

Technik - Geschichte

## Wie hoben Römer und Griechen schwere Lasten?

*Die Schülerinnen und Schüler erforschen, wie mit Hilfe des Flaschenzug-Prinzips schwere Lasten mit geringem Kraftaufwand schon in der Antike gehoben werden konnten.*

**Zyklus:** 2 - 4

**Dauer:** ca. 1 Schulstunde

### Benötigtes Material:

- Dünner Nylonfaden
- Besenstiel
- Eimer mit Henkel
- 1 - 2 schwere Bücher oder sonstige Gegenstände (Steine, Ziegel...), die als Gewicht dienen



Das aufgelistete Material reicht für ein einzelnes Experiment. Je nach Vorgehensweise (Anzahl der Kinder, Einzel- oder Gruppenarbeit, o.ä.) musst du die angegebenen Mengen anpassen.

### Sicherheitshinweise

Dieses Experiment ist ungefährlich.

### Praktische Tipps

Der Stiel und das Seil sollten eine glatte Oberfläche haben.

Hast du weitere praktische Tipps, kannst du uns [hier](#) kontaktieren.

### Ablauf

Um dich mit dem Ablauf und dem Material vertraut zu machen, ist es wichtig, dass du das Experiment im Vorfeld einmal durchführst.

Möchtest du die Kinder das Experiment dokumentieren lassen? Am Ende dieses Artikels (über der Infobox) findest du ein Forschertagebuch (PDF mit zwei A4-Seiten), welches die Kinder hierfür nutzen können.

#### **Schritt 1: Stellt eine Frage und formuliert Hypothesen**

Die Frage, die ihr euch in dieser Einheit stellt, lautet:

Wie hoben Römer schwere Lasten?

#### **Möglicher Einstieg:**

Zeige den Kindern Bilder bekannter Bauwerke aus der Antike, wie z. B. die Akropolis und das Kolosseum. Zeige ihnen auch Nahaufnahmen von Säulen, auf denen man

gut erkennen kann, dass diese aus einzelnen riesigen, aufeinandergestapelten Steinen bestehen. Aus welcher Zeit stammen diese Bauwerke?



*Antike Tempelruine im archäologischen Park von Paestum und Velia in Süditalien. Foto: FNR*

Können die Kinder sich vorstellen, wie die Menschen damals diese Gebäude errichtet haben? Mit welchen Mitteln haben sie gearbeitet, um die schweren Steine aufeinanderzuschichten?

Lasse die Kinder Hypothesen (Behauptungen, Vermutungen) aufstellen. Zeichnet und notiert eure Hypothesen und/oder haltet sie an der Tafel fest. Teilt sie mit der Klasse und begründet eure Überlegungen. Die richtige Antwort zu finden ist hier nebensächlich. Es geht vielmehr darum Ideen zu entwickeln und herauszufinden, was die Kinder bereits wissen.

### **Mögliche Hypothesen:**

- Sie haben einen Kran gebaut.
- Viele Sklaven mussten beim Tragen helfen.
- Sie haben Tiere genutzt.
- Mit einem Flaschenzug (Diese Hypothese überprüft ihr im Experiment).

Frage die Kinder, ob sie eine Idee haben, wie ihr die Hypothese mit einem Experiment testen könntet. Um sie zu dem vorgeschlagenen Experiment hinzuführen, kannst du ihnen auch das Material für das Experiment zeigen.

## Schritt 2: Führt das Experiment durch

Um herauszufinden, wie man mit geringem Kraftaufwand schwere Lasten hochheben kann, lernen die Kinder im Experiment das Prinzip des Flaschenzugs kennen.

Gehe folgende Schritte gemeinsam mit den Kindern durch, aber lasse sie das Experiment selbst durchführen:

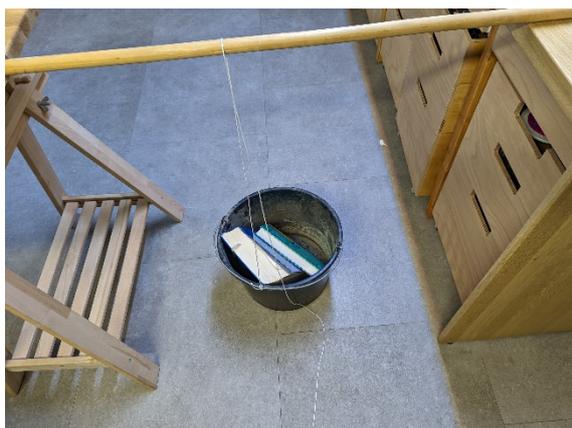
- 1) Legt den Besenstiel zwischen 2 Tische, so dass eine Brücke entsteht.
- 2) Legt das Gewicht (Bücher oder Steine) in den Eimer.
- 3) Befestigt nun ein Fadenende am Henkel des Eimers und legt den Faden über den Besenstiel.
- 4) Zieht am freien Ende, bis ihr den Eimer mitsamt Gewicht hochhebt. Ganz schön schwer, oder?
- 5) Löst nun wieder den Knoten am Eimer und befestigt das Fadenende mit Hilfe eines neuen Knotens am Stiel.
- 6) Fahrt mit dem Faden durch den Henkel des Eimers, dann wieder hoch und über den Besenstiel und lasst das Fadenende frei hängen. Zieht am freien Fadenende, bis ihr den Eimer mitsamt Gewicht hochhebt.
- 7) Wiederholt Schritt 6. Passt auf, dass der Faden sich nicht kreuzt.
- 8) Wiederholt nun noch mal Schritt 6.



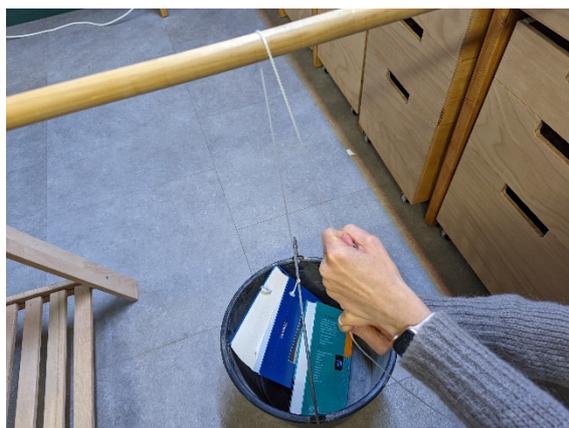
1) Legt den Besenstiel zwischen zwei Tische.



2) Legt das Gewicht in den Eimer.



3) Befestigt nun ein Fadenende am Henkel des Eimers und legt den Faden über den Besen.



4) Zieht am freien Ende, bis ihr den Eimer mitsamt Gewicht hochhebt.



5) Löst nun wieder den Knoten am Eimer und befestigt das Fadenende mit Hilfe eines neuen Knotens am Stiel.



6) Fahrt mit dem Faden durch den Henkel des Eimers, dann wieder hoch und über den Besenstiel. Zieht am freien Fadenende, bis ihr den Eimer mitsamt Gewicht hochhebt.



7) Wiederholt Schritt 6. Passt auf, dass der Faden sich nicht kreuzt.



8) Wiederholt nun noch mal Schritt 6.

Wie verändert sich die Kraft, die man anwenden muss, von Mal zu Mal, um das Gewicht hochzuziehen? Wie sieht es mit der Seillänge aus, die ihr zu euch ziehen müsst, um das Gewicht dieselbe Strecke anzuheben? Sind diese Veränderungen konstant?

### Schritt 3: Beobachtet was passiert

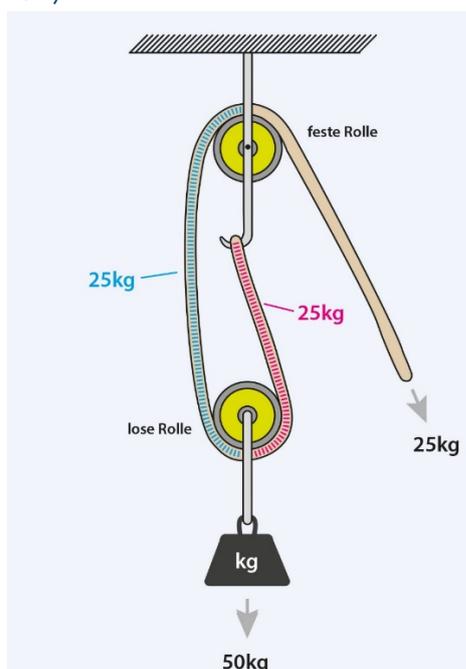
Lasse die Kinder nach jedem Hochheben berichten, was sie beobachtet haben. Sie werden feststellen, dass der Kraftaufwand von Versuch zu Versuch geringer wird. Je öfter der Faden den Stiel und den Henkel des Eimers umläuft, desto „leichter“ erscheint die Last. Natürlich wird von Mal zu Mal ein längerer Faden benötigt. Allerdings wird ihnen auch auffallen, dass nach mehreren Umdrehungen der Unterschied nicht mehr so groß wirkt.

