am besten geht das in 2er-Gruppen (einer hält die Äpfel, der andere pustet, dann wird gewechselt). Dann braucht man jedoch ein paar Minuten länger.*

*Erläutern Sie anschließend anhand des Bildes das Auftriebsprinzip.*

Wo finden Sie Hintergrundinformationen dazu?

Experiment „Verliebte Äpfel“: <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-februar-2022/> bzw. Anlage 04

Aerodynamik von Windenergieanlagen: <https://www.wind-energie.de/themen/anlagentechnik/funktionsweise/aerodynamik/>



Empfohlene Methodik

Zeitbedarf: ca. 5 min

Erläuterung anhand von Bildern und Anschauungsexperiment

*Alternative:* Schüler führen Experiment selbst durch (Zeit-Mehrbedarf ca. 5 min)

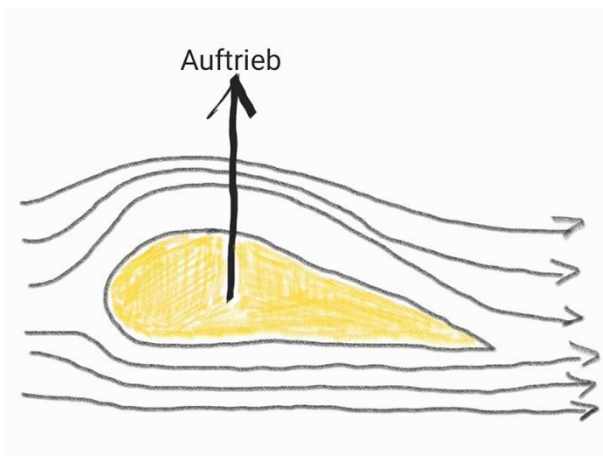
## Material

Bilder (siehe Bilderordner)

Evtl. ein Spielzeug-Windrad



WKA Bildquelle: Pixabay, Boke9a



Schematische Zeichnung zum Auftriebsprinzip Bildquelle: Liebal

#### 4. Erneuerbaren Energieträger: Sonne

Die üblichen technischen Anlagen (Solarthermie und Photovoltaik) und ihre Funktionsweise wurden im Einstiegsmodul bereits vorgestellt. Dieses Vorwissen wird hier vorausgesetzt.

In diesem Modul wird die Theorie nun durch eine praktische Aktion untersetzt. In Abhängigkeit von Ihrer verfügbaren Vorbereitungszeit, Bastelfreude der Schüler und thematischen Schwerpunktsetzung sollen nachfolgend 3 Aktionen vorgestellt werden, von der Sie sich 1 vorab aussuchen sollten. Die Tabelle stellt die 3 Aktionen kurz vor.

Tab. 3: Praktische Methoden zur Vertiefung der Solarenergie zur Auswahl

Thema	Solarthermie	Solarthermie	Photovoltaik
<b>Aktion</b>	Basteln eines Fingersonnenkollektors aus Alufolie	Basteln eines Aufwindkraftwerkes (in PET-Flasche).	Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage
<b>Ihre Vorbereitung</b>	ca. 30 min	Bis zu 1 h	keine
<b>Bastelfreude der Schüler</b>	hoch	hoch	keine
<b>Schwierigkeit</b>	einfach	anspruchsvoll	Einfache Mathe-Aufgaben
<b>Zusammenarbeit</b>	nein	Ja, 3er Gruppen	nein
<b>Effekt</b>	Schöne Selbsterfahrung der Solarthermie (Spüren)	Dauerhaftes Anschauungsmaterial und thematische Erweiterung	Hohe Alltagsrelevanz und Basis für Diskussion
<b>Wo?</b>	Anlage 05	Anlage 06	Anlage 07

*Hinweis zum Basteln eines Aufwindkraftwerkes (Experiment „Turbine für die Sonne“) dauert normalerweise etwa 40 Minuten. Durch die Arbeit in 3er-Gruppen oder wenn Sie einzelne Arbeitsschritte selbst vorbereiten kann die Arbeitszeit aber auf 15 Minuten reduziert werden.*

**Hinweis zur Berechnung bei der Photovoltaik:** Die Berechnung selbst dauert nur etwa 5 Minuten. Wenn Sie eine realistischere Berechnung durchführen wollen, lassen Sie die Schüler die Wirtschaftlichkeit noch einmal berechnen. Dabei soll beachtet werden, dass eine Solaranlage nicht den kompletten Eigenbedarf an Strom decken kann (schafft sie im Winter einfach nicht). Beziehen Sie also in die Berechnung mit ein, dass ca. ein Drittel des jährlichen Strombedarfs aus dem Stromnetz zugekauft werden muss, im Sommer aber überschüssiger Strom ins Netz eingespeist und vergütet wird.

Lohnend ist eine anschließende Diskussion, ob es zukünftig ein Gesetz geben sollte, welches die Installation einer PV-Anlage (Größe gemäß Eigenbedarf) auf Neubauten vorschreibt. Ebenfalls lohnend ist eine gemeinsame Recherche, welche Beschaffungsmöglichkeiten (z.B. Kauf, Miete) und Fördermöglichkeiten es aktuell für die Installation einer Solaranlage gibt. Wenn Sie den Schwerpunkt mehr auf Mathe legen wollen, berechnen Sie die Wirtschaftlichkeit noch einmal, wenn Sie davon ausgehen, dass Sie die Kosten der PV-Anlage mit einem Zinssatz von 4 % p.a. finanzieren müssen.

Sie können auch das Solarkataster Sachsen für diese Aufgabe nutzen, falls Sie eine Beispielrechnung digital zeigen wollen. Hier empfiehlt es sich ggf. die Wirtschaftlichkeit für Ihr Schuldach berechnen zu lassen.

<https://solarkataster-sachsen.de/de/#null>

### Wo finden Sie Hintergrundinformationen dazu?

In der Broschüre der SAENA „Wanderausstellung erneuerbare Energien“, ab Seite 22.  
Online unter:

[https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE\\_Wanderausstellung\\_Erneuerbare\\_Energien\\_zum\\_Mitnehmen.pdf](https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE_Wanderausstellung_Erneuerbare_Energien_zum_Mitnehmen.pdf)

Broschüren der SAENA „Was uns morgen antreibt. Energie im 21. Jahrhundert“, Seite 08/09. [https://www.unterrichtsmodule-energie.de/wp-content/uploads/2020/10/SAENA\\_Schulheft\\_Oberstufe.pdf](https://www.unterrichtsmodule-energie.de/wp-content/uploads/2020/10/SAENA_Schulheft_Oberstufe.pdf)

Leitfaden Photovoltaik - Strom erzeugen und optimal nutzen:

[https://www.saena.de/download/broschueren/BEE\\_Leitfaden\\_Photovoltaik.pdf](https://www.saena.de/download/broschueren/BEE_Leitfaden_Photovoltaik.pdf)

Solarkataster Sachsen: <https://solarkataster-sachsen.de/de/berechnungsgrundlage/photovoltaik/>

Experiment „Fingersonnenkollektor“: <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-juni-2021/>

Experiment „Turbine für die Sonne“: <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-juni-2022/>

Berechnung zur Photovoltaik: Anlage 07

### Empfohlene Methodik

Zeitbedarf: ca. 15 min

Experiment ODER Berechnung

Lehrer-Schüler-Gespräch (ggf. mit Recherche)

### Material

Je nach gewählter Methodik.

Experimentieranleitungen siehe Anlage 05 bis 07

## 5. Erneuerbaren Energieträger: Biomasse:

### Begriff und Einteilung

*Biomasse ist alles, was von Lebewesen stammt (z.B. Biomüll, Gülle, Reisig) bzw. auch die Lebewesen selbst. Mit Blick auf die Bioenergie kommen dabei jedoch nicht alle Lebewesen in Betracht, sondern meist nur Pflanzen und Pilze. Menschen und Tiere selbst werden nicht zur Energieerzeugung genutzt, wohl aber ihre Hinterlassenschaften.*

*Um den Begriff etwas fassbarer zu machen, gliedert man die Biomasse in drei Gruppen: Nachwachsende Rohstoffe, Ernterückstände und Nebenprodukte. Während die nachwachsenden Rohstoffe – sofern es sich nicht ausdrücklich um Energiepflanzen handelt – eher für eine stoffliche Verwendung (z.B. Lebensmittel, Papier, Textilien, Möbel, Farbstoffe, Medikamente, Kosmetik) vorgesehen sind, werden Ernterückstände und Nebenprodukte häufig energetisch (also für die Energieerzeugung) verwendet. Aus ihnen können Strom, Wärme und Biokraftstoffe erzeugt werden. Insbesondere die energetische Verwendung von Nebenprodukten – oft umgangssprachlich als Reststoffe bezeichnet – ist ein echter Mehrwert, denn eine andere sinnvolle Verwendung von (sehr großen Mengen) Gülle, Biomüll oder Altholz ist kaum möglich. Diskutabel ist dagegen, ob der Anbau von Energiepflanzen auf riesigen Flächen Sinn ergibt – vor allem, wenn man auch die Perspektiven des Naturschutzes mit einbezieht.*

*Erklären Sie den Schülern den Begriff und die Gliederung der Biomasse zunächst und lassen Sie die Schüler die Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt eintragen.*

*Sollten Sie noch mehr Zeit haben (\*Zusatzaufgabe\*), Dauer ca. 10 min:*

*Sofern Sie der stofflichen Verwendung von Biomasse gern etwas mehr Zeit einräumen wollen, dann machen Sie mit den Schülern ein Bilderrätsel (verfügbar als PowerPoint-Präsentation oder PDF) dazu. Alle Unterlagen dazu finden Sie unter:*

<https://www.unterrichtsmodule-energie.de/lehmaterial-biomassequiz/>

### Wo finden Sie Hintergrundinformationen dazu?

Broschüre der SAENA „Was uns morgen antreibt. Energie im 21. Jahrhundert“, Seite 10/11.

Broschüre der SAENA „Wanderausstellung erneuerbare Energien“, ab Seite 36.

Zur stofflichen Verwendung von Biomasse: [https://www.unterrichtsmodule-energie.de/wp-content/uploads/2021/02/2020-02-13\\_Hintergrundinfos-Biomasseverwendung\\_Liebal.pdf](https://www.unterrichtsmodule-energie.de/wp-content/uploads/2021/02/2020-02-13_Hintergrundinfos-Biomasseverwendung_Liebal.pdf)

### Empfohlene Methodik

Zeitbedarf: ca. 5 min

Erklärung und Lehrer-Schüler-Gespräch anhand von Bildern

Eintragung auf dem Arbeitsblatt (Lückentext füllen).

