

# SOLARENERGIE

## Energieversorgung für den Mond testen

### Kurzbeschreibung

Solarenergie ist eine mögliche Lösung, um bei zukünftigen stationären Aufenthalten und Forschungsmissionen auf dem Mond eine Versorgung mit elektrischer Energie zu gewährleisten. In diesem Projekt lernen die Schüler\*innen die Energiegewinnung durch Solarenergie kennen. Dafür berechnen und experimentieren die Schüler\*innen mögliche Arten, die Solarenergie zu nutzen.

### Eckdaten

**Schulfach:** Physik, Technik

**Altersgruppe:** 12-15 Jahre

**Art der Aufgaben:** Rechenaufgabe und Experiment

**Schwierigkeitsgrad:** Einfach bis mittel

**Benötigte Zeit:** ca. 3h insgesamt

**Kosten:** mittel (ca. 10-30€)

**Ort:** Klassenzimmer mit (mehreren) Fenstern, Schulhof

**Man benötigt:** Taschenrechner, 1x mittelgroßer Karton, 1x kleiner Karton, 3x alte Zeitung, Isolierklebeband (schwarz), schwarze Farbe, Pinsel, Alufolie, 2x Plexiglasscheibe (Größe des Deckels des kleineren Kartons), Alleskleber, Stecknadeln

**Stichwörter:** Physik, Technik, Erdkunde, Regenerative Energien, Sonnenenergie, Photovoltaik, Solarthermie

### Lernziele

Die Schüler\*innen lernen,

- wie wir die Strahlung der Sonne nutzen können.
- wie man nachhaltig und ressourcenschonend Energie gewinnen kann.
- Experimente zu planen und durchzuführen.
- Messungen auszuwerten und Schlussfolgerungen zu ziehen.
- als Team zu arbeiten.

## Zusammenfassung der Aktivitäten

Aktivität	Titel	Beschreibung	Ergebnis	Voraussetzungen	Zeit
1	Photovoltaikanlage für den Betrieb einer Mondstation	Die Schüler*innen berechnen, ob eine Photovoltaikanlage auf dem Mond den Energieverbrauch von einer Crew mit 4 Mitgliedern decken kann.	Den Energieverbrauch von 4 Menschen auf dem Mond einschätzen	Gleichungen umstellen, Zeiten umrechnen können	15 min
2	Experiment zur Solarthermie	Die Schüler*innen bauen einen Solarofen und führen Temperaturmessungen durch.	Die Temperatur im Ofen steigt an.	Einige Materialien, Umgang mit Cuttermesser	Ca 1,5 Stunden, 15 min für das Messen der Temperatur

## Einführung

Auf diesem Arbeitsblatt sollen Schüler\*innen eine Einschätzung für die Energiegewinnung und den Energieverbrauch lernen. Dies ist einerseits sinnvoll für den Alltag, auf der anderen Seite lernen die Schüler auf diese Weise, wie eine dauerhafte Energiequelle auf dem Mond realisiert werden könnte, z.B. um eine Mondbasis zu errichten. Dies ist sinnvoll, wenn Astronauten zum Mars fliegen, was noch in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts geplant ist.

Photovoltaik bzw. Solarthermie ist des Weiteren eine erneuerbare Energie. Da die ganze Energie von der Sonne bezogen wird, ist es gerade im Weltraum einfacher zu nutzen, anstatt beispielsweise Öl oder Gas, um auf dem Mond Energie zu gewinnen.

## Grundlagen

### Der Mond

Der Mond ist ein Satellit unserer Erde. Er ist von der Erde aus am Nachthimmel gut sichtbar und erscheint im Vergleich zu den Planeten unseres Sonnensystems sehr groß. Dies liegt an der Nähe des Mondes zu unserer Erde und aufgrund eben dieser Nähe eignet sich der Mond auch sehr gut als erster Himmelskörper für die Errichtung einer Station.

Genauso wie die Erde, dreht auch der Mond sich um sich selbst. Außerdem dreht er sich um die Erde. Eine Umdrehung dauert einen Monat.

