

Lehrpersonenkommentar Experimente zum Klimawandel



**Bildung für nachhaltige Entwicklung
leicht gemacht – mit Schüler*innen
experimentieren**

Inhalt

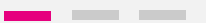
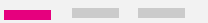
Unsichtbares CO ₂ _____	2
Die Albedo _____	6
Gefahr Eisschmelze _____	10
Permafrost _____	14
Rette den Eiswürfel _____	19
Aufwindkraftwerk _____	23

Experimente weisen bei Schülerinnen und Schülern einen **grossen Lernerfolg** aus und gelten als eine sehr beliebte Arbeitsweise. Für das schwer fassbare Thema Klimawandel hat myclimate **6 einfache Experimente** zusammengestellt, welche mit geringen Material- und Vorbereitungsaufwand eingesetzt werden können.

Für die Schülerinnen und Schüler sind die Arbeitsanweisungen nach «**Vermutung – Beobachtung – Interpretation**» aufgebaut.

Der **Lehrpersonenkommentar** enthält nicht nur **alle Lösungen**, sondern auch wertvolle **Hinweise auf Methoden und Videos**, die bei der Einbettung in den Unterricht unterstützen können.

Unsichtbares CO₂ – LP-Kommentar

Stufe	Aufwand Vorbereitung	Totaler Zeitaufwand
Zyklus 2 (und 3)	 Gering	 1 Lektion
Lehrplanbezüge:		
Zyklus 2: NMG2.2f, NMG2.6h		
Zyklus 3: RZG1.2c/d		
Lernziele:		
Die Eigenschaften von CO ₂ kennen		

Fachlicher Bezug

Da es sich bei Kohlendioxid (CO₂) um ein unsichtbares und geruchloses Gas handelt, wird die CO₂-Problematik von vielen als abstrakt und wenig greifbar empfunden. In diesem Experiment soll CO₂ für die Schüler*innen greifbar und sichtbar gemacht werden.

Bei diesem Experiment handelt es sich im ersten Teil um einen Versuch zu einer chemischen Reaktion zwischen dem Essig und dem Backpulver. Das Backpulver (Natron = NaHCO₃) und der Essig (genauer die Essigsäure = C₂H₄O₂) reagieren miteinander und es beginnt zu schäumen. Dabei entsteht CO₂. Das Gas verdrängt die Luft, die schon in der Flasche war durch den Flaschenhals hinaus und diese wird von dem Luftballon aufgefangen. Es steht unter so grossem Druck, dass es den Ballon aufpustet.

Die anderen Produkte der Reaktion, die in der Flasche übrigbleiben, sind Wasser und Natriumacetat. Beide sind völlig ungefährlich und können ohne Probleme in den Abfluss gegossen werden. Es sollte aber nicht getrunken werden.

Um zu beweisen, dass sich im Ballon tatsächlich CO₂ befindet, folgt der zweite Teil des Experiments mit der Kerze. Damit eine Kerze brennt, braucht es bekanntlich Sauerstoff. CO₂ ist schwerer als Luft und kann wie eine Flüssigkeit über die Kerze «gegossen» werden. Dabei verdrängt es den Sauerstoff um die Kerze herum, weswegen die Flamme erstickt.

Das Experiment eignet sich gut als Ergänzung beim Thema Treibhauseffekt. Es kann aber auch im Zusammenhang mit den Themenfeldern Aufbau der Atmosphäre, Photosynthese, Kohlenstoffkreislauf, Atmung, etc. eingesetzt werden.

Bezug zum Alltag der Schülerinnen und Schüler:

Alle Schüler*innen kennen Essig und Backpulver. Dass daraus beim Mischen CO₂ entsteht – auch beim Kuchen backen – sind sich wohl die wenigsten bewusst.

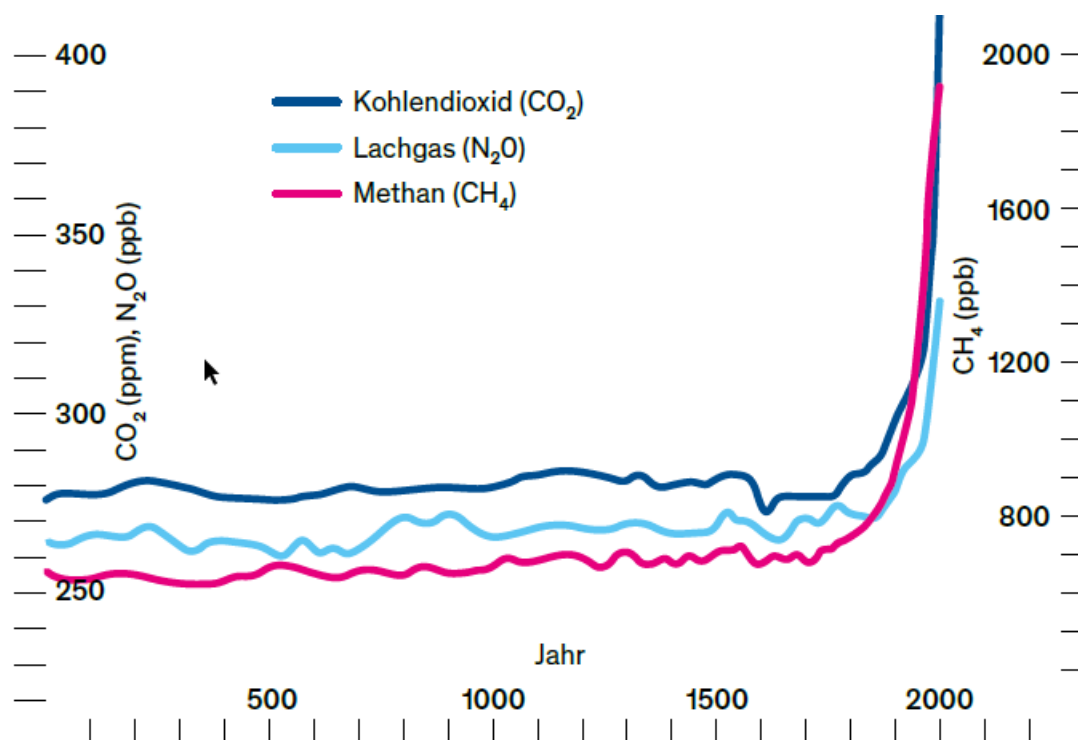
Alle Schüler*innen kennen den Feuerlöscher im Treppenhaus oder der Tiefgarage. Dass CO₂ in Feuerlöschern ist und so aktiv zur Bekämpfung von Bränden gebraucht wird, wissen wohl die meisten Lernenden nicht.

Bezug zum Klimawandel

Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre änderte sich in der Erdgeschichte ständig. Die Uratmosphäre vor 4 Milliarden Jahren wies einen hohen Anteil an CO₂, Wasserdampf und Methan auf. Damals war die Durchschnittstemperatur auf der Erde über 50° C. In den letzten 10'000 Jahren war die Treibhausgas-Konzentration in der Erdatmosphäre praktisch konstant.