### Material

Bilder (siehe Bilderordner), alle Bildquelle: Pixabay

Arbeitsblatt „Biomasse“: [https://www.unterrichtsmodule-energie.de/wp-content/uploads/2020/11/2020-11-24\\_BIOMASSE\\_Arbeitsblatt\\_Liebal.pdf](https://www.unterrichtsmodule-energie.de/wp-content/uploads/2020/11/2020-11-24_BIOMASSE_Arbeitsblatt_Liebal.pdf) oder siehe Anlage 08



## 5a. Erneuerbaren Energieträger: Biomasse:

### Vor- und Nachteile

Lassen Sie am besten die Schüler (derjenige, der alle Karten zum jeweiligen Energieträger an seinen Platz genommen hat) die Karten zum Vor- und Nachteil laut vorlesen. Falls Sie das Spiel nicht gespielt haben, nennen Sie sie einfach.

**Vorteil:** Funktioniert am Tag und in der Nacht. Man kann viele Reste zum Erzeugen von Strom, Wärme und Biokraftstoffen verwenden, die sonst auf dem Müll gelandet wären.

**Nachteil:** Kann ziemlich stark stinken. Wird zu viel davon genutzt, können wichtige Lebensräume zerstört werden.

Besprechen Sie mit den Schülern die Vorteile (v.a. wetterunabhängig und vielseitig verwendbar (Strom, Wärme und Biokraftstoffe). Lassen Sie die Schüler die Begriffe auf dem Arbeitsblatt ergänzen. Ggf. können Sie darauf hinweisen, dass Biokraftstoffe auch zukünftig für alle technischen Anlagen notwendig sein werden, die sich nicht so schnell auf elektrischen Antrieb umrüsten lassen (v.a. alte Industrieanlagen, Flugzeuge, landwirtschaftliche Maschinen).

Besprechen Sie mit den Schülern den möglichen Nachteil, dass eine Übernutzung von Ökosystemen möglich ist (z.B. Abholzung von Wäldern, Intensivierung der Landwirtschaft inkl. Anbau von Monokulturen). Gehen Sie dabei am besten auf den Begriff der Nachhaltigkeit ein.



*Nachhaltigkeit meint, dass nur so viele Ressourcen (Vorräte) jetzt genutzt werden dürfen, dass auch zukünftige Generationen ihre Bedürfnisse noch befrieden können. Auf Biomasse übertragen heißt das: Nicht mehr nutzen als wieder nachwächst.*

*Hier können Sie ggf. auf den Brundtland Bericht (1987) verweisen, in dem erstmals das Thema Nachhaltigkeit weltweit in den Fokus gerückt wurde.*

*Ggf. können Sie mit den Schülern auch die Thematik „Tank oder Teller“ diskutieren. Gemeint ist hier die Nutzungskonkurrenz für nachwachsende Rohstoffe. Sie können sowohl stofflich (z.B. Getreide für Lebensmittel) oder energetisch (Getreide für die Biogasanlage) verwendet werden. Problematisch ist, dass die zur Verfügung stehende Gesamtanbaufläche limitiert ist. Ein Ausbau der Bioenergie muss also entweder auf der stärkeren Nutzung von Ernterückständen und Nebenprodukten beruhen oder geht zu Lasten der stofflichen Verwendung von Biomasse.*

Wo finden Sie Hintergrundinformationen dazu?

Broschüren der SAENA, u.a. in „Was uns morgen antreibt. Energie im 21. Jahrhundert“, Seite 10/11.

Forscherauftrag „Alles Holz!“: <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/forscheraufgabe-oktober-2020/>

[https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/brundtland\\_report\\_563.htm](https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/brundtland_report_563.htm)

Broschüre der SAENA „Wanderausstellung erneuerbare Energien“

[https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE\\_Wanderausstellung\\_Erneuerbare\\_Energien\\_zum\\_Mitnehmen.pdf](https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE_Wanderausstellung_Erneuerbare_Energien_zum_Mitnehmen.pdf)

Empfohlene Methodik

Zeitbedarf: ca. 10 min

Erklärung und Lehrer-Schüler-Gespräch

Material

Bilder (siehe Bilderordner)

Energetische oder stoffliche Verwendung?



Auch bekannt als: Tank oder Teller?



Visualisierung Tank oder Teller

Bildquelle: Liebal

## 5b. Erneuerbaren Energieträger: Biomasse:

Klimafreundliche Energie?

*Inbesondere wenn Biomasse zur Wärmeerzeugung genutzt und somit verbrannt wird, entstehen große Mengen des Treibhausgases Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Trotzdem zählt Biomasse zu den erneuerbaren und damit klimafreundlichen Energieträgern. Wohlwissend, dass dieser Fakt in einigen Teilen der Wissenschaft und Gesellschaft durchaus sehr kontrovers diskutiert wird, lässt sich dennoch ein maßgeblicher Unterschied zwischen Bioenergie und der Nutzung fossiler Energieträger ausmachen:*

*Pflanzliche Biomasse betreibt Photosynthese. Freigesetztes CO<sub>2</sub> wird also weitestgehend vorher von den Pflanzen aus der Luft gefiltert und für den eigenen Stoffwechsel (Wachstum) gebraucht. So entsteht ein CO<sub>2</sub>-Kreislauf. Im Optimalfall entspricht die Menge des gespeicherten CO<sub>2</sub> der Menge des freigesetzten CO<sub>2</sub>. Es ergeben sich netto null Emissionen. Man spricht von CO<sub>2</sub>-Neutralität. Diese ist bei fossilen Energieträgern nicht gegeben. Hier wird netto mehr Kohlendioxid emittiert, da Kohle und Erdöl keine Photosynthese mehr betreiben.*

*Diskutieren Sie die Frage nach der Klimafreundlichkeit und CO<sub>2</sub>-Neutralität mit den Schülern. Welche Faktoren sorgen dafür, dass Biomasse u.U. nicht CO<sub>2</sub>-neutral ist (z.B. energieintensive Ernte- und Transportmaßnahmen)?*

Empfohlene Methodik

Zeitbedarf: ca. 3 min

Erklärung und Lehrer-Schüler-Gespräch

Eintragungen und Einzeichnen auf dem Arbeitsblatt „Biomasse“

Material

Arbeitsblatt „Biomasse“



Visualisierung CO<sub>2</sub>-neutral Bildquelle: Pixabay



## 5c. Erneuerbaren Energieträger: Biomasse:

### Biogasanlagen

*Biogasanlagen dienen zur gleichzeitigen Produktion von Strom und Wärme. Da sie geruchsintensive Ausgangsstoffe wie Gülle und Silage verwenden, sind sie meist in ländlichen Gebieten angesiedelt. Oft befinden sie sich in unmittelbarer Nähe von großen Viehzuchtbetrieben (z.B. Kuhställe), da dort viel Gülle verfügbar ist. So sind einige Landwirte auch zu Energiewirten geworden.*

*Aber was passiert in einer Biogasanlage? Grob gesagt werden die Ausgangsmaterialien (meist Gülle, Silage oder Biomüll) in der Vorgrube vermischt und anschließend in den Fermenter (Gärbehälter) eingebracht. Die dort lebenden Bakterien zersetzen das Biomasse-Gemisch und produzieren dabei Biogas.*

*Die Fermenter von Biogasanlagen lassen sich in der Landschaft sehr gut erkennen durch ihre runde oder leicht angespitzte Gummikuppel. Diese ist notwendig, da der Fermenter sein Volumen dadurch an eine veränderte Biogasmenge anpassen kann, ohne dabei den Innendruck zu verändern. Genaugenommen besteht die Gummikuppel aber nicht aus Gummi, sondern aus mehreren Lagen von Membranen.*

*Zeigen Sie den Schülern zunächst ein Bild von einer Biogasanlage und erläutern Sie die einzelnen Bauteile.*

*Anschließend können Sie den Schülern anhand eines einfachen Experiments mit Backpulver (als Bakterienersatz) und Essig (als Biomasseersatz) zeigen, was in einer Biogasanlage passiert.*

*Die Experimentieranleitung finden Sie online unter <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/experiment-februar-2021/> oder in der Anlage 10. Dort finden Sie auch ausführliche Infos zum Erklären des Experiments.*

*Eigentlich ist es schöner, wenn die Schüler das Experiment selbst durchführen, denn die sich aufblasenden Luftballons führen meist zu einer Menge Spaß und Neugier, ob die Luftballons platzen. Allerdings wird für das Experiment deutlich mehr Zeit benötigt, wenn es die Schüler selbst machen – ca. 15. Minuten.*

*Anschließend werten Sie mit den Schülern gemeinsam aus, was mit dem Biogas passiert (Verwendung in Blockheizkraftwerken: Biogas treibt Motor an, dieser wiederum einen Generator, der Strom erzeugt. Gekoppelte Wärmeabgewinnung durch Nutzung der Abwärme des Motors).*

*Abschließend sollen die Schüler den Lückentext auf dem Arbeitsblatt „Bioenergie“ ausfüllen. Dieses ist online unter [https://www.unterrichtsmodule-energie.de/wp-content/uploads/2020/11/2020-11-05\\_BIOEnergie\\_Arbeitsblatt\\_Liebal.pdf](https://www.unterrichtsmodule-energie.de/wp-content/uploads/2020/11/2020-11-05_BIOEnergie_Arbeitsblatt_Liebal.pdf) oder in der Anlage 09.*

*Sollten Sie noch mehr Zeit haben (\*Zusatzaufgabe\*), Dauer ca. 15 min:*

*Insbesondere zur Wiederholung eignet sich ein Buchstabensalat, bei dem 18 Begriffe rund um das Thema Biogas gefunden werden müssen. Diese Aufgabe finden Sie online unter <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/ueberraschung-maerz-2021/>*

*Alternative Methode:*

*Video. Geeignet ist z.B. „Biogasanlage – Aufbau und Funktion“ von Ingenieurskunst: <https://www.youtube.com/watch?v=7PFCBkEHnvQ> (Dauer 6:54). Soll der Fokus mehr auf*

den chemischen Prozessen bei der Entstehung von Biogas liegen, dann ist das Video „Wie wird Biogas hergestellt“ von Chemie-simple club sehr gut:

<https://www.youtube.com/watch?v=zBFio2iFTqk> (Dauer 3:14)

Wo finden Sie Hintergrundinformationen dazu?