Auf dem Mond selbst sieht es aus wie in einer Steinwüste. Überall ist Geröll und Staub. Im Gegensatz zur Erde weist der Mond sehr viele Krater auf, die durch den Einschlag von Meteoriten entstanden sind. Die dunklen Flecken, die man auch von der Erde aus auf dem Mond aus machen kann, sind besonders große Krater, die man auch „Meere“ nennt.

Die Atmosphäre auf unserer Erde, also eine Hülle aus Gas um unseren Planeten, schützt uns vor Meteoriten, da diese in ihr verbrennen. Außerdem ermöglicht die Erdatmosphäre, dass wir atmen können. Der Mond hat eine solche Atmosphäre nicht, daher können die Meteoriten ungestört einschlagen und Menschen können auf dem Mond nicht atmen.

Außerdem sind die Temperaturunterschiede auf dem Mond enorm. Ist auf dem Mond Nacht, so kann es bis zu - 160 °C kalt werden, am Tag dagegen können die Temperaturen bis auf 130 °C ansteigen. Entsprechend gibt es auf dem Mond auch kein flüssiges Wasser. Dies liegt unter

anderem auch am niedrigen Druck auf dem Mond, welcher der Grund ist, weshalb Wasser nur in fester oder gasförmiger Form vorliegen kann.

Auch die Anziehungskraft auf dem Mond unterscheidet sich von der auf der Erde. Sie ist nur rund ein Sechstel so groß wie die auf unserer Erde.

Bei den bemannten Mondmissionen zwischen 1969 und 1972 hielten sich die Menschen immer nur einige Tage auf dem Mond bzw. in der Rakete auf dem Mond auf. Eine Mondstation konnte bisher nicht auf dem Mond errichtet werden, was einerseits an den hohen Kosten liegt, andererseits aber auch daran, dass Fragen für die Versorgung der Astronauten geklärt sein müssen. Auf diesem Arbeitsblatt lernen die Schüler nun etwas über die Wassergewinnung auf dem Mond, was einen großen Bestandteil der Versorgung darstellt.

**Größe des Mondes:**
*Die Erde ist ca. 4-mal so groß wie der Mond*

3.475 km

**Entfernung zur Erde:**

400.000 km

**Temperatur an der Oberfläche:**

- 160 bis + 130 °C

**Oberflächenbeschaffenheit:**

steinig mit vielen Kratern

**Anziehungskraft:**
 $\frac{1}{6}$  so groß wie die der Erde

**Atmosphäre:**
*Kein Schutz vor Meteoriten, keine Atmung möglich*

Nicht vorhanden



## Photovoltaik

Photovoltaikanlagen bestehen meist aus Silizium, einem Halbleiter. Die oberste Schicht (Leitungsband) ist n-dotiert, das heißt es gibt zu viele Elektronen. Die untere Schicht (Valenzband) ist p-dotiert, also gibt es hier „Löcher“. Zwischen diesen beiden Schichten bildet sich ein sogenannter p-n-Übergang, d.h. die überschüssigen Elektronen der n-dotierten Schicht binden locker an die Fehlstellen. Da nun in der oberen Schicht wiederum zu wenig Elektronen und unten zu wenig Löcher sind, bildet sich ein konstantes elektrisches Feld aus. Durch Sonneneinstrahlung gelangen Photonen in diese Übergangsschicht. Sind die Photonen energiereich genug, werden die locker gebundenen Elektronen wieder aus den „Löchern“ gelöst,

und gelangen vom Valenzband ins Leitungsband. Viele Elektronen-Loch-Paare verschwinden nach kurzer Zeit wieder, da sie rekombinieren. Weiterhin driften Elektronen wieder nach oben und Fehlstellen nach unten. Durch den Ladungsunterschied entsteht ein elektrischer Strom. Dieser besteht so lange weiterhin Photonen einfallen, und damit freie Ladungsträger vorhanden bleiben.