Seit Beginn der Industrialisierung vor etwa 150 Jahren beeinflusst der Mensch das natürliche Gleichgewicht der Atmosphäre, indem er klimawirksame Gase freisetzt. Dies bezeichnet man als den anthropogenen oder «menschengemachten» Treibhauseffekt. Das mit Abstand am häufigsten vom Menschen freigesetzte Treibhausgas ist das CO₂, das bei der Verbrennung der fossilen Brennstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas für die Stromerzeugung, den Verkehr oder das Heizen entsteht. Auch bei der Herstellung von Waren, wie Autos, Kleider oder elektronischen Geräten, oder bei der Nahrungsmittelproduktion wird CO₂ frei. Zu Beginn der Industrialisierung betrug der CO₂-Gehalt der Atmosphäre 280 ppm (0,028%), heute sind es 400 ppm (0,04%). Jährlich nimmt er um 0,5% zu. Die zusätzlichen CO₂-Moleküle bremsen die Wärmeabstrahlung der Erdatmosphäre ins Weltall. Deshalb steigt die globale Durchschnittstemperatur. Die Erwärmung, die man in den letzten 30 Jahren messen konnte, erfolgte rascher als alle bekannten Erwärmungsphasen der letzten 66 Millionen Jahre.

Ein*e Einwohner*in der Schweiz stösst im Schnitt jährlich ca. 14 Tonnen CO₂ aus.



Grafik: Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre

Video zum Kohlenstoffkreislauf:

<https://www.youtube.com/watch?v=KX0mpvA0g0c>

Versuchsdurchführung

Benötigtes Material pro Experiment:



Essig (~40ml)

Luftballon

Streichhölzer

Backpulver (1/2 Beutel)

Teelicht

Leere PET-Flasche

Vorbereitung:

- Material besorgen, Experiment selbst ausprobieren, Arbeitsblatt ausdrucken
- Das Experiment sollte auf einer wasserfesten Unterlage oder draussen durchgeführt werden.
- Die benötigten leeren PET-Flaschen können auch von den Schüler*innen von zuhause mitgebracht werden.

VORSICHT! Auf gar keinen Fall Essig und Natron resp. Backpulver in einer Glasflasche mischen und einen Deckel drauf schrauben! Die Flasche könnte explodieren!

Durchführung:

Die Versuche werden vorgestellt. In 3er Gruppen probieren die Schüler*innen die Versuche aus und beantworten einzeln für sich die Fragen auf dem Arbeitsblatt. Die Resultate werden in der Klasse besprochen.

Während des Versuchs entsteht durch die chemische Reaktion zwischen Backpulver und dem Essig CO_2 . Dieses CO_2 wird laufend produziert und die verdrängte Luft strömt aus der Flasche heraus. Wird der Ballon darübergestülpt, kann das CO_2 nur in den Ballon strömen: Er bläst sich auf. Anschliessend wird der Ballon entfernt und das CO_2 über eine brennende Kerze gegossen. Das CO_2 verdrängt den Sauerstoff um die Kerze herum, weswegen die Flamme erstickt.

Tipps zur Durchführung:

- Es empfiehlt sich das Experiment mit der angegebenen kleinen Menge an Backpulver (1/2 Beutel) und Essig durchzuführen, damit nicht die Gefahr besteht, beim Löschen der Kerze auch die Flüssigkeit auszuleeren. Je nach Marke des Backpulvers kann es auch notwendig sein, den ganzen Beutel zu verwenden.
- Je schneller der Ballon über die Flasche gezogen wird, desto weniger CO_2 geht verloren.
- Das Experiment kann auch draussen durchgeführt werden, damit es weniger riecht im Klassenzimmer. Allerdings ist es dann wichtig, es an einem windstillen Ort durchzuführen, weil der Wind es nicht zulässt die Kerze auszulöschen. Dasselbe gilt für Klassenzimmer mit einer starken Klimaanlage.

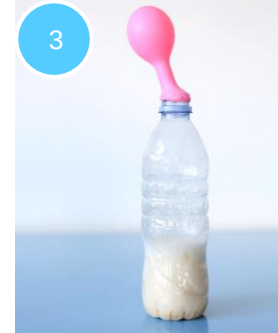
Versuchsablauf



Leere das Backpulver in die PET-Flasche



Giesse den Essig dazu, sodass etwa gleich viel Essig wie Backpulver in der Flasche ist.



Stülpe den Ballon über die Flasche. Anstatt überzulaufen, füllt nun das CO₂ den Ballon.



Zünde nun das Teelicht an und entferne den Luftballon von der Flasche.



«Giesse» nun vorsichtig den unsichtbaren Inhalt der Flasche über das Teelicht.

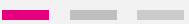
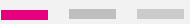


Die Kerze wird durch das ausgeleerte CO₂ gelöscht.

Lösungen zu Fragen

- A) z.B. Atmen, Autofahren, Fliegen, Lagerfeuer, Coca-Cola schütteln, Entkalken
- B) z.B. bei der Fotosynthese durch Pflanzen, von Böden, von Ozeanen
- C) Die Kerze wird durch das Ausgießen von CO₂ erstickt, da sie nicht genug Sauerstoff zum Brennen hat.
- D) Feuer braucht Sauerstoff zum Brennen. Dieser ist normalerweise um uns herum im Überfluss vorhanden. Wird jedoch CO₂ über die Kerze geleert, wird die Luft um die Kerze verdrängt und sie befindet sich so kurz in reinem CO₂. Für einen Moment fehlt der Kerze so der Sauerstoff und sie erlischt. Weiter sehen die Schüler*innen, dass CO₂ schwerer ist als Luft. Wäre CO₂ leichter als Raumluft würde es beim Auskippen aus der Flasche sofort nach oben schweben. So würde die Kerze nicht erlöschen. Einige Schüler*innen könnten verwirrt sein, wieso sich beim 3. Schritt des Versuchs der Ballon füllt. Dieser füllt sich, weil die restliche Luft vom CO₂ verdrängt wird und die Flasche so «überläuft».
- E) Dass CO₂ Feuer erstickern kann, macht sich die Feuerwehr zunutze. Sie setzt neben Wasser und Schaum auch CO₂ zur Bekämpfung von Feuer ein. Auch viele rote Feuerlöscher in Gebäuden sind mit CO₂ gefüllt. Dies eignet sich vor allem zum Löschen von Flüssigkeiten und technischen Anlagen, nicht aber zum Löschen von brennendem Öl.
- F) Einige Beispiele sind: Alle gasförmigen Stoffe (z.B. Sauerstoff), Bakterien und Viren, Strom aus der Steckdose, Gefühle, Gedanken.