Webseite der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR):

<https://biogas.fnr.de/service/biogas-literatur>

Broschüren der SAENA, u.a. in „Was uns morgen antreibt. Energie im 21. Jahrhundert“, Seite 11.

Broschüre der SAENA „Wanderausstellung erneuerbare Energien“

[https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE\\_Wanderausstellung\\_Erneuerbare\\_Energien\\_zum\\_Mitnehmen.pdf](https://www.saena.de/download/Erneuerbare%20Energien/BEE_Wanderausstellung_Erneuerbare_Energien_zum_Mitnehmen.pdf)

Überraschung „Buchstabensalat im Biogas“: <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/ueberraschung-maerz-2021/>

Empfohlene Methodik

Zeitbedarf: ca. 10 min

Erklärung und Lehrer-Schüler-Gespräch anhand von Bildern

Experiment als Anschauung oder für die Schüler zum Selbstmachen

Ausfüllen des Arbeitsblattes „Bioenergie“: Gülle, Silage, Bakterien, Methan, Motor, Generator

Evtl. Rätsel (Buchstabensalat)

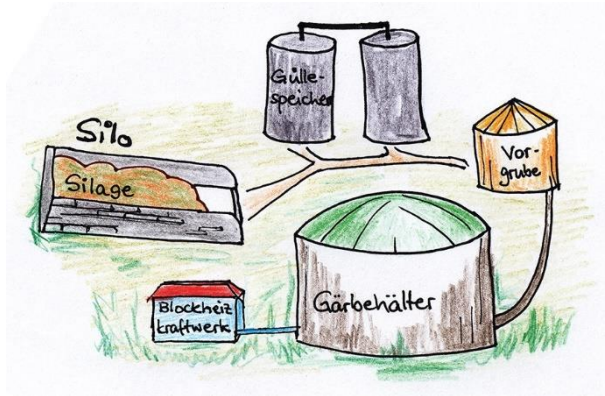
Material

Bilder (siehe Bilderordner)



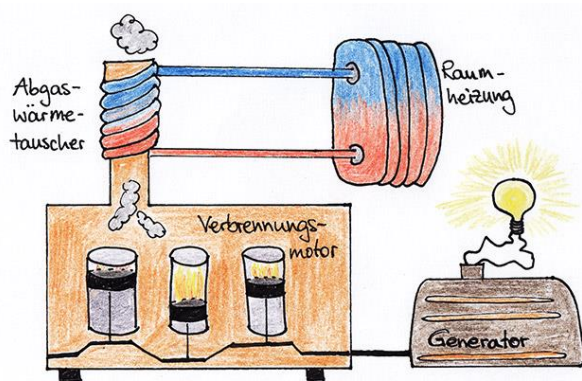
Biogasanlage

Bildquelle: AdobeStock



Biogasanlage Schema

Bildquelle: Liebal



Schema eines Blockheizkraftwerks einer Biogasanlage

Bildquelle: Liebal

## 5c. Erneuerbaren Energieträger: Biomasse:

### Biomasseheizkraftwerke

*Biomasseheizkraftwerke (BMHKW) dienen in erster Linie der Wärmegewinnung. Größere Anlagen können aber oft auch Strom erzeugen. Der Aufbau der Anlagen ist dabei sehr vielfältig.*

*Eine einfache Einführung kann man selbst geben, indem man die Abläufe mit dem Kamin oder dem Lagerfeuer vergleicht und ergänzt, dass die heiße Abwärme in einem Wärmetauscher zur Warmwasseraufbereitung genutzt wird. Dazu kann das Bild zum schematischen Aufbau einer einfachen Feuerungsanlage genutzt werden.*

*Je nach gewünschter Vertiefung des Themas nutzen Sie anschließend am besten eines der Videos, um zu erklären, wie BMHKW funktionieren. Geeignet sind z.B.:*

*Video „Scheitholz, Pellets und Co“ der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe:  
<https://www.youtube.com/watch?v=aOmcr3KilW4> (Dauer 7:16)*

*Oder Video „Funktionsweise Biomasseheizkraftwerk Pfaffenhofen“ der Danpower Gruppe:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ADzUUlTV5U> (Dauer 4:31)*

*oder Video „Biomasse-Heizkraftwerk Kufstein“ von Stadtwerke Kufstein:  
<https://www.youtube.com/watch?v=tH3GswzaGiQ> (Dauer 2:52)*

*oder Video „Nachhaltig Heizen mit Holz“ der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Z0nh7TT6XJs> (Dauer: 5:27)*

*Abschließend wird der Lückentext auf dem Arbeitsblatt „Bioenergie“ gefüllt.*

*Sollten Sie noch mehr Zeit haben (\*Zusatzaufgabe\*), Dauer ca. 15 min:*

*Insbesondere zur Wiederholung eignet sich ein Buchstabensalat, bei dem 12 Begriffe rund um das Thema BMHKW gefunden werden müssen. Diese Aufgabe finden Sie online unter <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/ueberraschung-februar-2023/>*

Wo finden Sie Hintergrundinformationen dazu?

Broschüre der SAENA „Technologien der Abwärmenutzung“:  
[https://www.saena.de/download/broschueren/BU\\_Technologien\\_der\\_Abwaermenutzung.pdf](https://www.saena.de/download/broschueren/BU_Technologien_der_Abwaermenutzung.pdf)

Überraschung „Auf der Suche nach Wärme“: <https://www.unterrichtsmodule-energie.de/ueberraschung-februar-2023/>

Empfohlene Methodik

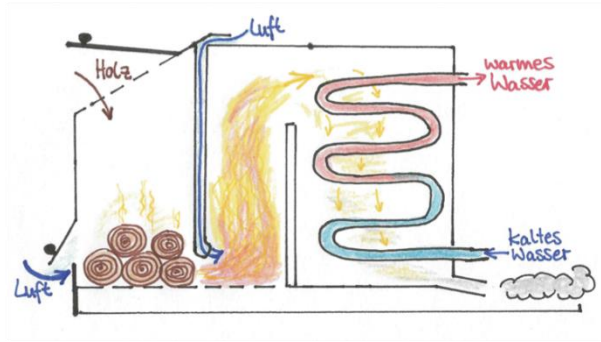
Zeitbedarf: ca. 7 min

Erklärung und Lehrer-Schüler-Gespräch anhand von Bildern

Eintragung auf dem Arbeitsblatt „Bioenergie“: Wärmetauscher, Generator

Material

Bilder (siehe Bilderordner)



Schematische Darstellung einer einfachen Feuerungsanlage

Bildquelle: Liebal

## Anlagen

- 01: Experimentieranleitung „Wasser macht Druck“
- 02: Experimentieranleitung „Strom aus einem See“
- 03: Quiz zur Windenergie (inkl. Lösung)
- 04: Experimentieranleitung „Verliebte Äpfel“
- 05: Experimentieranleitung „Fingersonnenkollektor“
- 06: Experimentieranleitung „Turbine für die Sonne“
- 07: Berechnung zur Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage auf dem Hausdach
- 08: Arbeitsblatt „Biomasse“
- 09: Arbeitsblatt „Bioenergie“
- 10: Experimentieranleitung „Biogas im Glas“

### Haftungsausschluss

Der Inhalt dieser Broschüre ist sorgfältig geprüft und nach bestem Wissen erstellt worden, jedoch übernimmt die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH keinerlei Haftung für eventuell falsche oder missverständliche Texte bzw. Darstellungen und für die Vollständigkeit des Inhaltes. Aufgezeigte

Abbildungen stellen keine Hersteller- und Qualitätsauswahl dar. Ebenso stellt diese Broschüre keine Planungs- und Rechtsgrundlage dar.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Wenn Sie der Redaktion Hinweise zu dieser Broschüre geben möchten, zögern Sie nicht, uns zu kontaktieren





## Wasser macht Druck

Wasser liebt den Ausgleich. Ist Wasser einfach nur harmoniebedürftig oder was steckt dahinter?

**Was zu tun ist:** Für diesen Forscherauftrag brauchst Du eine freie Arbeitsfläche, die vielleicht auch ein wenig nass werden kann. Am besten ist also, Du legst Dir ein Handtuch daneben. Fülle als erstes eines der beiden Gläser mit Wasser und stelle dieses Glas etwas höher, z.B. auf eine Kiste. Das leere Glas stellst Du daneben. Fülle nun den Strohhalm mit Wasser. Dafür tauchst Du ihn am besten komplett unter (z.B. im Waschbecken). Halte die Enden mit den Fingern zu, sodass das Wasser nicht wieder herausfließen kann. Jetzt stellst Du den wassergefüllten Strohhalm vorsichtig in das volle Glas. Achtung: Die Finger müssen immer noch auf dem Strohhalm bleiben! Nimm die Finger erst weg, wenn das andere Ende des Strohhalms in das leere Glas zeigt. Was passiert?

Teste nun unterschiedliche Anordnungen! Funktioniert es auch, wenn das leere Glas höher steht als das mit Wasser gefüllte Glas? Funktioniert es auch mit längeren Leitungen (z.B. ineinander gesteckte Strohhalm)?

### Schritt-für-Schritt-Anleitung:

1. Nimm ein leeres Glas und stelle es auf die Arbeitsfläche.
2. Nimm nun Dein zweites Glas und fülle es mit Wasser.
3. Dann stelle es höher als das andere Glas. Stelle es also z.B. auf eine leere Dose oder eine Kiste.
4. Fülle nun den Knickstrohhalm mit Wasser und halte Deine Finger an beiden Enden darauf, so dass kein Wasser entweichen kann.
5. Stelle den mit Wasser gefüllten Strohhalm mit der einen Seite in das Glas mit Wasser und halte es mit der anderen Seite in das leere Glas.
6. Nun nimmst Du beide Finger weg. Was passiert?
7. Teste unterschiedliche Anordnungen! Funktioniert es auch, wenn das leere Glas höher steht als das mit Wasser gefüllte Glas? Funktioniert es auch mit längeren Leitungen (z.B. ineinander gesteckte Strohhalm)?

## Um was geht ´s?

Hast Du schon einmal beobachten können, wie Wasser einen Berg herunterstürzt? Oder, wie sich Regenwasser zwischen zwei Pfützen, die zwar nebeneinander, aber unterschiedlich hoch liegen, ausgleicht? Genau das wollen wir heute mal testen. Wie verhält sich Wasser, wenn es in zwei Gefäßen ist, die unterschiedlich hoch stehen?