Die in den Rechenaufgaben genutzte Einheit ist die Kilowattstunde. Sie ist eine Maßeinheit für Arbeit oder Energie pro Stunde. Im Alltag wird diese Einheit hauptsächlich bei der Abrechnung von Stromkosten genutzt. Bei Stromerzeugungsanlagen ist dies daher ebenfalls die Haupteinheit mit der gerechnet wird.

## 1 – Photovoltaikanlage für den Betrieb einer Mondstation

In diesem Teil müssen Schüler den Energieverbrauch von 4 Astronauten pro Jahr berechnen und ob dies mit Solarmodulen gut umsetzbar/sinnvoll wäre.

### Lösungen der Aufgaben

- a) Berechne die Gesamtenergie in  $\frac{kWh}{a}$ , die pro Jahr für die Mondstation benötigt wird. Gib das Ergebnis anschließend als Leistung in  $kW$  an.

$$4000 \frac{kWh}{a} * 2,5 + \frac{15 kWh}{100 km} * 4000 \frac{km}{a} = 10600 \frac{kWh}{a}$$

$$1 a = 365 d = 8760 h$$

$$\frac{10600 kWh}{8760 h} = 1,21 kW$$

Die Leistung, die die Sonne pro  $m^2$  auf den Mond abstrahlt, beträgt ungefähr  $1,361 \frac{kW}{m^2}$ . Der Wirkungsgrad aktueller Solarmodule liegt bei 20 %. Das bedeutet, dass nur 20 % der Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt wird.

- b) Wie viel  $m^2$  Solarmodule müssen auf dem Mond installiert werden, um den Energieverbrauch der Station zu decken?

$$1,361 \frac{kW}{m^2} * 0,2 = \frac{0,27kW}{m^2}$$

$$\frac{1,21kW}{0,27 \frac{kW}{m^2}} = 4,48 m^2$$

- c) Denkt ihr, dass es eine gute Idee ist, die elektrische Energie für die Mondstation nur mit Photovoltaikanlagen zu generieren?

---

---

---

### Diskussion

*Am Ende der Aufgaben bietet es sich an zu diskutieren, inwieweit die Errichtung von Photovoltaikanlagen umsetzbar/sinnvoll wäre. Neben der Anzahl der Solarmodule kommt auch noch der Transport von der Erde zum Mond hinzu.*

## 2 – Experiment zur Solarthermie

In diesem Experiment wandeln die Schüler auf einfache Weise Solarenergie in thermische Energie um. Damit lernen sie den Umgang mit erneuerbaren Energien, bzw. wie schwierig die Gewinnung beispielsweise auf dem Mond wäre.

### Equipment

- 1x *mittelgroßer Karton*
- 1x *kleiner Karton*
- 3x *alte Zeitung*
- 1x *Isolierklebeband (schwarz)*
- 1x *schwarze Farbe*
- 1x *Pinsel*
- 1x *Alufolie*
- 2x *Plexiglasscheibe (in der Größe des Deckels des kleineren Kartons)*
- 1x *Alleskleber*
- 4x *Musterbeutelklammer*

### Aufgabe

Die Schüler bauen ihren Solarofen auf wie beschrieben. Anschließend bearbeiten sie die Aufgaben.

### Diskussion

Die Temperatur im Solarofen steigt an, da die Sonnenstrahlen von den schwarzen Wänden der Kiste absorbiert und von kurzwelliger in langwellige Strahlung umgewandelt werden. Diese kann die Glasscheibe der Kiste nicht gut durchdringen und es kommt zu einem Temperaturanstieg. Der genaue Anstieg variiert je nach Sonneneinstrahlung.

# SOLARENERGIE

## Energieversorgung für den Mond testen

### Der Mond

Der Mond ist ein Satellit unserer Erde. Er ist von der Erde aus am Nachthimmel gut sichtbar und erscheint im Vergleich zu den Planeten unseres Sonnensystems sehr groß. Dies liegt an der Nähe des Mondes zu unserer Erde und aufgrund eben dieser Nähe eignet sich der Mond auch sehr gut als erster Himmelskörper für die Errichtung einer Station.