Die Albedo – LP-Kommentar

Stufe	Aufwand Vorbereitung	Totaler Zeitaufwand
Zyklus 2 und 3	 Gering	 1 Lektion
Lehrplanbezüge:		
Zyklus 2: NMG2.2f, NMG2.6h, NMG4.4.2c/d		
Zyklus 3: RZG1.2c/d, RZG1.3b/c		
Lernziele:		
Verständnis, was die Albedo ist Wissen, welche Oberflächen eher viel Strahlung aufnehmen und welche wenig Einfluss der Änderung der Albedo auf den Klimawandel		

Fachlicher Bezug

Die Albedo einer Oberfläche gibt an, welcher Bruchteil auftreffenden Lichts von der Oberfläche reflektiert, also nicht aufgenommen wird. Die Werte der Albedo-Konstante reichen von 0 bis 1, wobei beim Wert eins 100 Prozent des Lichts reflektiert wird. Diese Werte sind abgesehen von der Beschaffenheit der Oberfläche auch abhängig von Frequenz und Winkel des auftreffenden Lichts.

Schnee und Eis haben eine deutlich höhere Albedo als Ozean oder Vegetation. Flächen mit tiefer Albedo nehmen mehr Strahlung auf und wandeln sie in Wärme um. Je mehr Strahlung aufgenommen wird, desto stärker erwärmt sich diese Oberfläche. Schneebedeckte Regionen werden deswegen durch Sonnenlicht deutlich weniger erwärmt als Regionen ohne Schnee. Da durch die Erderwärmung im Schnitt pro Jahr immer weniger Oberflächen mit Eis oder Schnee bedeckt sind, nimmt die Erde an diesen Stellen auch immer mehr Wärme durch die Sonnenstrahlen auf, was den Rückgang der Schnee- und Eisflächen wiederum beschleunigt. So hat die Veränderung der Albedo einen wesentlichen Effekt aufs globale Klima.

Eis-Albedo-Rückkopplung

Nimmt die Intensität der einfallenden solaren Strahlung im Sommer zu, erwärmen sich – trotz hoher Albedo – auch die hohen Breiten und Schnee und Meereis beginnen zu schmelzen. Schmilzt das Meereis, wird der Flächenanteil des strahlungsabsorbierenden Wassers grösser. Damit einhergehend sinkt die Albedo, das heisst, die Polgebiete absorbieren einen grösseren Teil der einfallenden solaren Strahlung, statt sie zu reflektieren. So erwärmen sie sich weiter und bringen damit das Eis noch stärker zum Schmelzen. Da dieser Effekt sich selber verstärkt, schmelzendes Meereis also eine stärkere Schmelze verursacht, spricht man von einem positiven Rückkopplungseffekt, dem Eis-Albedo-Rückkopplungseffekt. Aufgrund der Eis-Albedo-Temperatur-Rückkopplung werden alle Temperaturänderungen – seien sie nun auf natürliche oder auf menschengemachte Ursachen zurückzuführen – zu den Polen hin verstärkt¹.

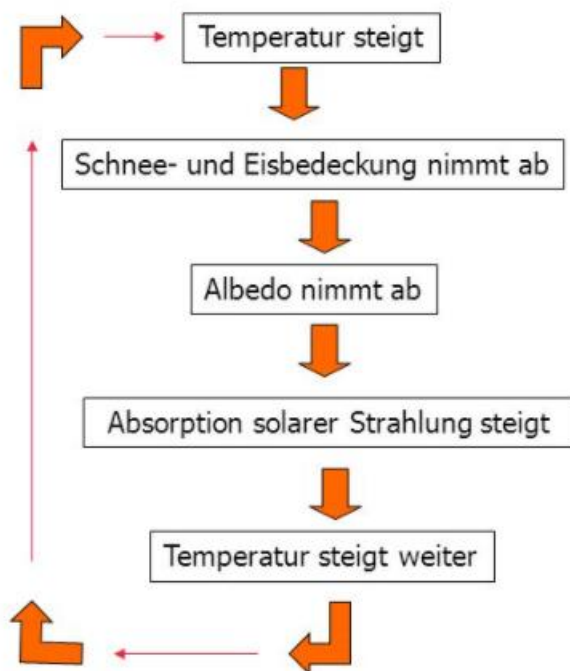
¹ Quelle: <https://www.meereisportal.de/meereiswissen/die-globale-bedeutung-von-meereis/wechselwirkungen-von-meereis-mit-anderen-komponenten-des-klimasystems/meereis-und-strahlungsbilanz.html>

Solche Rückkoppelungen können zu einem sogenannten Kipp-Punkt des aktuellen Klimawandels führen. Werden diese Kipp-Punkte erreicht, sind die daraus resultierenden Vorgänge nicht mehr aufzuhalten. Um das Erreichen solcher Kipp-Punkte zu verhindern, drängen viele Wissenschaftler zur Eile, wenn es um die Umsetzung von Klimaschutzmassnahmen geht.

Weitere wichtige Kipp-Punkte:

https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Kippunkte_im_Klimasystem

Eis – Albedo - Rückkopplung



2

Film zum Thema:

<https://www.youtube.com/watch?v=UZ-ARaI04Tc>

In diesem Experiment lernen die Schüler*innen die Grundlagen zur Albedo kennen. Durch die Fragen zum Experiment wird die Thematik auch mit der Klimaerwärmung in Zusammenhang gebracht. Der Einfluss der Albedo aufs Klima eignet sich gut zur Einführung der Kipp-Punkte der Klimaerwärmung und als Beispiel eines positiven Rückkoppelungseffekts.

² Quelle: <https://www.cobocards.com/pool/de/card/73040689/online-karteikarten-eis-albedo-rueckkopplung/>

Versuchsdurchführung

Benötigtes Material pro Experiment:



Glas mit Wasser (2x)

Klebeband

Weisses Papier

Schwarzes Papier

Thermometer (2x)

- Das Experiment sollte auf einer wasserfesten Unterlage oder draussen durchgeführt werden.
- Für das Experiment sollte die Sonne scheinen.

Versuchsablauf



1 Fülle als erstes beide Gläser mit kaltem Hahnenwasser. Wickle dann je einen der Papierstreifen um jedes Glas. Befestige den Streifen mit Klebeband.



2 Stelle nun beide Gläser in die Sonne und versehe sie mit Thermometern. Achte darauf, dass beide gleich viel Sonnenlicht bekommen. Nun musst du eine Lektion warten.



3 Das schwarze Glas zeigt nach ca. einer Stunde 32 Grad Celsius.



4 Das weisse Glas zeigt nach der gleichen Zeit in der Sonne nur 28 Grad Celsius. Es wurde also nur wegen der unterschiedlichen Albedo ein Unterschied von vier Grad erreicht.

Durchführung Experiment

Jede*r Schüler*in hat das Arbeitsblatt vor sich liegen. Zu Beginn wird der Versuch vorgestellt und das Versuchsmaterial in kleinen Gruppen verteilt. Nachdem die Schüler*innen den Versuch aufgebaut haben, muss etwa eine Lektion gewartet werden, bis sich die beiden Gläser ausreichend erwärmt haben. Währenddessen können die Schüler*innen die ersten drei Fragen auf dem Arbeitsblatt diskutieren und beantworten.