## Materialbedarf

- 2 leere Gläser (z.B. ausgespülte Marmeladengläser)
- Dose, Kiste oder anderen Gegenstand, wo man ein Glas drauf stellen kann
- 10 Knick-Strohhalm oder einen dünnen Schlauch
- Wasser

**Arbeitszeit:** 10 Minuten

## Schnell-Check

**Anspruch:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Arbeitszeit:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Spaß:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Geduld:** 😊 😊 😊 😊 😊





## Wie soll das aussehen?



→ Anordnung der Gläser



→ Wasser im Schlauch



→ Wasser marsch!

**Bitte drauf achten!** Bitte arbeite vorsichtig mit den Gläsern und stelle sie nur auf stabile Unterlagen, von denen sie nicht so leicht herunterfallen können.

**Warum ist das so?** Das Wasser fließt vom höherstehenden vollen Glas in das tieferstehende, leere Glas, und zwar so lange, bis beide Wasserspiegel auf einer Höhe sind. Das passiert, weil in dem vollen Wasserglas mehr Energie ist. Das oben befindliche Wasser hat viel potenzielle Energie (Lage-Energie), die frei wird, wenn es nach unten fallen (z.B. beim Wasserfall) oder fließen (z.B. im Strohalm oder Schlauch) kann. Das Wasser möchte einen Energie-Gleichstand in beiden Gläsern erzeugen.

### Wo wird das angewendet?

Ein schönes Beispiel dafür sind Pumpspeicherkraftwerke. Dabei wird in einem Behälter, z.B. einem See, der sich auf einem Berg befindet, Wasser gespeichert. Unten im Tal gibt es auch noch einen See, der jedoch nur ein wenig gefüllt ist. Nun wird das Wasser vom oberen Behälter in den unteren Behälter abgelassen. Dabei versucht das Wasser, den oben genannten Ausgleich zu erzeugen.

Da auf dem Weg ins Tal noch Turbinen angebracht sind, erzeugt das Wasser Strom, wenn es durch die Turbinen fließt und diese antreibt. Natürlich muss das Wasser dann wieder hochgepumpt werden.



## Strom aus einem See

Wenn Du und Deine Freunde gleichzeitig viele elektrische Geräte anschaltet, hat das Stromnetz Stress. Für diese Fälle helfen Speicher aus Wasser.

**Was zu tun ist:** Bereite das benötigte Material vor. Für das Experiment hältst Du Dich idealerweise im Badezimmer oder in der Küche auf, da Du ein Waschbecken benötigst. Mit Hilfe eines erhitzten Nagels (Vorsicht damit!) durchstichst Du vorher markierte Punkte, die es ermöglichen, dass das Wasser später aus verschiedenen Höhen der Flasche austreten kann.

### Schritt-für-Schritt-Anleitung:

1. Bereite das Material vor.
2. Zeichne mit Hilfe eines wasserfesten Stiftes 6 bis 9 Punkte in unterschiedlichen Höhen mit etwa gleichem Abstand zueinander auf die Flasche. Sie sollten nicht genau übereinander liegen, sondern schräg nach oben versetzt sein.
3. Zünde eine Kerze in einem Kerzenständer oder ein Teelicht an. (Sie sollte stabil und auf einem nicht brennbaren Untergrund wie einen Teller stehen.)
4. Erhitze die Spitze des Nagels über der Kerzenflamme. Halte hierbei den Nagel idealerweise mit einem Topflappen oder dicken Handschuh fest, sodass sich der Nagel dabei stark erhitzen kann.
5. Stich mit der heißen Nagelspitze in die markierten Punkte ein. Dadurch entstehen kleine Löcher. Wiederhole zwischendurch das Erhitzen des Nagels, da er rasch abkühlt.
6. Prüfe nun, ob alle Löcher etwa gleich groß sind.
7. Klebe die Löcher mit festem Klebeband zu.
8. Befülle nun die Flasche bis oben mit Wasser und drehe den Deckel der Flasche drauf.
9. Stelle die Flasche auf den Rand eines Waschbeckens oder einer Badewanne und entferne den Klebestreifen.
10. Öffne nun auch wieder den Flaschendeckel.
11. Beobachte das Ausströmen des Wassers aus der Flasche. Wie sehen die Wasserstrahlen aus? Verändern sie sich?

## Um was geht ´s?

In den Alpen und anderen Gebirgen sieht man manchmal ganz besondere Seen. Diese befinden sich in größeren Höhen, werden an einer Seite von einer Staumauer umfasst und speichern große Mengen an Wasser – das nur darauf wartet bei erhöhtem Strombedarf ins Tal abgelassen zu werden. Mit großer Kraft wird dadurch eine Turbine gedreht und Strom erzeugt. Eine imposante Art der Energiespeicherung.

## Materialbedarf

- Leere Plastikflasche
- Wasserfester Stift
- Nagel
- brennende Kerze (Teelicht)
- Wasser
- Topflappen oder ganz dicken Handschuh
- Waschbecken
- breite Klebestreifen

**Arbeitszeit:** 15 Minuten

## Schnell-Check

**Anspruch:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Arbeitszeit:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Spaß:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Geduld:** 😊 😊 😊 😊 😊

## Wie soll das aussehen?



→ Material vorbereiten



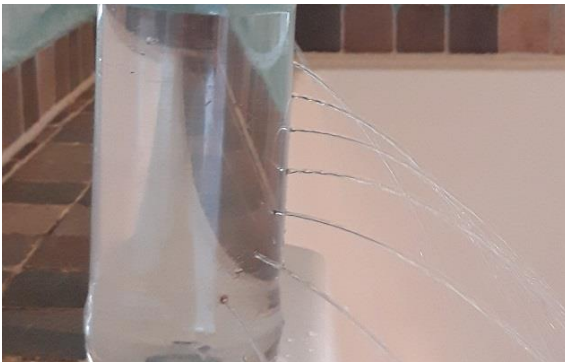
→ Löcher stechen



→ Klebeband abziehen

**Bitte drauf achten!** Die Kerze sollte stabil und auf einem nicht brennbaren Untergrund wie einen Teller stehen. Da die Arbeit mit der Kerze zu Verbrennungen führen kann, solltest Du darauf achten, dass Du beim Halten des Nagels einen Topflappen oder einen dicken Handschuh trägst. Zudem sollte ein Erwachsener dabei sein.

## Warum ist das so?



Der Versuch mit der Flasche zeigt uns, wie hoch die Drücke hinter einer Staumauer sind und mit welcher Kraft das Wasser durch die Druckrohrleitung eines Speicherkraftwerks strömt.

Speicherkraftwerke sind große Wasserkraftwerke,

die für eine bestimmte Zeit (Stunden oder auch Monate lang) Wasser in einem Speicherbecken (=Speichersee) sammeln. Wenn Strom benötigt wird, lässt man das Wasser aus dem Speichersee ab und führt es durch ein tiefer gelegenes Turbinenbecken.

Am unteren Ende der Rohrleitung befindet sich eine spezielle Wasserkraftturbine, die das Wasser aufnimmt und die Drehbewegung auf einen Generator überträgt.

Je höher der Wasserstand im Speicherbecken ist, desto mehr Druck befindet sich am Boden des Wasserbeckens. Dieser hohe Wasserdruck lässt sich bei unserer Flasche darin erkennen, dass das Wasser aus den unteren Löchern in weiterem Bogen aus der Flasche strömt. Das ist auch dadurch erkennbar, dass das Wasser hier die größte Weite erreicht.

Im Laufe des Experiments nimmt der Wasserstand ab und somit sinkt auch – wie im echten Staubecken bzw. Stausee – der Wasserdruck und somit auch die Energieausbeute.

In Zeiten mit schwacher Stromlast kann elektrische Energie zudem in sogenannten Pumpspeicherkraftwerken gespeichert werden, indem eine Pumpe das Wasser wieder nach oben in das Speicherbecken pumpt, um es für spätere Zeiten mit höheren Bedarfen an elektrischer Energie zu speichern.

## Wo wird das angewendet?

Speicherkraftwerke sind eine geniale Erfindung. Aber sie stellen auch einen großen Eingriff in die Natur dar. Die größte Staumauer in Österreich beispielsweise, die Kölnbreinsperre im Maltatal, ist 200 Meter hoch und 626 Meter breit.

Im Sommer fallen über 90 % des Wasserdargebotes an, während im Winter unter 10 % davon anfallen. Durch die Speicherung über das ganze Jahr kann somit auch im Winter bedeutend mehr Strom aus dem Kraftwerk gewonnen werden. Im sogenannten Wälzbetrieb funktioniert das Kraftwerk wie ein Pumpspeicher auch ohne Wasserzulauf. So gleicht das Wasserkraftwerk die Bedarfe aus ganz Österreich und auch der umliegenden Länder aus.

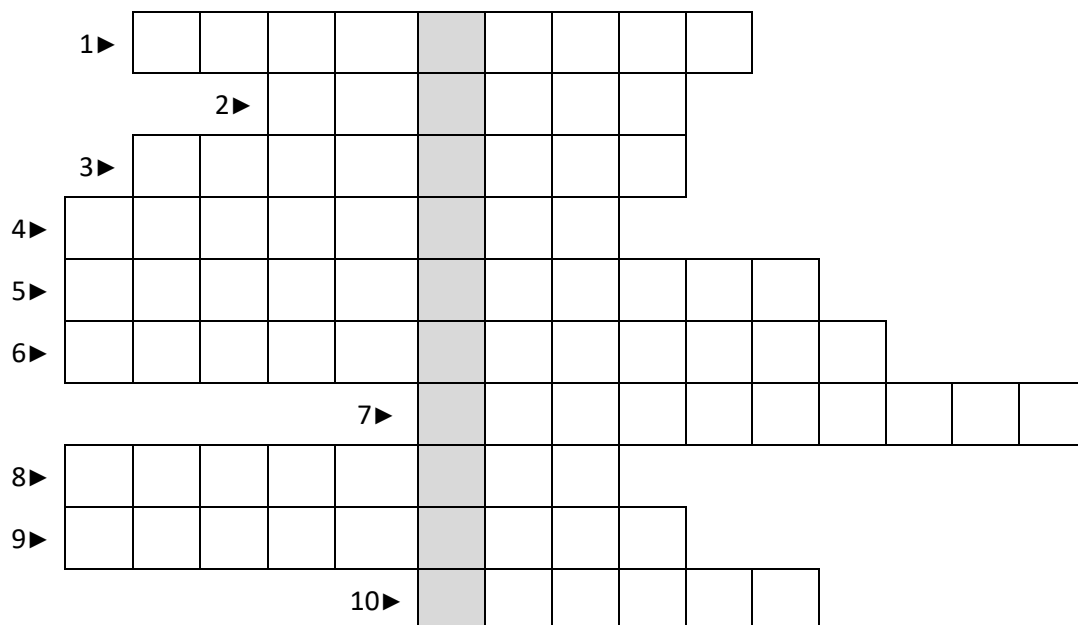


## Rätsel „Windenergie“

Finde die 10 richtigen Begriffe und trage sie in das Gitter ein! Wenn Du alles richtig gemacht hast, erhältst Du ein Lösungswort in den grauen Kästchen. Es beschreibt den Ersatz von kleineren Windkraftanlagen durch größere.