Genauso wie die Erde, dreht auch der Mond sich um sich selbst. Außerdem dreht er sich um die Erde. Eine Umdrehung dauert einen Monat.

Auf dem Mond selbst sieht es aus wie in einer Steinwüste. Überall ist Geröll und Staub. Im Gegensatz zur Erde weist der Mond sehr viele Krater auf, die durch den Einschlag von Meteoriten entstanden sind. Die dunklen Flecken, die man auch von der Erde aus auf dem Mond aus machen kann, sind besonders große Krater, die man auch „Meere“ nennt.

Die Atmosphäre auf unserer Erde, also eine Hülle aus Gas um unseren Planeten, schützt uns vor Meteoriten, da diese in ihr verbrennen. Außerdem ermöglicht die Erdatmosphäre, dass wir atmen können. Der Mond hat eine solche Atmosphäre nicht, daher können die Meteoriten ungestört einschlagen und Menschen können auf dem Mond nicht atmen.

Außerdem sind die Temperaturunterschiede auf dem Mond enorm. Ist auf dem Mond Nacht, so kann es bis zu - 160 °C kalt werden, am Tag dagegen können die Temperaturen bis auf 130 °C ansteigen. Entsprechend gibt es auf dem Mond auch kein flüssiges Wasser. Dies liegt unter anderem auch am niedrigen Druck auf dem Mond, welcher der Grund ist, weshalb Wasser nur in fester oder gasförmiger Form vorliegen kann.

Auch die Anziehungskraft auf dem Mond unterscheidet sich von der auf der Erde. Sie ist nur rund ein Sechstel so groß wie die auf unserer Erde.

Bei den bemannten Mondmissionen zwischen 1969 und 1972 hielten sich die Menschen immer nur einige Tage auf dem Mond bzw. in der Rakete auf dem Mond auf. Eine Mondstation konnte bisher nicht auf dem Mond errichtet werden, was einerseits an den hohen Kosten liegt,

andererseits aber auch daran, dass Fragen für die Versorgung der Astronauten geklärt sein müssen. Auf diesem Arbeitsblatt lernen die Schüler nun etwas über die Wassergewinnung auf dem Mond, was einen großen Bestandteil der Versorgung darstellt.

<b>Größe des Mondes:</b> <i>Die Erde ist ca. 4-mal so groß wie der Mond</i>	3.475 km
<b>Entfernung zur Erde:</b>	400.000 km
<b>Temperatur an der Oberfläche:</b>	- 160 bis + 130 °C
<b>Oberflächenbeschaffenheit:</b>	steinig mit vielen Kratern
<b>Anziehungskraft:</b>	$\frac{1}{6}$ so groß wie die der Erde
<b>Atmosphäre:</b> <i>Kein Schutz vor Meteoriten, keine Atmung möglich</i>	Nicht vorhanden



## Energiegewinnung

Energie hat auf der Erde verschiedene Primärquellen. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Quellen, die endlich sind, und solchen die unendlich oft verwendet werden können. Letztere nennt man auch regenerative Energiequellen. Beispiele für regenerative Energiequellen sind unter anderem Windenergie, Wasserkraft und Solarenergie.

Solarenergie kann auf zwei verschiedene Weisen verwendet werden:

- Strahlungsenergie der Sonne
- Wärmeenergie der Sonne

Eventuell kennt ihr die Solaranlagen auf Hausdächern. Diese Anlagen, auch Photovoltaikanlagen genannt, nutzen die Strahlungsenergie der Sonne, um sie in elektrische Energie umzuwandeln. In Ländern des Mittelmeerraumes gibt es auch Solaranlagen auf den Dächern, die keine Solarzellen zur Umwandlung der Solarenergie in elektrische Energie verwenden, sondern die diese stattdessen in Wärmeenergie umwandeln. Die Wärmeenergie kann dann beispielsweise für das Erwärmen des Duschwassers verwendet werden.