### Schritt 4: Erklärt das Ergebnis

In unserem Experiment besteht der Flaschenzug aus Besenstiel und Henkel des Eimers. Normalerweise werden hier aber Rollen benutzt. Dabei unterscheidet man zwischen festen Rollen bzw. Umlenkrollen (Besenstiel) und losen Rollen (Henkel). An letzteren hängt das Gewicht. Ein Seil wird unterhalb der festen Rolle angebracht, führt dann nach unten über die lose Rolle und von da aus wieder nach oben über die feste Rolle. Will man das Gewicht hochheben, wird die Kraft, die man ohne Flaschenzug anwenden müsste, auf zwei Seilstücke aufgeteilt und somit halbiert. Eigentlich kann man die Anzahl der Rollen beliebig erweitern. Hier gilt die Regel, dass die Kraft, die man zum Aufheben anwenden muss, durch die Anzahl der tragenden Seilstücke geteilt wird. Bei unserem Experiment kann man diese Regel aber nicht ganz bestätigen: Es entsteht viel Reibung beim Ziehen des Fadens durch den Henkel und über den Stiel. Deshalb scheint es auch so, dass nach mehreren Umdrehungen der Unterschied beim Aufheben nicht mehr so groß ist.

Ein anderes Merkmal des Flaschenzugs ist, dass die Seillänge, die man zum Aufheben eines Gewichtes braucht, mit der Anzahl der Rollen ansteigt. (Goldene Regel der Mechanik: Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen; Galilei Galilei).

Flaschenzüge werden auch heute eingesetzt, um größere Lasten mit wenig Energie zu bewegen: z. B. Kräne im Containerhafen, der Aufzugsmechanismus für Lifte, Segelboote (Segelspannen) ...



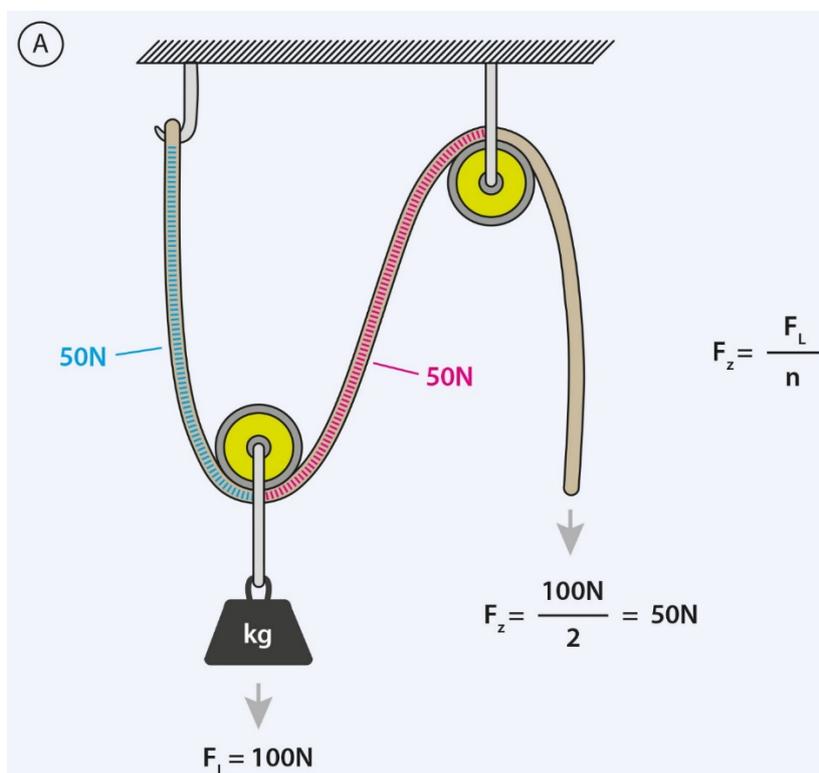
Eine detailliertere Erklärung und weitere Infos findest du in der Infobox.