### Aufgaben:

- 1: technisches Gerät, welches die mechanische Energie (Drehbewegung des Rotors) in elektrische Energie umwandelt
- 2: Bauteil einer Windkraftanlage, welches verhindert, dass sich der Rotor zu schnell dreht
- 3: räumliche Ansammlung von mehreren Windkraftanlagen
- 4: Windkraftanlagen, die auf dem Meer stehen (wörtlich „vor der Küste“)
- 5: ein Grund, weshalb wir Windkraftanlagen brauchen. hat etwas mit Kohlendioxid und dem Treibhauseffekt zu tun
- 6: elektrische Leistung, die eine Windkraftanlage ab der optimalen Windgeschwindigkeit (meist 12-15 km/h) erbringt
- 7: Fachbegriff für den Flügel einer Windkraftanlage
- 8: physikalisches Prinzip, durch welches sich die Flügel einer Windkraftanlage drehen
- 9: „Ort“, in den die Windkraftanlage ihre produzierte elektrische Energie einspeist
- 10: Fachbegriff für das Maschinenhaus einer Windkraftanlage, an dem der Rotor verbaut ist



# Rätsel „Windenergie“ – Lösung

1▶	G	E	N	E	R	A	T	O	R												
					2▶	B	R	E	M	S	E										
					3▶	W	I	N	D	P	A	R	K								
4▶	O	F	F	S	H	O	R	E													
5▶	K	L	I	M	A	W	A	N	D	E	L										
6▶	N	E	N	N	L	E	I	S	T	U	N	G									
						7▶	R	O	T	O	R	B	L	A	T	T					
8▶	A	U	F	T	R	I	E	B													
9▶	S	T	R	O	M	N	E	T	Z												
						10▶	G	O	N	D	E	L									



## Verliebte Äpfel

Stoßen sich zwei nebeneinander hängende Äpfel, durch die wir durchpusten, nicht voneinander ab?

**Was zu tun ist:** Bereite das benötigte Material vor. Idealerweise findest Du zwei knackige, gleich große Äpfel, an deren Stängel jeweils ein Stück Wollfäden oder Paketschnur angebunden wird. Für das Experiment suchst du idealerweise eine Türklinke oder eine ähnliche Vorrichtung, an der Du Deinen Apfelversuch mit Hilfe eines Holzstabes installieren kannst, ohne dass etwas wackelt. Der Versuch lässt sich auch alleine durchführen und wenn Du genug Puste hast, brauchst Du keinen Fön.

### Schritt-für-Schritt-Anleitung:

1. Schneide zwei etwa 30 cm lange Wollfäden oder Paketschnüre zurecht.
2. Binde die Schnüre an einem Ende an einen Apfelstängel und an dem anderen Ende an den Holzstab.
3. Halte den Stab nun waagrecht in die Höhe und kontrolliere, ob die Äpfel auf gleicher Höhe hängen.
4. Schiebe die Äpfel so nah zueinander, dass sie an der engsten Stelle etwa 2 cm Abstand voneinander haben.
5. Befestige den Holzstab nun so an der Türklinke oder einer anderen stabilen Vorrichtung, sodass die Äpfel mindestens 1 cm Abstand zur Tür oder Vorrichtung haben.
6. Bemühe Dich darum, dass die Äpfel nicht mehr pendeln.
7. Nun starte Deinen Versuch:  
Puste mit gleichmäßiger Luft kräftig zwischen den zwei Äpfeln hindurch. Was kannst Du beobachten?
8. Sollte Deine Puste nicht ausreichen, um ein eindeutiges Ergebnis zu beobachten, versuche mit einem Fön den Luftstrom durch die Äpfel zu erzeugen. Bevor Du den Fön einschaltest, sollten die Äpfel wieder in einen Ruhezustand gekommen sein. Was kannst Du nun beobachten?
9. Zeige Deinen Versuch auch Deiner Familie und frage sie zuvor, wie sie es einschätzen: „Werden die Äpfel durch das Pusten voneinander weggedrängt? Oder andersrum?“

## Um was geht ´s?

Windflügel haben genauso wie Flugzeugflügel an der Unterseite eine gewölbte Form. Warum ist das so? Und warum vergleichen wir das mit zwei wohlgeformten Äpfeln, die sich „anscheinend küssen wollen“? Das Experiment zeigt Dir anschaulich wie Unterdruck entsteht, der für den Auftrieb der genannten Flügel verantwortlich ist.

## Materialbedarf

- 2 große runde Äpfel mit Stängel
- 2 Wollfäden (etwa 30 cm)
- 2 Holzstab
- eine freie Türklinke zum Aufhängen (alternativ ein Ast am Baum, wenn Du das Experiment draußen durchführen möchtest)
- Fön (oder viel Puste)

**Arbeitszeit:** 10 Minuten

## Schnell-Check

**Anspruch:** 😊 😊 😊 😊 😊

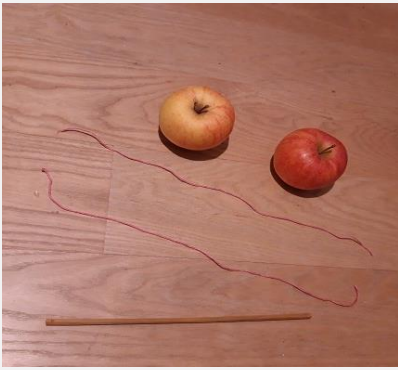
**Arbeitszeit:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Spaß:** 😊 😊 😊 😊 😊

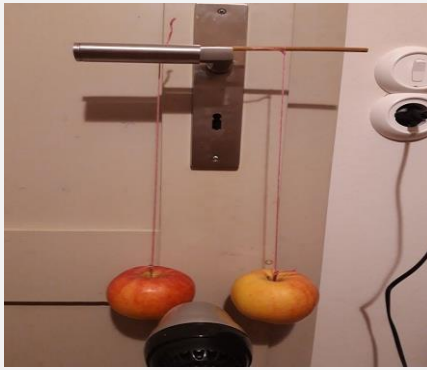
**Geduld:** 😊 😊 😊 😊 😊



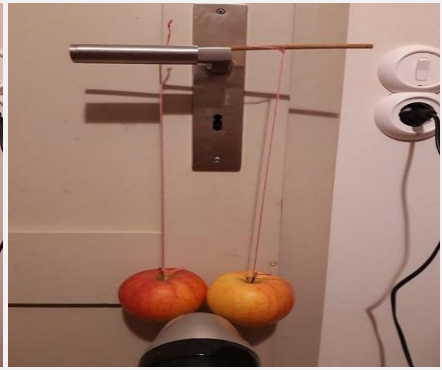
## Wie soll das aussehen?



→ Vorbereitung Material



→ Positionierung des Versuchs



→ Luftstrom bewegt die Äpfel

**Warum ist das so?** Deine Beobachtung zeigt, dass die Äpfel sich beim Durchpusten nicht voneinander entfernen, sondern ganz im Gegenteil, sich aufeinander zu bewegen. Wenn der Versuch gut gelingt, werden die beiden Äpfel aneinander gedrückt und es sieht so aus, als würden sich die Äpfel „küssen“.

Wenn Du die Luft zwischen den Äpfeln in Bewegung setzt, verringert sich der Luftdruck in diesem Bereich. Das geschieht durch die Wölbung der Äpfel, die die Luft durch den Weg über die Krümmung schneller strömen lässt als außerhalb dieses Bereichs. Dadurch wird die Teilchendichte in diesem Bereich geringer und somit ist der Luftdruck um die „küssenden Äpfel“ herum größer als zwischen den beiden Äpfeln. An der Außenseite drückt die Luft immer noch mit der gleichen Kraft wie zuvor und drückt sie aneinander.

Diesen Unterdruck beobachtest Du beispielsweise auch, wenn Du ein Blatt Papier zwischen die Finger nimmst und mit dem Mund über die Oberseite des Blattes bläst. Auch hier wirst Du beobachten, dass das Blatt nicht nach unten gedrückt wird, sondern nach oben angehoben wird. Durch die schnell strömende Luft an der Oberseite sinkt der Druck (also die Teilchendichte in diesem Bereich) der Luft und das Blatt wird nach oben gehoben.

In der Physik spricht man hier vom „Bernoulli-Effekt“, benannt nach dem Schweizer Daniel Bernoulli (1700 – 1782), der vereinfacht besagt, dass strömende Gase (und Flüssigkeiten) einen geringeren Druck auf ihre Umgebung ausüben als ruhende Gase.

## Wo wird das angewendet?

Der Unterdruck, den wir hier beobachtet haben, wird speziell auch beim Auftrieb von Rotorblättern von Windkraftanlagen oder auch Flugzeugflügeln genutzt. Auf der Oberseite des Flügels beobachten wir wie zwischen den durch den Luftstrom bewegten Äpfeln einen geringeren Luftdruck als bei der umgebenden bzw. unter dem Flügel befindlichen Luft. Dadurch wird der Flügel angehoben.

Moderne Windkraftanlagen werden zumeist als Auftriebsläufer ausgeführt. Die Flügel bewegen sich dadurch sehr schnell und quer zum Wind.

Noch mehr zum Thema Auftrieb erfährst Du im Forschungsauftrag „Energieernten mit Hilfe von Flügeln“, verfügbar unter:  
<https://www.unterrichtsmodul-e-energie.de/forscherauftrag-februar-2021/>





## Finger-Sonnenkollektor

Ein bisschen sieht es aus, wie eine Halskrause für den Finger. Aber sie kann Deinem Finger ganz schön einheizen! Bau Dir einen Finger-Sonnenkollektor!

**Was zu tun ist:** Schneide Dir ein ca. 10 cm x 10 cm großes Stück Alufolie ab und bereite die Kreis-Schablone aus dicker Pappe mit einem Zirkel und einer Schere vor. Der Kreis sollte einen Radius von 4 cm haben. Lege die Schablone auf Dein Stück Alufolie, umkreise die Schablone und schneide den Kreis aus.