## 1 – Photovoltaikanlage für den Betrieb einer Mondstation

Wenn es zukünftig eine Station auf dem Mond geben soll, wird elektrische Energie benötigt, beispielsweise für die Beleuchtung. Vorab testen wir nun, wie groß eine Photovoltaikanlage auf dem Mond sein muss, um die Raumstation mit elektrischer Energie zu versorgen.

Die Mondstation soll zunächst 4 Astronaut\*innen beherbergen. Auf der Erde beträgt der jährliche Energieverbrauch eines 4 Personen-Haushalts  $4.000 \frac{kWh}{a}$ . Da die Versorgung der Astronaut\*innen mit Sauerstoff, Lebensmittel und Wasser zusätzlich Energie benötigt, wird angenommen, dass der Energieverbrauch auf dem Mond 2,5-mal so hoch ist wie auf der Erde.

Außerdem wird auf dem Mond ein Rover als Transportmittel benutzt. Er verbraucht ungefähr 15 kWh pro 100 km. Die geplanten Forschungsfahrten auf dem Mond werden ungefähr 4000 km pro Jahr betragen.

### Aufgabe

- a) Berechne die Gesamtenergie in  $\frac{kWh}{a}$ , die pro Jahr für die Mondstation benötigt wird. Gib das Ergebnis anschließend als Leistung in  $kW$  an.

---

---

---

---

Die Leistung, die die Sonne pro  $m^2$  auf den Mond abstrahlt, beträgt ungefähr  $1,361 \frac{kW}{m^2}$ . Der Wirkungsgrad aktueller Solarmodule liegt bei 20 %. Das bedeutet, dass nur 20 % der Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt wird.

- b) Wie viel  $m^2$  Solarmodule müssen auf dem Mond installiert werden, um den Energieverbrauch der Station zu decken?

---

---

---

---

c) Denkt ihr, dass es eine gute Idee ist, die elektrische Energie für die Mondstation nur mit Photovoltaikanlagen zu generieren?

---

---

---

## 2 – Experiment zur Solarthermie

Um die Nutzung der Solarenergie zu testen, führt ihr nun einen Versuch durch, bei dem Solarenergie in Wärmeenergie umgewandelt wird.

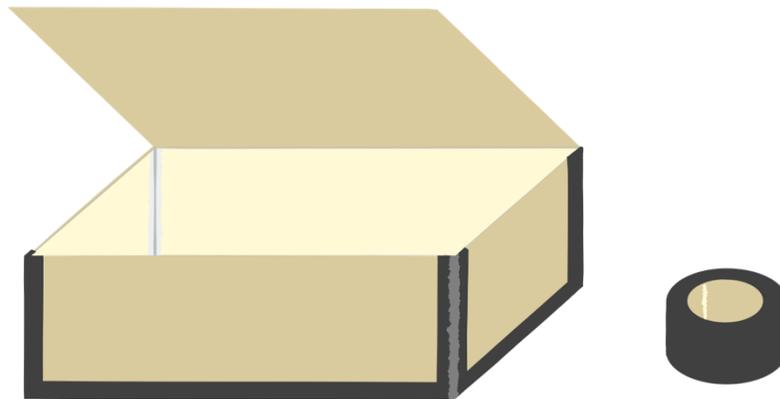
### Materialien

- 1x mittelgroßer Karton
- 1x kleiner Karton
- 3x alte Zeitung
- 1x Isolierklebeband (schwarz)
- 1x schwarze Farbe
- 1x Pinsel
- 1x Alufolie
- 2x Plexiglasscheibe (in der Größe des Deckels des kleineren Kartons)
- 1x Alleskleber
- 4x Musterbeutelklammer