Während des Versuchs wird sich das Glas mit dem schwarzen Papier stärker erwärmen als jenes mit dem weissen Papier, da es, aufgrund der tieferen Albedo des Papiers mehr Sonnenlicht speichern kann. Dieser Temperaturunterschied ist auf den Thermometern ablesbar. Im Winter, wenn die Sonnenstrahlung schwach ist, kann das Ergebnis des Versuchs weniger stark ausfallen. Ausserdem ist es besser die Gläser dann drinnen vors geschlossene Fenster an die Sonne zu stellen.

Nachdem etwa eine Lektion vergangen ist, können die Schüler*innen die Temperatur kontrollieren/notieren und anschliessend die drei Reflexionsfragen auf dem Arbeitsblatt beantworten. Die Lösungen werden dann in der Klasse diskutiert.

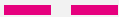
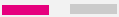
Lösungen zu Fragen

- A) Ozean < Wald < Asphalt < Felder < Schnee
- B) Ozean (~0.05), Wald (0.05-0.18), Asphalt (0.15-0.2), Felder (0.26), Schnee (0.45-0.9)
Bemerkung: Bei diesen Zahlen handelt es sich um die Albedo von kurzwelligem Licht
- C) Schnee hat eine sehr hohe Albedo, das heisst, dass ein Grossteil der Strahlung von der Erde wieder zurückgestrahlt wird. Beim Skifahren wird man so nicht nur von oben von der Sonne mit Lichtstrahlen bestrahlt, sondern auch vom Boden. Durch die hohe Bestrahlung holt man sich schneller einen Sonnenbrand, als man es sich in der kalten Jahreszeit gewohnt ist.
- D) Während des Versuchs wird sich das Glas mit dem schwarzen Papier stärker erwärmen als jenes mit dem weissen Papier, da es, aufgrund der tieferen Albedo des Papiers mehr Sonnenlicht speichern kann.
- E) Schnee hat eine sehr hohe Albedo. Das bedeutet, wenn ein grosser Teil der Erdoberfläche mit Schnee bedeckt ist, wird viel Sonnenlicht wieder ins All zurückgeworfen. Umgekehrt führt das Verschwinden von Schnee und Eis zu einer Reduktion der Albedo der Erdoberfläche. So nimmt die Erde mehr Sonnenstrahlung auf und erwärmt sich so noch stärker, was wiederum noch mehr Eis und Schnee zum Schmelzen bringt. Dieser Zusammenhang wird Eis-Albedo-Rückkopplung genannt.

Quellen zu Lösungen:

- B) [https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Albedo_\(einfach\)](https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Albedo_(einfach))
- E) <https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Eis-Albedo-R%C3%BCckkopplung>

Gefahr Eisschmelze – LP-Kommentar

Stufe	Aufwand Vorbereitung	Totaler Zeitaufwand
Zyklus 2 und 3	 Mittel	 1 Lektion
Lehrplanbezüge:		
Zyklus 2: NMG2.2f/g, NMG2.6h, NMG4.4.2c/2d		
Zyklus 3: RZG1.2c/d, RZG3.1a, NT9.2a		
Lernziele:		
Einfluss der Eisschmelze auf das arktische Ökosystem verstehen Einfluss der Eisschmelze auf den Menschen verstehen Den Anstieg des Meeresspiegels durch abschmelzende Eismassen verstehen		

Fachlicher Bezug

Durch die globale Erwärmung schrumpfen überall auf der Welt die Schnee- und Eisflächen.

Auf einem globalen Level haben Eisflächen durch die Eis-Albedo-Rückkopplung einen grossen Einfluss auf den Strahlungshaushalt der Erde (siehe Experiment-Unterlagen «Albedo»). Dazu beeinflussen sie ozeanische und atmosphärische Strömungen und sind somit ein entscheidender Faktor für das Wetter auf der ganzen Welt.

Mehr zu Kryosphäre im Klimasystem:
https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Kryosph%C3%A4re_im_Klimasystem

Einer der wichtigsten Folgen von gefrierendem und schmelzendem Eis ist die Beeinflussung des Meeresspiegels, worum es in diesem Experiment geht. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Eisflächen auf dem offenen Meer wie in der Arktis und Eisflächen auf Land wie Gletscher in den Bergen oder auf dem Kontinent Antarktis. Denn wenn Eisflächen auf Land abschmelzen oder gefrieren, erhöht bzw. senkt dies den globalen Meeresspiegel.

Der Meeresspiegel stieg seit 1993 im Schnitt pro Jahr um etwas mehr als 3mm³. Rund die Hälfte dieses Anstiegs sind auf schmelzende Eismassen zurückzuführen (die andere Hälfte kommt durch die temperaturbedingte Ausdehnung des Wassers zustande). Im Jahr 1993 lebten rund 60 Millionen Menschen höchstens 1m über dem Meeresspiegel und 275 Millionen höchstens 5m über dem Meer. All diese Menschen sind immer stärker durch die Nähe zum Meer gefährdet.

Doch nicht nur wegen dem Meeresspiegel ist der Erhalt der Eisflächen wichtig. Auf lokaler Ebene sind Gletscher für viele Menschen z.B. in den Anden oder Zentralasien eine wichtige Süsswasserquelle, während Eis als Permafrost zahlreiche Hänge und Böden davon abhält abzusacken. Zusätzlich sind Eisflächen für viele Tiere ein wichtiger Lebensraum. Der Fokus dieses Versuchs liegt auf dem Anstieg des Meeresspiegels und dem Verlust von Lebensraum für einige Tiere durch das Schmelzen von Eismassen.

³ <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>

Mehr zum Meeresspiegelanstieg:
https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Folgen_des_Meeresspiegelanstiegs

Auch in der Arktis hängt ein grosses Ökosystem davon ab, dass das Meer im Winter für längere Zeit zufriert. Kleinste Organismen, sogenannte Eisalgen, leben unter Wasser an Eisschollen und bilden die Grundlage der Marin-Arktischen Nahrungskette. Abgesehen davon brauchen Eisbären tragfähiges Meereis zum Jagen und Seelöwen sowie Walrösser brauchen es zum Lagern. Nun wird dieses Ökosystem jedoch zunehmend instabil.

Übersicht: https://www.wwf.de/fileadmin/user_upload/Bilder_und_Videos/Arktis/WWF-infografik-eisbaer-ohne-eis-c-stuttgarter-zeitung-und-nachrichten-wwf.jpg

In diesem Experiment können die Schüler*innen beobachten, wie durch das Schmelzen von nicht-schwimmenden Eises der Meeresspiegel ansteigt und wie Eisbären mit Eisschollen eine wichtige Grundlage für ihre Jagd verlieren.