Falte den Kreis aus Alufolie nun 2 Mal hälftig zusammen, sodass Du ein Viertel erhältst. Von diesem Viertel schneidest Du die Spitze maximal 1 cm ab. Dann faltest Du den Alufolien-Kreis vorsichtig wieder auseinander. Jetzt schneidest Du entlang eines Knickes vom Rand bis zu Mitte. Schiebe nun vorsichtig diese Schnittkante bis zum nächsten Knick, sodass ein Trichter entsteht. Klebe die Schnittkante mit Klebeband auf der Außenseite fest.

Nun kannst Du den Finger-Sonnenkollektor über Deinen Finger stülpen und in die Sonne halten. Halte zum Vergleich den gleichen Finger der anderen Hand daneben. Was passiert?

### Schritt-für-Schritt-Anleitung:

1. Schneide Dir ein ca. 10 cm x 10 cm großes Stück Alufolie ab.
2. Bereite die Kreis-Schablone (Radius = 4 cm) aus dicker Pappe mit einem Zirkel und einer Schere vor.
3. Schneide mit Hilfe der Schablone einen Kreis aus Alufolie aus.
4. Falte den Alufolien-Kreis 2 Mal hälftig zu einem Viertel.
5. Schneide die Spitze des Viertels maximal 1 cm ab.
6. Falte den Alufolien-Kreis vorsichtig auseinander und schneide entlang eines Knickes vom Rand bis zu Mitte.
7. Schiebe die Schnittkante bis zum nächsten Knick, sodass ein Trichter entsteht und klebe die Schnittkante mit Klebeband auf der Außenseite fest.
8. Stülpe den Finger-Sonnenkollektor über Deinen Finger und halte ihn in die Sonne (Alternative: Infrarot-Lampe)! Halte den gleichen Finger der anderen Hand daneben. Was passiert?

## Um was geht ´s?

Mit der Energie der Sonne können wir sowohl Strom als auch Wärme erzeugen. Während Strom mittels Photovoltaikanlagen erzeugt wird, wird Wärme bzw. warmes Wasser mit Sonnenkollektoren produziert. Die technischen Anlagen unterscheiden sich natürlich auch in ihrer Bauweise. Ein wichtiges Bauteil ist ein Spiegel. Aber was macht er und wie funktioniert ein Sonnenkollektor genau? Test es an Deinem Finger!

## Materialbedarf

- 1 Stück Alufolie, etwa 10 cm x 10 cm groß
- 1 Stück Pappe für die Schablone
- Zirkel
- Bleistift
- Schere
- Klebeband
- Sonne oder eine Infrarot-Lampe als Sonnenersatz

**Arbeitszeit:** 10 Minuten

## Schnell-Check

**Anspruch:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Arbeitszeit:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Spaß:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Geduld:** 😊 😊 😊 😊 😊



## Wie soll das aussehen?



→ Schablone ( $r = 4 \text{ cm}$ )



→ Alufolien-Kreis ausschneiden → Alufolie falten und Spitze abschneiden



→ Rand einschneiden



→ Alufolien zu Trichter kleben → Finger zur Sonne / Lampe ausrichten



**Warum ist das so?** Wenn Du alles richtig gemacht hast, wird Dein Finger mit Sonnenkollektor viel schneller warm als der Finger ohne Sonnenkollektor. Aber warum ist das so?

Das Wort „Kollektor“ stammt vom englischen „collect“ ab und bedeutet „sammeln“. Wortwörtlich baust Du also einen Sonnen-Sammler. Die Sonnenstrahlung sammeln kannst Du auf zwei verschiedene Weisen: mittels Linsen oder Spiegeln. Für Sonnenkollektoren werden Spiegel verwendet. Beim Experiment ist die Alufolie Dein Spiegel.

Bei einem Sonnenkollektor ist der Spiegel so angeordnet, dass er die Sonnenstrahlung in einem Punkt (sog. Brennpunkt) sammeln kann. Damit das optimal funktioniert, sind die Spiegel der Sonnenkollektoren meist halbrund gebaut. Sie heißen Parabolspiegel. Egal, auf welchen Punkt des Parabolspiegels die parallel verlaufende Sonnenstrahlung nun trifft, sie wird immer genau in die Mitte zum Brennpunkt gespiegelt. Da die Sonnenstrahlung auch Wärmestrahlung (sog. Infrarot-Strahlung) beinhaltet, sammelt sich also auch ganz viel Wärme im Brennpunkt. Dieser Punkt heißt ja so, weil es dort sehr heiß wird und man dort ganz leicht Dinge entzünden könnte. Bei richtigen Sonnenkollektoren befindet sich ein Rohr mit einer Flüssigkeit im Brennpunkt. Diese Flüssigkeit wird somit sehr schnell erhitzt.

Bei Deinem Finger-Sonnenkollektor ist der Finger genau im Brennpunkt. Deshalb wird er so schnell warm.

## Wo wird das angewendet?

Sonnenkollektoren können auf einem Hausdach verbaut werden. Dort können Sie zum Aufbereiten des warmen Wassers beitragen. Dabei fließt aber nicht das Bade- oder Duschwasser direkt durch die Sonnenkollektoren. Im Winter würde es darin gefrieren. Daher ist in den Sonnenkollektoren eine alkoholhaltige Flüssigkeit (mit Glykol als Frostschutz), die ihre Wärme an Dein Brauchwasser abgibt.

In wärmeren Ländern gibt es aber auch Kraftwerke, in denen sehr große Parabolrinnen-Spiegel in langen Reihen stehen. In diesen Solarthermiekraftwerken wird Wasser oder ein Thermo-Öl verdampft und dadurch eine Dampfturbine mit Generator angetrieben, die Strom erzeugen.





## Eine Turbine für die Sonne

Sonnenstrahlen transportieren eine Menge Energie. Kann sie auch anders als mit Solarzellen genutzt werden? Du veranschaulichst die Wärmeenergie der Sonnenstrahlung. Sie erwärmt Luft für die Turbine.

### Was zu tun ist:

Du baust aus einer Plastikflasche eine kleine Turbine. Wenn Du ihr einen sonnigen Platz suchst, werden sich ihre Flügel zu drehen beginnen – sogar, wenn gar kein Wind weht.

### Schritt-für-Schritt-Anleitung:

1. Mit dem Teppichmesser schneidest Du ca. 1 cm über dem Boden einen Querschlitz von 10 mm Höhe und von etwa einem Drittel Flaschenumfang Breite aus der Flasche aus.
2. In eine 5 mm starke Scheibe vom Korken werden gleichmäßig verteilt vier Stecknadeln gesteckt. Die fünfte Nadel steckst Du durch die Mitte der Korkscheibe, so dass sie senkrecht zur Scheibenoberfläche steht.
3. Den Flaschenhals schneidest Du ein Stück ab. Auf die kreisrunde Öffnung sollte die Nadel-Korkscheibe passen. Sie soll mit der fünften Nadel nach oben auf die Flasche gelegt werden. Dabei muss zwischen Korkscheibe und Flaschenöffnung genug Raum bleiben, damit die Luft durchströmen kann.
4. Das schwarze Papier wird etwas gekürzt, damit es zusammengerollt in die Flasche passt. Die Gummibänder halten die Rolle so, dass der untere Luftschlitz frei bleibt.
5. Aus dem Teelichtbecher baust Du das Flügelrad. Mit einer Kugelschreibermine wird der Mittelpunkt des Bodens zu einer Mulde verformt, das wird die Drehnabe. Mit der Schere bringst Du acht Einschnitte vom Rand zur Kreismitte an und formst danach die entstandenen Segmente propellerartig.
6. Nun legst Du die Nadel-Korkscheibe oben auf die Flasche und bringst das Turbinen-Flügelrad auf die Nadelspitze. Die Sonnenturbine stellst Du nun in die Sonne. Was passiert?

## Um was gehts?

Wenn die Sonne scheint, kannst Du ihre Wärmestrahlung auf der Haut empfinden. Diese Wärme lässt sich auf vielfältige Weise zur Energiegewinnung nutzen. Am bekanntesten sind die Sonnenkollektoren, also die dunklen Platten auf Häuserdächern, die Wasser erwärmen. Weniger bekannt sind Aufwindkraftwerke zur Stromerzeugung. So eins kannst Du Dir selbst bauen.

## Materialbedarf

- Große Plastikflasche (PET)
- Schwarzes Blatt Papier in der Größe DIN A4
- Ein Korken
- Fünf Stecknadeln
- Ein Teelichtbecher aus Aluminium
- Zwei Gummibänder
- Sehr scharfes Messer (z.B. Teppichmesser)
- Schere

**Arbeitszeit:** 40 Minuten

## Schnell-Check

**Anspruch:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Arbeitszeit:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Spaß:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Geduld:** 😊 😊 😊 😊 😊

## Wie soll das aussehen?



→ Material



→ Vorbereitung

**Bitte drauf achten!** Geh vorsichtig mit dem scharfen Messer um, damit Du Dich nicht verletzt. Nach dem Einritzen kannst Du die Flasche auch mit der Schere beschneiden.

## Warum ist das so?

Du lässt die Sonne Luft erwärmen. Die warme Luft ist leichter als kalte und steigt nach oben. Mit dem erzeugten Luftstrom bringst Du ein kleines Turbinenrad dazu, sich zu drehen. Das Prinzip wird in Aufwindkraftwerken zur Stromerzeugung genutzt.

Scheint die Sonne auf die Flasche, dreht sich das Flügelrad. Sonst überprüfst Du, ob der Luftstrom die Flaschenöffnung oben gut verlassen kann.

Weiße Oberflächen reflektieren das Licht sehr gut, schwarze dagegen gar nicht. Deshalb erwärmt sich das schwarze Papier unter Sonneneinstrahlung, es absorbiert das Licht. Die Wärme wird an die umgebende Luft abgegeben, die dadurch leichter wird – ihre Dichte verringert sich – und nach oben steigt. Es entsteht ein kontinuierlicher Luftstrom, der oben durch die Öffnung tritt und das Rad antreibt, wie bei einer Weihnachtspyramide.

Das Sonnenlicht enthält verschiedene Wellenlängen, die als verschiedene Farben erscheinen. Die Wärmestrahlung liegt im Infrarotbereich. Sie hat größere Wellenlängen als rotes Licht mit etwa  $0,8 \mu\text{m}$ . Die kürzeste Wellenlänge im sichtbaren Bereich hat violettes Licht ( $0,4 \mu\text{m}$ ), darunter liegt der Ultraviolett-Bereich (UV). Vor UV-Licht müssen wir unsere Haut schützen, es kann Schäden hervorrufen.