### Versuchsdurchführung

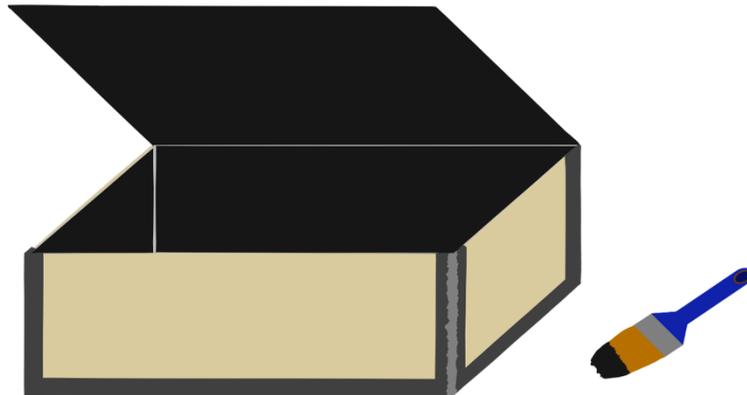
#### Schritt 1:

Verklebt alle Kanten der beiden Kartons von außen mit Isolierklebeband, damit möglichst keine Luft entweichen kann. Die Deckel dürft ihr dabei nicht verkleben.



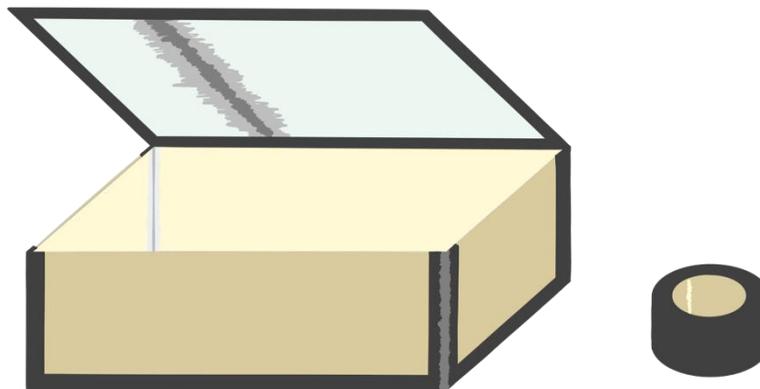
#### Schritt 2:

Streicht den kleineren Karton von innen mit der schwarzen Farbe. Streicht den Boden, den Deckel und die inneren Seitenteile.



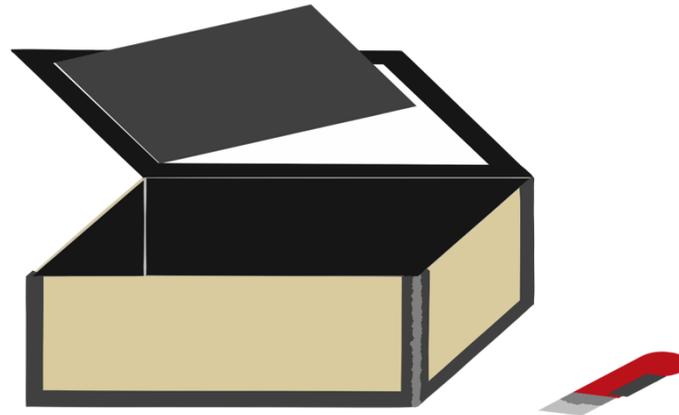
### Schritt 3:

Während der kleinere Karton trocknet, schneidet ihr ein Stück Alufolie so zu, dass es genau auf die Innenseite des Deckels des größeren Kartons passt und klebt es mit Hilfe des Isolierklebebands fest.



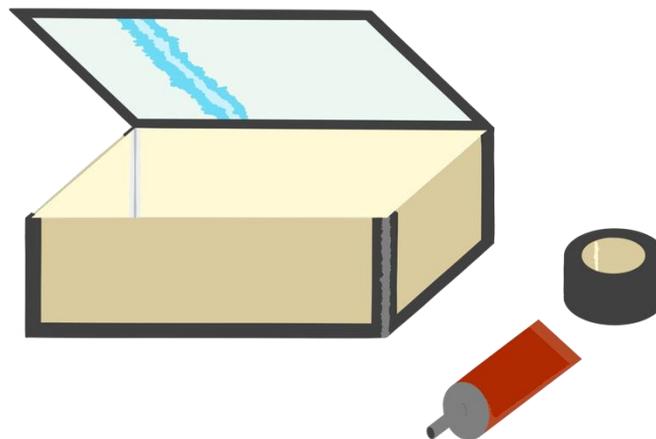
### Schritt 4:

Ist die Farbe im kleineren Karton trocken, so könnt ihr in den Deckel ein rechteckiges Loch schneiden. Dieses sollte so groß sein, dass der Deckel noch einen ca. 3 cm breiten Rand aufweist.



#### Schritt 5:

Anschließend legt ihr außen auf den Deckel die Plexiglasscheibe und klebt sie mit Alleskleber am Deckel fest. Das gleiche Vorgehen wiederholt ihr mit der zweiten Plexiglasscheibe an der Innenseite des Deckels. Klebt nun noch Isolierklebeband um die Ränder des Deckels.

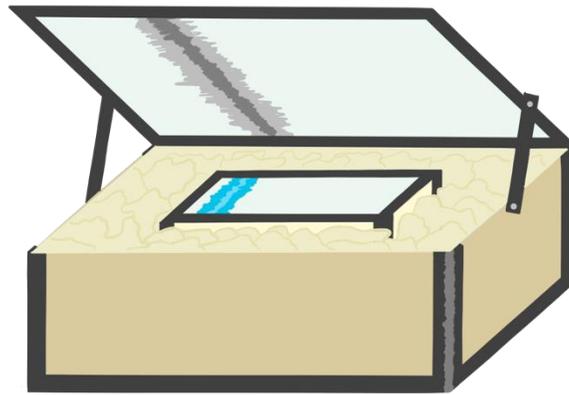


#### Schritt 6:

Legt etwas zerknülltes Zeitungspapier auf den Boden des größeren Kartons und stellt den kleinen Karton hinein. Nun füllt ihr den restlichen Innenbereich des großen Kartons ebenfalls mit zerknülltem Zeitungspapier.

### Schritt 7:

Aus dem Rechteck, das ihr aus dem Deckel des kleineren Kartons herausgeschnitten habt, schneidet ihr zuletzt noch zwei Pappstreifen. Diese platziert ihr als Halter an den beiden Seitenflächen des großen Kartons und an den Deckel des großen Kartons und befestigt die Halter mit den Stecknadeln. Der Deckel sollte so ausgerichtet sein, dass die Sonnenstrahlen von der Alufolie in den kleinen Karton reflektiert werden.



### Schritt 8:

Notiert euch die vom Thermometer angezeigte Außentemperatur und legt es anschließend auf den Boden des kleineren Kartons. Nun wartet ihr 15 Minuten und notiert euch erneut die auf dem Thermometer angezeigte Temperatur.

### Versuchsauswertung

Notiert nachfolgend die Temperaturen, die ihr mit dem Thermometer gemessen habt.

Außentemperatur: \_\_\_\_\_ °C

Temperatur im Solarofen nach 15 Minuten: \_\_\_\_\_ °C

Überlegt euch, warum die Temperatur in eurem Solarofen ansteigt.

---

---

---

---

**Schlussfolgerung**

Wäre diese Technologie auch für eure Station auf dem Mond interessant und wie könntet ihr sie dort einsetzen?

---

---

---

---

**Diskussion**

Welche anderen Möglichkeiten habt ihr Energie auf dem Mond zu erzeugen?

---

---

---

---

## Links

### ESA Ressourcen

ESERO Germany Webseite: [www.esero.de](http://www.esero.de)

ESERO Germany Arbeitsblätter: [www.esero.de/materialien/arbeitsblaetter](http://www.esero.de/materialien/arbeitsblaetter)

ESA classroom resources: [www.esa.int/Education/Classroom\\_resources](http://www.esa.int/Education/Classroom_resources)

ESA Kids Homepage: [www.esa.int/kids](http://www.esa.int/kids)