Versuchsdurchführung

Benötigtes Material pro Experiment:



Kieselsteine/Sand

Durchsichtige Schale (2x)

Eisscholle

Eiswürfel

Wasser

Spielzeug Häuschen

Folienschreiber

Spielzeug Eisbär

Vorbereitung:

- Material besorgen, Experiment selbst ausprobieren, Arbeitsblatt ausdrucken
- Das Eis für die Eisscholle und Eiswürfel in den Tiefkühler stellen. Für die Eisscholle kann man z.B. eine Schüssel oder einen Teller mit Wasser füllen und dann gefrieren lassen.
- Das Experiment kann inhaltlich sehr gut mit dem Experiment «Die Albedo und ihr Effekt aufs Klima» verbunden werden. Dort wird der Einfluss der Eisschmelze aufs Klima genauer betrachtet. Die Schüler*innen können auch auf die Experimente aufgeteilt werden und sich ihre Ergebnisse dann gegenseitig vorstellen.
- Das Experiment sollte auf einer wasserfesten Unterlage oder draussen durchgeführt werden.
- Natürlich kann noch zusätzliches Material zum Bauen der Landschaft hinzugezogen werden.
- Die Schüler*innen können auch selber Material, z.B. Spielzeughäuschen, von Zuhause mitnehmen

Durchführung Experiment:

Jede*r Schüler*in hat das Arbeitsblatt vor sich liegen. Zu Beginn wird der Versuch vorgestellt und das Versuchsmaterial in Gruppen verteilt. Nachdem die Schüler*innen den Versuch aufgebaut haben, muss etwa eine Lektion gewartet werden. Währenddessen können die Schüler*innen die ersten drei Fragen auf dem Arbeitsblatt diskutieren und beantworten.

Während des Versuchs schmilzt das gesamte Eis auf dem Festland und die Eisscholle im Meer. Da die Eisscholle genauso viel Wasser verdrängt hat, wie in ihr selbst enthalten war, steigt der Meeresspiegel in dieser Schüssel nicht an. Anders wird es auf dem Festland aussehen. Dort wird der Meeresspiegel ansteigen und Teile der ehemals trockenen Küste überschwemmen.

Nachdem kein Eis mehr vorhanden ist, beantworten die Schüler*innen die drei Reflexionsfragen auf dem Arbeitsblatt. Die Lösungen werden in der Klasse diskutiert.

Versuchsablauf



Als erster Schritt werden die beiden Landschaften gebaut. Du bist natürlich frei, hier auch noch mehr ins Detail zu gehen.



Fülle dann beide Behälter mit Wasser und markiere mit einem Folienstift oder einem Post-it, bis wohin sie gefüllt sind.



Lege jetzt noch die Eiswürfel auf die Kieselsteine. Die Eiswürfel stellen das Eis auf dem Festland dar. Dabei solltest du etwa gleich viel Eis auf das Kies legen, wie in der Eisscholle steckt.



In der linken Schüssel ist der Wasserspiegel zwar gleichgeblieben, der Eisbär aber leider ertrunken. In der rechten Schüssel steht das Haus wegen des gestiegenen Meeresspiegels im Wasser.

Tipps zur Durchführung:

- Es empfiehlt sich, in der Schale mit dem Kies möglichst viele Eiswürfel auf dem Festland zu platzieren, damit der Höhenunterschied des Meeresspiegels gut sichtbar

Lösungen zu Fragen

- A) Robben, die Hauptnahrung von Eisbären, brauchen Meereis für ihre Jungenaufzucht und um sich auszuruhen. Ohne Meereis haben Eisbären keine Nahrung und keinen Ort, um sich vom Jagen auszuruhen, ihre Beute zu verspeisen oder zu schlafen. Auch Walrösser ruhen sich in grossen Gruppen auf Eisschollen aus, wenn diese wegschmelzen wird es für sie immer enger.
- B) Wenn der Meeresspiegel steigt, werden die Häuser vieler Menschen, die in Küstennähe wohnen überschwemmt. Ohne Gletscher und Schnee in den Bergen werden viele Flüsse und Bäche im Sommer austrocknen und viele Menschen Probleme mit der Wasserversorgung bekommen. Ebenfalls werden die Skiferien eher zu Wanderferien. Eisbären und andere Tiere, die ihren Lebensraum durch die Eisschmelze verlieren, dringen mehr und mehr in von Menschen bewohnte Gebiete vor und können den Menschen gefährlich werden.
- C) / D) In der Schale mit der schwimmenden Eisscholle schmilzt das Eis, allerdings steigt der Meeresspiegel dadurch nicht an. In der Schale mit dem eisbedeckten Land steigt der Meeresspiegel immer weiter an, je mehr Eis schmilzt.
- E) 1) Schmelzende Eisberge lassen den Meeresspiegel nicht ansteigen. Für Tiere, die auf Eisbergen leben, ist das Wegschmelzen ihres Lebensraums hingegen ein grosses Problem.
2) Das Schmelzwasser der Gletscher fliesst ins Meer und lässt den Meeresspiegel ansteigen. Je mehr Gletscher und anderes Eis und Schnee auf dem Land wegschmilzt, desto stärker steigt der Meeresspiegel an.
- F) Viele Menschen müssen aus Küstengebieten wegziehen. Es müssen höhere Dämme gegen Hochwasser gebaut werden. Städte in bergigen Regionen müssen im Sommer Wasser sparen. In Regionen nahe am nördlichen Polarkreis müssen Zäune gegen hungrige Eisbären errichtet werden.

Quellen zu Lösungen:

A) <https://www.wwf.de/themen-projekte/projektregionen/arktis/notruf-vom-nordpol-eisschmelze-macht-walross-rentier-und-eisbaer-zu-schaffen>

B-F) <https://www.wwf.de/themen-projekte/projektregionen/arktis/arktische-eisschmelze-bedroht-menschen-weltweit>

Permafrost – LP-Kommentar

Stufe	Aufwand Vorbereitung	Totaler Zeitaufwand
Zyklus 2 und 3	Mittel	1-2 Lektionen
Lehrplanbezüge:		
Zyklus 2: NMG2.2d/f, NMG2.6h, NMG4.4.2c/d		
Zyklus 3: RZG1.2c, RZG1.3b/c, RZG3.1a		
Lernziele:		
Verständnis, was Permafrost ist und wo er vorkommt Folgen des Auftauens des Permafrosts in der Schweiz kennen und beschreiben können		

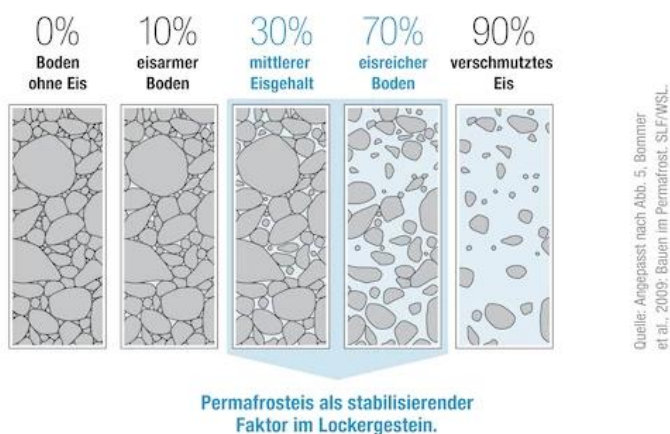
Fachlicher Bezug

Als Permafrost werden Böden bezeichnet, die dauerhaft, über ganze Jahre hinweg gefroren bleiben. Solche erstrecken sich über grosse Flächen in sehr nördlich und südlich gelegenen Gebieten der Erde. Ebenfalls gibt es in Hochgebirgen Permafrosthänge. Die gefrorenen Hänge sind stabiler als wenn das Material nicht gefroren wäre. Das Eis im Untergrund hält so ganze Berghänge zusammen.