## Wo wird das angewendet?

Die Wärmeenergie der Sonne wird in Solarthermie-Anlagen genutzt, die zur Warmwasserbereitung und zur Heizungsunterstützung dienen. Die Sonne heizt eine Wärmeleitfähigkeit in Kollektorröhren auf. Diese heiße Flüssigkeit erwärmt im Wärmetauscher das Wasser.

In sonnenreichen Gebieten wurden experimentelle Aufwindkraftwerke gebaut. In einem „Glashaus“ um den schornsteinartigen Kamin herum erwärmt sich die Luft, die dann durch den Kamin nach oben strömt. Dabei treibt sie an den unteren Eintrittsstörungen des Kamins spezielle Turbinen an, die zur Stromerzeugung genutzt werden. Das Prinzip hat sich aber wegen des großen Flächenbedarfs nicht durchgesetzt.

## Wirtschaftlichkeitsberechnung einer PV-Anlage auf dem eigenen Hausdach

Eine Solaranlage für ein Einfamilienhaus sollte zwischen 5- und 10 kWp (Kilowatt Peak) groß sein. Moderne PV-Anlagen benötigen etwa 3 Solarmodule für 1 kWp Leistung. Demzufolge kommen 15- bis 30 Solarpaneele auf das Dach.

Als Anschaffungskosten für die Solaranlage sollten etwa 1.500 Euro pro Kilowatt eingeplant werden. Dabei handelt es sich um die Gesamtkosten inklusive Transport und Montage.

Eine Solaranlage hält ca. 30 Jahre.

Damit auch nachts Strom aus Eigenproduktion verfügbar ist, sollte die Solaranlage einen Stromspeicher haben. Ein Speicher kostet pro kW Leistung etwa 1.000 €.

### **Rechenbeispiel für eine Anlage mit 8 kWp mit 8 kW-Speicher**

Solarzellen:  $8 \text{ kWp} * 1.500 \text{ €} = 12.000 \text{ €}$

Speicher:  $8 \text{ kW} * 1.000 \text{ €} = 8.000 \text{ €}$

Gesamtkosten PV-Anlage und Speicher = 20.000 €

Ist das nicht viel zu teuer? Kostenvergleich Stromverbrauch:

Stromverbrauch 3-4 Personen-Haushalt = 3.500 kWh pro Jahr

1 kWh kostet 30 Cent →  $3.500 \text{ kWh/a} * 0,3 \text{ €} = 1.050 \text{ € pro Jahr}$

Nach wie vielen Jahren haben sich die Kosten der Solaranlage amortisiert?

$20.000 \text{ €} / 1.050 \text{ €} = 19,4 \text{ Jahre}$

Wie viel kann dann gespart werden?

Wenn die Solaranlage 30 Jahre lang läuft, aber bereits nach 19,4 Jahren amortisiert hat, spart sie für 10,6 Jahre lang die Stromkosten.

$10,6 \text{ Jahre} * 1.050 \text{ €} = \underline{\underline{11.130 \text{ €}}}$  (Stromkostensparnis)

## Realistischere Berechnung

Berechnung, wenn man einbezieht, dass

- ca. 1 Drittel des Stroms zugekauft werden muss
- die Eigenverbrauchsquote bei 40% liegt und der restliche Strom zu 8,2 Cent pro kWh vergütet wird (gültige Einspeisevergütung im Jahr 2023)

Durchschnittlich erzeugt 1 kWp installierte PV rund 900 kWh.

Kosten für jährlichen Stromzukauf:

$3.500 \text{ kWh (jährlicher Strombedarf)} / 3 = 1.166 \text{ kWh}$

$1.166 \text{ kWh} * 0,3 \text{ €} = \underline{349 \text{ €}}$

Umsatz aus jährlicher Stromeinspeisung (bei 8 kWp-Anlage):

Stromerzeugung gesamt:  $8 \text{ kWp} * 900 \text{ kWh} = 7.200 \text{ kWh}$

Einspeisequote 60%:  $7.200 \text{ kWh} * 0,6 = 4.320 \text{ kWh}$

Umsatz:  $4.320 \text{ kWh} * 0,082 \text{ €} = \underline{354,24 \text{ €}}$

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage ändert sich fast nichts, wenn man mit einberechnet, dass die PV-Anlage nur rund zwei Drittel des Eigenbedarfs decken kann. Die Mehrkosten durch Stromzukauf werden in etwa durch die Umsätze aus der Stromeinspeisung ausgeglichen.

Wenn der jährliche Strombedarf durch eine Wärmepumpe oder ein E-Auto deutlich ansteigt, ändert sich das Verhältnis. Dann wird tendenziell mehr Stromzukauf (v.a. im Winter) nötig, während weniger Strom eingespeist wird (durch Ladung des E-Autos im Sommer). Dafür entfallen die Alternativkosten wie Gas/Erdöl oder Benzin/Diesel.



## BIOMASSE – BIOENERGIE

Was ist Biomasse? .....

Sie kann eingeteilt werden in drei Gruppen:



### Nachwachsende Rohstoffe

= alles, was in der Forst- und Landwirtschaft gezielt angebaut wird. Zum Beispiel:



Sie werden meist **stofflich** verwendet. Das heißt, es werden Sachgegenstände daraus hergestellt, die wir im Alltag nutzen.  
*Nenne 6 Beispiele!*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

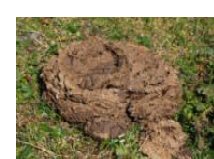
### Ernterückstände

= alles, was bei der Ernte von nachwachsenden Rohstoffen übrig bleibt. Zum Beispiel:



### Nebenprodukte

= alles, was niemand braucht, aber trotzdem entsteht. Zum Beispiel:



Werden überwiegend **energetisch** verwendet. Energetische Verwendung heißt, dass aus Biomasse ..... oder ..... erzeugt werden. Das ist die **Bioenergie**. Als technische Anlagen werden z.B. Biomasseheizkraftwerke und Biogasanlagen genutzt.

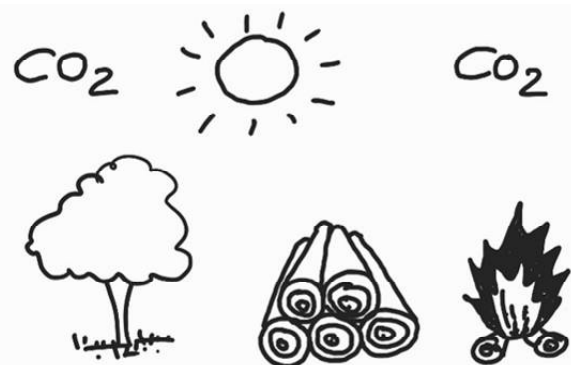
*In welcher der abgebildeten Energieformen liegt Biomasse vor? Kreise das richtige Bild ein und benenne die Energieform richtig!*



Biomasse liegt in Form von ..... vor. Bei der energetischen Verwendung muss diese in elektrische und/oder thermische Energie umgewandelt werden.

### Der kleine Unterschied

Will man aus Biomasse Strom und Wärme erzeugen, können dafür Biomasseheizkraftwerke genutzt werden. Dort wird die Biomasse verbrannt. Dabei entsteht Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>). Dieses Gas gehört zu den klimaschädlichen ..... und verursacht die Erderwärmung. CO<sub>2</sub> entsteht auch, wenn wir Energie aus Braunkohle erzeugen wollen und diese dazu verbrennen. Warum trägt die Bioenergie im Gegensatz zur Braunkohle trotzdem nicht zum Klimawandel bei? Was ist bei Pflanzen anders als bei Braunkohle?

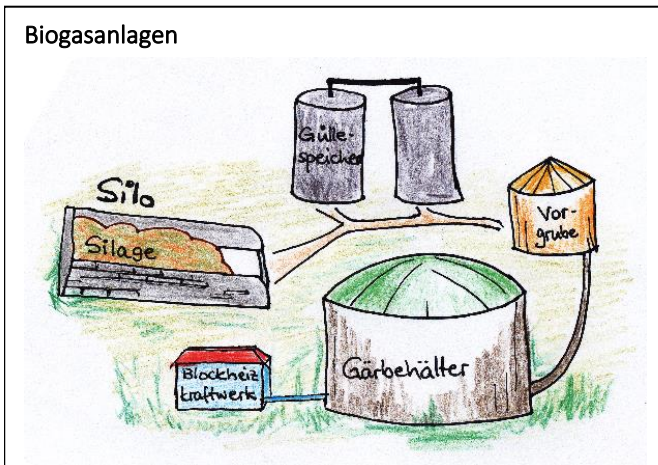


Pflanzen betreiben ..... . Dabei wird ..... in der Pflanze gespeichert. Wird die Pflanze verbrannt, wird maximal so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt, die vorher gespeichert wurde. Dieser Kreislauf läuft bei Biomasse natürlich in einem viel kürzeren Zeitraum ab als bei Braunkohle. *Zeichne die Pfeile richtig in das Bild ein!*



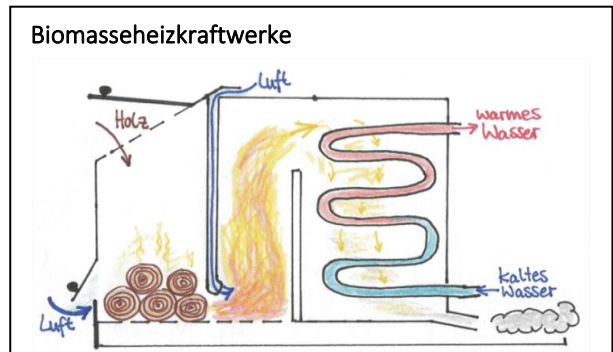
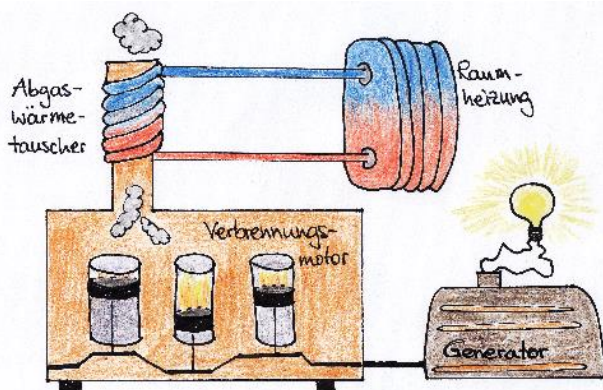
BIOMASSE – BIOENERGIE

Was ist Bioenergie? .....