Durch die globale Erwärmung tauen immer mehr Permafrostböden auf. So verwandelt sich ehemals stabiler Untergrund in Sumpfland, viele Böden sacken in sich zusammen und füllen sich mit Wasser. Die Permafrost-Hänge im Gebirge, wie es sie in der Schweiz viele gibt, verlieren mehr und mehr an Stabilität und beginnen abzurutschen. Es kommt zu Häufungen von Felsstürzen und Hangrutschen. Immer mehr Infrastruktur in den Bergen und Polarregionen befindet sich neu in einer Gefahrenzone.

Alpen-Kleber

Liegt die Bodentemperatur das ganze Jahr unter 0° C, so spricht man von Permafrost. Das darin gespeicherte Wasser ist zu Permafrosteis gefroren. Permafrosteis ist ein stabilisierender Faktor in Hängen, Schutthalden und Felswänden im Hochgebirge.



Bildquelle: https://klargrafik.ch/portfolio/bli_permafrost/

Neben dem Stabilitätsverlust ist auch die Freisetzung grosser Mengen im Permafrost gespeicherten Methans und CO₂ ein ernstes Problem für das Klima. Das Abschmelzen des Permafrosts gehört deshalb ebenfalls zu den Rückkoppelungs-Effekten, welche sich bei der Klimaerwärmung selbst verstärken.

In diesem Experiment können Schüler*innen einen dieser durch auftauenden Boden ausgelösten Hangrutsche selbst beobachten.

Video von SRF-Einstein zum Thema:

<https://www.srf.ch/play/tv/einstein/video/der-permafrost-taut-auf-unberechenbare-gefahr-fuers-klima?urn=urn:srf:video:5dddfce3-5a47-437a-ac73-58e8bcef5254>

Quellen: <https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Permafrost>
https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Kipppunkte_im_Klimasystem



Durch schmelzenden Permafrost sind in Kanada viele kleine Schmelzwasserseen entstanden.

(By Steve Jurvetson -

<https://www.flickr.com/photos/44124348109@N01/2661598702>)

Versuchsaufbau

Benötigtes Material pro Experiment:



Trinkglas

Trichter

Wasser

Kieselsteine

Spielzeug Häuschen

Teller

(Klarsichtfolie)

Vorbereitung

- Das Experiment sollte auf einer wasserfesten Unterlage oder draussen durchgeführt werden (solange draussen positive Temperaturen herrschen).
- Die Schüler*innen können auch selber Material, z.B. Spielzeughäuschen, von Zuhause mitnehmen.
- Mit einem Föhn kann das Abschmelzen des Kegels beschleunigt werden.
- Falls die Kieselsteine das Wasser nicht daran hindern, aus dem Trichter rauszufließen, kann auch ein kleines Stück Klarsichtfolie über den Ausfluss gelegt werden bevor der Trichter mit Steinen gefüllt wird.
- Optional kann der erste Schritt des Versuchs, das Kaltstellen der Kieskegel, in die Vorbereitung verschoben werden, um Zeit zu sparen. So kann man die Kegel auch nacheinander gefrieren und braucht weniger Trichter.
- Bei vielen Gruppen kann auch mit unterschiedlichen Materialien experimentiert werden. So kann z.B. Sand, feines und grobes Kies, Erde oder eine Mischung von allem ausprobiert werden.

Versuchsablauf

1



Als erster Schritt wird der Trichter mit Kieselsteinen gefüllt und Wasser hineingegossen bis der Trichter bis zum Rand gefüllt ist. Dann das Ganze für etwa eine Stunde in den Tiefkühler

2



Löse den Eiskegel aus dem Trichter und stelle ihn auf den Teller. Es kann helfen den Trichter unter warmes Wasser zu halten. Stelle zuletzt das Spielzeughaus auf die Spitze des Kegels.

3



Wenn das Eis schmilzt verändert sich der Kegel. Die Wartezeit lässt sich mit Hilfe eines Föhns verkürzen.

4



Sobald alles Wasser geschmolzen ist, hält nichts mehr die Steine zusammen. Der gesamte «Berg» und damit auch das Fundament für das Spielzeughaus stürzt ein

Durchführung Experiment:

Jede*r Schüler*in hat das Arbeitsblatt vor sich liegen. Zu Beginn wird der Versuch vorgestellt und das Versuchsmaterial in Gruppen verteilt. Nachdem die Schüler*innen den Versuch aufgebaut haben, muss etwa eine Lektion gewartet werden, bis der Kegel gefroren und nochmals eine Lektion bis er wieder geschmolzen ist. Währenddessen können die Schüler*innen die ersten drei Fragen auf dem Arbeitsblatt diskutieren und beantworten.

Während des Versuchs schmilzt das Eis, das den Kegel in seiner Form gehalten hat. Die Steine, die einen Berghang darstellen sollen, fangen an zu bröckeln, bis am Ende der gesamte «Berg» eingestürzt ist. Das Haus symbolisiert dabei die menschengemachten Strukturen, welche vom Auftauen des Permafrosts bedroht werden.

Nachdem der Kegel in sich zusammengefallen ist, beantworten die Schüler*innen die drei Reflexionsfragen auf dem Arbeitsblatt. Die Lösungen werden in der Klasse diskutiert.

Lösungen zu Fragen

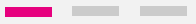
- A) In den Polarregionen wie z.B. in Sibirien, Grönland, Kanada, Norwegen, der Antarktis. Und in verschiedenen Gebirgsregionen, ausgenommen in tropischen Gebirgen. In der Schweiz beispielsweise an den meisten Lagen oberhalb von etwa 2500 Meter, auf im Himalaya, in den Anden, den Rocky Mountains etc.
- B) Die Böden, die durch den Permafrost zusammengehalten wurden, werden instabil. So kann es häufiger zu Felsstürzen, Steinschlägen, Gerölllawinen und Murgängen kommen. Wurde früher auf Permafrostböden gebaut, muss man nun damit rechnen, dass diese Böden sich verändern und absacken. Das kann ganze Häuser zum Einsturz bringen und ist deswegen in kalten Regionen wie Sibirien ein grosses Problem.
- C) / D) Das Eis wirkt wie ein Kleber, welches die Steine stabil zusammenhält. Durch das Schmelzen des Eises verschwindet dieser Kleber und damit halten die Kieselsteine nicht mehr zusammen. Der Steinberg verliert an Stabilität und bröckelt immer mehr weg. Das kleine Haus auf der Spitze rutscht so ebenfalls ab.
- E) Das Haus im Experiment ist zusammen mit den Geröllmassen abgerutscht. Das gleiche Problem haben reale Häuser in den Alpen und in Polarregionen auch. Es gab schon einige Ferienhäuser in den Bergen, denen einfach das Fundament weggerutscht ist und die deswegen abgerissen werden mussten.
- F) Der Mensch hat zwei Möglichkeiten, um mit dem Auftauen des Permafrosts umzugehen:
Er kann auf der einen Seite verhindern, dass sich das Weltklima weiter erwärmt und so das Auftauen an sich stoppen. Auf der anderen Seite können neue Bau- und Überwachungsmethoden eingesetzt werden, die jedoch häufig mit hohen Kosten verbunden sind. In der Schweiz werden vermehrt solche Methoden angewandt, um die Sicherheit von Infrastruktur wie Bergbahnstationen, Masten, Lawinenverbauungen, Bahngleise, etc. zu gewährleisten.