In **Biogasanlagen** werden verschiedene Ausgangsstoffe (z.B. .... und ..... ) in Biogas umgewandelt. Die Ausgangsstoffe werden dazu zunächst klein gehäckselt, vermischt und anschließend in den Gärbehälter (Fachbegriff = Fermenter) eingebracht. Er ist beheizbar, luftdicht und enthält ..... Diese zersetzen den Biomassemix zu Biogas. Biogas besteht v.a. aus ....., Kohlenstoffdioxid, Wasserdampf sowie weiteren Spurengasen (Gase in kleinsten Mengen) wie Ammoniak und Schwefelwasserstoff.

Biogas wird im Blockheizkraftwerk zu Strom und Wärme umgewandelt. Ein Blockheizkraftwerk besteht aus einem ....., der die chemische Energie des Biogases in Bewegungsenergie umwandelt. Diese wird im ..... in Strom umgewandelt. Da bei der Verbrennung im Motor auch viel Wärme entsteht, ist noch ein Wärmetauscher installiert. Mit ihm wird Wasser erwärmt. Mit Biogasanlagen wird also immer gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt.



In **Biomasseheizkraftwerken** können aus Biomasse Wärme und Strom erzeugt werden. Dazu wird die Biomasse (z.B. Holzabfälle oder Biomüll) verbrannt.

Bei der Verbrennung entsteht viel Hitze, mit deren Hilfe Wasser in einem ..... erwärmt wird. Wasser hat eine deutlich bessere Wärmeleitfähigkeit als Luft und kann besser transportiert werden. So lässt sich die im Wasser gespeicherte Wärme einfach zu den Heizungen in der Umgebung (z.B. in der Schule) verteilen.

In großen Anlagen wird das Wasser sogar so stark erhitzt, dass es verdampft und eine Dampfturbine antreibt. Diese ist mit einem ..... gekoppelt, der Strom erzeugt.

**Wie viel Holz braucht man, um eine 100 m<sup>2</sup> große Wohnung mit Fichtenholz zu heizen?**

Gehen wir mal von einem jährlichen Energiebedarf von 100 kWh/m<sup>2</sup> für Heizung und Warmwasser aus. Wie viele kWh verbrauchen wir in der kompletten Wohnung im Jahr?

..... kWh

Ein m<sup>3</sup> Fichtenholz hat einen Heizwert von 1.920 kWh. Wie viele m<sup>3</sup> Fichtenholz braucht man für den Energiebedarf der Wohnung?

..... m<sup>3</sup>

Eine 80-jährige Fichte hat ungefähr ein Volumen von 0,7 m<sup>3</sup>. Wie viele Fichten braucht man, um den Energiebedarf der Wohnung zu decken?

..... Fichten

*Schaut euch beim nächsten Waldspaziergang mal an, wie groß die Fläche ist, auf der diese Anzahl Fichten steht!*



## Biogas im Glas

So eine Kacke! Während dieser Spruch in Deinem Alltag eher unangebracht ist, ist er in der Biogasanlage sogar herzlich willkommen!

**Was zu tun ist:** Bevor Du loslegst: Die Glasflasche soll den Gärbehälter einer Biogasanlage darstellen. Und weil Du wahrscheinlich nicht mit Gülle experimentieren willst, ersetzt der Essig die Gülle. Da es Bakterien auch nicht im Laden gibt, werden sie durch das Backpulver ersetzt.

Schütte als erstes das gesamte Backpulver des Päckchens in den Luftballon. Stülpe dazu am besten den Luftballon vorsichtig über die dünne Öffnung des Trichters und lass das Backpulver nach und nach in den Luftballon rieseln. Wenn alles Backpulver im Luftballon ist, ziehst Du ihn vorsichtig vom Trichter ab und legst ihn beiseite.

Fülle nun etwa 100 ml Essig in die Glasflasche. Wenn Du nicht erst messen möchtest, kannst Du einfach 2 Finger unten an die Flasche halten und solange Essig mit einem Trichter hinein kippen, bis der Essig so hoch steht wie die Finger breit sind.

Stülpe nun den Luftballon mit dem Backpulver fest über den Flaschenhals und richte ihn danach auf, sodass das Backpulver zum Essig in die Flasche rieseln kann. Was passiert?

### Schritt-für-Schritt-Anleitung:

1. Schütte das gesamte Backpulver mit Hilfe eines Trichters in den Luftballon.
2. Ziehe dem gefüllten Luftballon vorsichtig vom Trichter ab und lege ihn beiseite.
3. Fülle etwa 100 ml Essig mit Hilfe eines Trichters in die Glasflasche. Alternative ohne Messen: Halte 2 Finger unten an die Flasche und schütte solange Essig mit einem Trichter hinein, bis der Essig so hoch steht wie die Finger breit sind.
4. Stülpe den Luftballon mit dem Backpulver fest über den Flaschenhals.
5. Richte den Luftballon auf, sodass das Backpulver zum Essig in die Flasche rieseln kann. Was passiert?

## Um was geht ´s?

Bioenergie wird mit Hilfe von Biomasse hergestellt. In Biogasanlagen wird jedoch nicht irgendeine Biomasse verwendet, um Strom und Wärme zu erzeugen. Man braucht dort etwas, was ziemlich doll stinkt: Gülle. Außerdem braucht man Bakterien. Die machen aus der Gülle das Biogas. Im Experiment kannst Du Dir Deine eigene Biogasanlage bauen – wahlweise auch ohne Gülle. So kannst Du sehen, was in einer Biogasanlage passiert.

## Materialbedarf

- 1 Glasflasche
- ca. 100 ml Essig
- 1 möglichst stabilen Luftballon
- 1 Päckchen Backpulver
- 1 Trichter (2 sind besser)

**Arbeitszeit:** 10 Minuten

## Schnell-Check

**Anspruch:** 😊 😊 😊 😊 😊

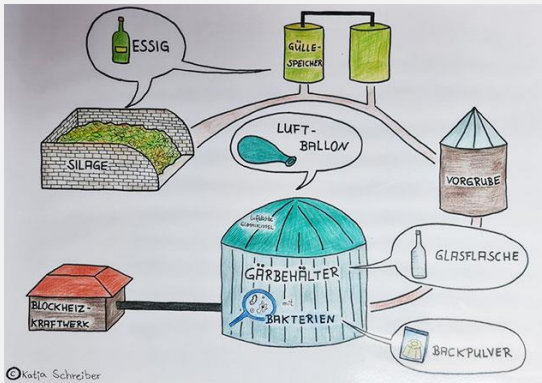
**Arbeitszeit:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Spaß:** 😊 😊 😊 😊 😊

**Geduld:** 😊 😊 😊 😊 😊



## Wie soll das aussehen?



→ Luftballon mit Backpulver füllen → 2 Finger breit Essig in die Glasflasche füllen

**Bitte darauf achten!** Bitte experimentiere vorsichtig mit dem Essig! Essig ist eine Säure und sollte daher nicht in die Augen und möglichst nicht auf Deine Kleidung kommen.

**Warum ist das so?** Wenn Du alles richtig gemacht hast, pustet sich der Luftballon ganz von allein auf. Aber warum?

In Deiner Glasflasche laufen ähnliche Prozesse ab, wie in einer richtigen Biogasanlage. Dort soll Biogas erzeugt werden. Dass sich Dein Luftballon aufpustet ist ein Zeichen dafür, dass auch Du ein Gas erzeugt hast. Aber ist das wirklich Biogas?

Eine Biogasanlage besteht aus verschiedenen Lagerbehältern für die Ausgangsstoffe (Biomasse wie z.B. Gülle, Gras-Silage, Mais-Silage), einem chemischen Reaktionsbehälter (Gärbehälter bzw. Fermenter) mit Bakterien und einem Blockheizkraftwerk. Die Biomasse (also die Gülle und Silage) wird in der Vorgrube vermischt und mit Förderbändern in den luftdicht verschlossenen Gärbehälter eingebracht. Darin wird die Biomasse mit Hilfe von Bakterien zersetzt. Genaugenommen vergären die Bakterien die Biomasse. Bei diesem Prozess wird irgendwann auch Essigsäure gebildet. Deshalb ist es ganz passend, dass Du für Dein Experiment auch Essig verwendest. In einer richtigen Biogasanlage wird die Essigsäure aber noch weiter chemisch verändert. Als Reaktionsprodukt entsteht Biogas. Das Biogas wird schließlich in das Blockheizkraftwerk eingeleitet.

Die Bakterien sind übrigens die gleichen Bakterien, die auch im Magen einer Kuh vorkommen und der Kuh beim Verdauen ihrer Nahrung (u.a. Silage) helfen. Es sind also „gute Bakterien“.

In Deinem Experiment entsteht natürlich kein richtiges Biogas. Schließlich experimentierst Du ja nicht mit Gülle, Biomasse und Bakterien, sondern mit Essig und Backpulver. Backpulver enthält Natriumhydrogencarbonat. Kommt dieses mit einer Säure wie der des Essigs zusammen, findet eine chemische Reaktion statt, bei der Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) entsteht. Das ist das Gas, was Deinen Luftballon aufpustet. Richtiges Biogas ist im Experiment leider nicht entstanden. Das ist vielleicht auch besser, denn richtiges Biogas ist sehr giftig und brennt sehr gut. Es kann sogar richtig explodieren. Für ein Experiment wäre das wohl zu gefährlich.

## Wo wird das angewendet?

Biogas ist eine Mischung aus 40 bis 75 Prozent Methan, 25 bis 55 Prozent Kohlendioxid, bis zu 10 Prozent Wasserdampf sowie verschiedenen Gasen, die nur in kleinsten Mengen enthalten sind (z.B. Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Ammoniak, Schwefelwasserstoff).

Dieses Biogas wird in ein Blockheizkraftwerk eingeleitet. Dort wird es als Kraftstoff in einem Motor verbrannt. Bei der Verbrennung entstehen viele heiße Abgase, die in einem Wärmetauscher Wasser erwärmen. Damit kann man dann heizen. Die Hauptaufgabe des Motors ist jedoch eine andere: Er erzeugt eine Bewegung (kinetische Energie), die an einen Generator übertragen wird. Der Motor bringt also den Generator zum Drehen, genauso wie er beim Auto die Räder zum Drehen bringt. Wenn sich ein Generator dreht, wandelt er die kinetische in elektrische Energie um. Der Generator erzeugt also Strom. So erzeugen Biogasanlagen immer gleichzeitig Strom und Wärme.