Quellen zu Arbeitsblatt und Lösungen:

- https://nsidc.org/cryosphere/frozenground/whereis_fg.html
- <https://ipa.arcticportal.org/publications/occasional-publications/what-is-permafrost>

A-E) <https://www.slf.ch/de/permafrost.html>

Rette den Eiswürfel – LP-Kommentar

Stufe	Aufwand Vorbereitung	Totaler Zeitaufwand
Zyklus 2 und 3	 Gering	 1 Lektion
Lehrplanbezüge:		
Zyklus 2: NMG3.2f		
Zyklus 3: NT4.2a		
Lernziele:		
Verstehen, wieso Isolation wichtig für den Klimawandel ist Verstehen welche Materialien gut dämmen und welche nicht		

Fachlicher Bezug

24% der Schweizer Treibhausgasemissionen sind CO₂-Emissionen aus dem Gebäude-Sektor⁴. Ein Grossteil dieser Emissionen kann durch die Sanierung der Gebäude und den Ersatz der alten Öl- oder Gasheizung durch eine Wärmepumpe reduziert werden. Besonders wichtig für eine gute CO₂-Bilanz eines Gebäudes ist eine gute Isolation/Dämmung der Gebäudehülle, allein dadurch kann der Energiebedarf stark gesenkt werden.

Deswegen ist es wichtig, dass Schüler*innen lernen, was Isolation ist und wieso sie wichtig ist. In diesem Versuch lernen sie die physikalischen Grundlagen der Wärmeleitung kennen und wissen selbst Beispiele für einige Materialien, die gut dämmen.

Die Wärmeleitfähigkeit ist eine materialspezifische Eigenschaft. Von ihr hängt ab, wie viel / wie schnell Wärme durch den festen Stoff transportiert wird. Je höher die Wärmeleitfähigkeit desto mehr Wärme wird pro Sekunde übertragen.

Generelle Tendenzen bei der Wärmeleitfähigkeit sind:

- Materialien mit hoher elektrischer Leitfähigkeit sind auch gute Wärmeleiter (Metalle/Graphit)
- Im perfekten Vakuum findet keine Wärmeleitung statt
- Gase, mit Ausnahme von Wasserstoff und Helium, haben eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit.
- Baustoffe mit hohem Porenanteil (z.B. Beton oder Holz) haben, aufgrund der eingeschlossenen Luft ebenfalls eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit
- Wasser ist ein guter Wärmeleiter, deswegen ist die Wärmeleitfähigkeit auch vom Wassergehalt eines Stoffes abhängig.

⁴ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/inkuerze.html>, Abschnitt 2

Versuchsdurchführung

Benötigtes Material pro Experiment:



Eiswürfel (4x)

Gegenstand 1 (Handtuch)

Teller (4x)

Gegenstand 2 (Klarsichtfolie)

Gegenstand 3 (Alufolie)

(Gläser (4x))

- Jede*r Schüler*in sucht sich aus dem Klassenzimmer ein Material aus oder nimmt von zuhause ein Material/Gegenstand mit, von dem sie gute Isolierungseigenschaften erwarten.

Vorbereitung:

- Material besorgen, Experiment selbst ausprobieren, Eiswürfel kaltstellen, Arbeitsblatt ausdrucken
- Schüler*innen die Hausaufgabe / den Auftrag geben, sich ein Material zur Isolation auszusuchen.

Durchführung Experiment:

Jede*r Schüler*in hat das Arbeitsblatt vor sich liegen. Zu Beginn wird der Versuch vorgestellt und das Versuchsmaterial in Gruppen verteilt. Nachdem die Schüler*innen den Versuch aufgebaut haben, muss etwa eine Lektion gewartet werden bis alle Eiswürfel geschmolzen sind. Währenddessen können die Schüler*innen die ersten drei Fragen auf dem Arbeitsblatt diskutieren und beantworten.

Während des Versuchs schmelzen die Eiswürfel mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, abhängig davon, auf welchem Material sie stehen. Auch die Dicke des Materials spielt eine Rolle. Bei den drei Beispielmaterien und dem Kontrollversuch schmilzt der Eiswürfel ohne Unterlage am schnellsten, danach folgt die Alufolie, dann die Frischhaltefolie und zuletzt das Stofftuch. Mit Gläsern/Schalen, die über die Eiswürfel gestülpt werden können, kann verhindert werden, dass der Versuch durch Zugluft o.ä. gestört wird.

Nachdem die Eiswürfel geschmolzen sind, beantworten die Schüler*innen die drei letzten Fragen.

Versuchsablauf



Auf drei der vier Teller wird eines der mitgebrachten Materialien gelegt. Zum Vergleich wird bei einem Eiswürfel kein Material daruntergelegt.



Damit kein Durchzug oder Wind den Versuch stört, können noch zusätzlich Gläser über die Eiswürfel gestülpt werden.



Nach einiger Zeit können schon die ersten Unterschiede beobachtet werden.



Nach noch längerem Warten werden die Unterschiede noch deutlicher.

Tipps zur Durchführung:

- F)** Es empfiehlt sich, die Schüler*innen zu ermutigen möglichst unterschiedliche Gegenstände auszuprobieren, damit die Unterschiede gut ersichtlich sind. Einen Eiswürfel ohne Unterlage schmelzen zu lassen ist aus dem gleichen Grund auch immer empfehlenswert.

Lösungen zu Fragen

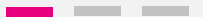
- A) Beispiele für gute Dämmmaterialien:
Wolle, Stroh, Beton, Holz, Glaswolle/Steinwolle, Schilfrohr, Vakuum
- B) Sie bestehen alle aus Stein oder pflanzlichem Material und bestehen auch zu einem grossen Teil aus Luft. Da Luft an sich sehr gut isoliert, ist das nicht überraschend.
- C) Der Eiswürfel auf Gegenstand X schmilzt schneller als der Eiswürfel auf Gegenstand Y. (die Hypothese und korrekte Lösung ist abhängig von den Gegenständen)
- D) Neben den Materialeigenschaften spielt auch die Dicke des Materials zwischen Eiswürfel und Teller eine Rolle.
Andere Einflüssen könnten verschieden warme Gegenstände oder Teller gewesen sein, sowie bei Versuchen ohne Gläser auch Wind.
- E) Beispiellösung:
«An einem Faden hängend in unbewegter Luft», «Im Vakuum», «Auf einem trockenen Schwamm in unbewegter Luft»

Quellen zu Lösungen:

A, B)

<https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/daemmstoffe/ausgangsmaterialien-fuer-daemmstoffe-1466079>

Aufwindkraftwerk – LP-Kommentar

Stufe	Aufwand Vorbereitung	Totaler Zeitaufwand
Zyklus 3	 Gering	 1 – 2 Lektionen
Lehrplanbezüge:		
Zyklus 3: NT4.2c/d, RZG1.4d		
Lernziele:		
Verschiedene erneuerbare Energiequellen und Technologien zu deren Förderung nennen können Verstehen, wie ein Aufwindkraftwerk funktioniert		

Fachlicher Bezug

Erneuerbare Energien für den Menschen besser nutzbar zu machen, ist eine Aufgabe, an der weltweit zahlreiche Ingenieur*innen arbeiten. Denn nur so ist der hohe Energiebedarf der Weltbevölkerung zu decken, ohne dabei die endlichen Ressourcen des Planeten zu verbrauchen. Ausserdem verursacht die Nutzung fossiler Brennstoffe als Energieträger einen hohen Ausstoss an Treibhausgasen wie CO₂. Diese Emissionen wiederum verstärken den Klimawandel und führen so zu vielen ungewollten Folgen.

Erneuerbare Energiequellen, sind Energiequellen, die, nachdem sie verbraucht wurden, in einem angemessenen Zeitrahmen wieder verfügbar sind. Beispiele für solche Energiequellen sind: Sonnenstrahlung, Windkraft, Wasserkraft, Gezeiten, Biomasse.

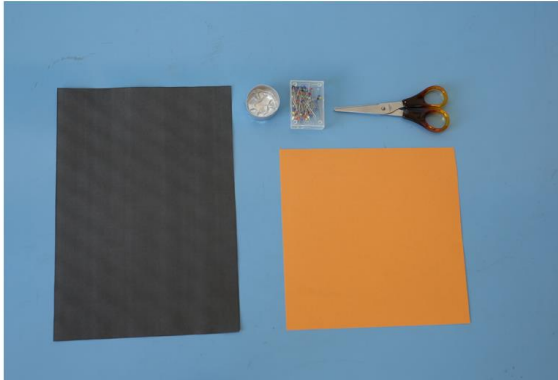
Es gibt zahlreiche Technologien, welche die Energie aus solchen Energiequellen in eine für uns Menschen nutzbare Form bringen. Darunter sind bekannte Vertreter wie Solarzellen, Windräder oder Staudämme, es gibt aber auch weniger bekannte Ansätze, mit denen schon in grossen Kraftwerken Energie verfügbar gemacht wird. Beispiele sind Gezeitenkraftwerke, CSP-Kraftwerke oder eben auch Aufwindkraftwerke.

Eine weitere Herausforderung von erneuerbaren Energien ist die Speicherung gewonnener Energie, so dass zum Beispiel im Sommer gewonnene Elektrizität aus Solarkraft im Winter genutzt werden kann. Denn viele erneuerbare Energieträger schwanken saisonal in ihrer Verfügbarkeit. Wasserspeicherwerke werden schon länger genutzt, aber um die Energieversorgung grossflächig sicherzustellen wird momentan ebenfalls viel zu Speichermöglichkeiten geforscht.

Dieses Experiment soll den Schüler*innen eine der vielen Möglichkeiten aufzeigen, wie erneuerbare Energien genutzt werden können und sie dazu anregen, sich selbst Gedanken darüber zu machen, wie man erneuerbare Energien nutzen könnte.

Versuchsdurchführung

Benötigtes Material pro Experiment:



Schwarzes Papier

Teelicht-Schale

Stecknadel (1x)

Schere

Dickes Papier

(Klebeband)

Vorbereitung:

- Genügend Material für die Klasse besorgen und Arbeitsblätter pro Person ausdrucken.
- Experiment selbst ausprobieren.
- Abklärungen Wetterbedingungen: Bei sehr windigen Verhältnissen und wenn die Sonne nicht scheint, muss das Testen der Kraftwerke verschoben werden. Wenn gar keine Sonne in Sicht ist, kann die schwarze Röhre auch mit Licht einer klassischen Glühbirne (nicht LED!) beschienen werden.

Durchführung Experiment:

Jede*r Schüler*in hat das Arbeitsblatt vor sich liegen. Nach einer kurzen Einführung beantworten die Schüler*innen die ersten beiden Fragen auf dem Arbeitsblatt. Anschliessend wird der Versuch vorgestellt und das Versuchsmaterial unter den Gruppen verteilt.

Die Schüler*innen können selbstständig ein einfaches Aufwindkraftwerk basteln.

Nachdem das Kraftwerk fertig gebaut ist und in der Sonne ausprobiert wurden, beantworten die Schüler*innen die beiden nächsten Fragen auf dem Arbeitsblatt. Die Lösungen aller Fragen werden anschliessend in der Klasse besprochen und diskutiert.

Versuchsablauf

1  Klebe das schwarze Papier zu einer Röhre zusammen. Schneide einen Streifen aus dem dicken Papier, der gleich breit ist wie die Röhre.	2  Schneide den Rand der Tee-licht-Schale mehrmals ein und falte den Rand auf, so dass ein Rotor entsteht.	3  Steche die Stecknadel durch den Streifen dicken Papiers und befestige sie zusätzlich mit Klebeband.
4  Befestige an den Enden des Kartons Klebeband und klebe ihn innen in die Röhre aus schwarzem Papier.	5  Schneide ausserdem die Rolle am anderen Ende ein, damit sie aufrecht stehen kann.	6  Jetzt musst du nur noch den Rotor auf die Stecknadel legen (nicht durchstechen!) und dein Kraftwerk in die Sonne stellen.

Lösungen zu Fragen

- A) Beispiele für erneuerbare Energiequellen:
Sonnenlicht, Wind, Wasserkraft, Gezeiten, Geothermie, Biomasse (z.B. Holz), Muskelkraft
- B) Beispiele für erneuerbare Technologien:
Solarzellen, Solarkollektoren, Windräder, Gezeitenkraftwerke, Wasserturbinen, Aufwindkraftwerke, Dynamos, Wärmepumpen etc.
- C) Die Sonne erwärmt das schwarze Papier und damit auch die Luft nahe an der Papierrolle. Warme Luft ist leichter als kalte Luft, weswegen die warme Luft aufsteigt. Beim Aufsteigen bringt die warme Luft den Rotor zum Drehen.

Tipps zur Durchführung:

- Falls die Frage aufkommt, ob es denn auch in echt ein Aufwindkraftwerk gäbe, kann das folgende Bild aus dem Wikipedia Artikel zu «Aufwindkraftwerk» gezeigt werden:
- Es war das erste Pilotprojekt zu einem Aufwindkraftwerk, stand in Manzanares in Spanien und war 196m hoch. Seither gab es eine Handvoll Versuche die Anlagen kommerziell einzusetzen, allerdings gestaltet sich die Realisierung schwierig. Es wird momentan kein reales Aufwindkraftwerk zur Energiegewinnung genutzt.



Von Widakora - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12626528>