Anmerkung: Du musst als Lehrperson nicht alle Antworten und Erklärungen bereits kennen. Es geht in dieser Rubrik „Ideen für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule“ vielmehr darum den Kindern die wissenschaftliche Methode (Frage - Hypothese - Experiment - Beobachtung/Fazit) näher zu bringen, damit sie lernen diese selbstständig anzuwenden. Ihr könnt die Antwort(en)/Erklärung(en) in einem weiteren Schritt gemeinsam in Büchern, im Internet oder durch Experten-Befragung erarbeiten.

Oft werfen das Experiment und die Beobachtung (Schritt 2 & 3) neue Fragen auf. Nimm Dir die Zeit auf diese Fragen einzugehen und Schritt 2 und 3 mit Hinblick auf die neugewonnenen Erkenntnisse und mit anderen Variablen zu wiederholen

### Hintergrundwissen

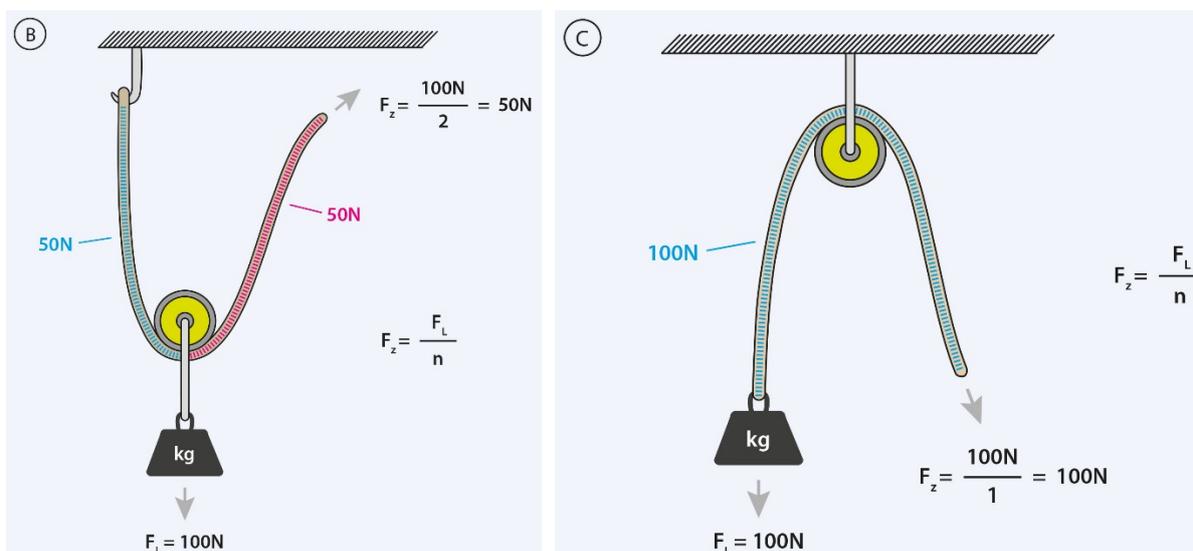
Ein einfacher Flaschenzug besteht aus einem Seil mit einem befestigten Ende, einer losen Rolle, an der das Gewicht hängt und einer festen Rolle. Die Halterung der festen Rolle wird als Flasche bezeichnet. Vom befestigten Ende ausgehend, wird das Seil unter der losen Rolle mit dem Gewicht entlanggeführt und dann nach oben über die feste Rolle gelegt (Abbildung A). Am anderen Ende des Seils kann nun nach unten gezogen werden, um das Gewicht an der losen Rolle anzuheben. Im einfachsten Fall - eine lose Rolle und eine feste Rolle - wird die Kraft, die für das zu hebende Gewicht aufgewendet werden muss, halbiert. Abbildung A entspricht den Schritten 5-7 in dem Experiment, das die SchülerInnen durchführen. Das feste Ende des Seils (am Besenstiel) wird über eine lose Rolle (die Schlaufen des Beutels) geführt und dann über eine feste Rolle (der Besenstiel) gelegt. Das Seil wird dann nach unten gezogen.



Das Prinzip eines Flaschenzuges basiert auf der Gewichtsverteilung über die tragenden Seilabschnitte. Im grade beschriebenen Fall sind dies die zwei Seilabschnitte, in deren Schlaufe die lose Rolle liegt. Der Seilabschnitt, an dem gezogen wird, ist selbst nicht tragend. Auf ihn wird über die feste Rolle das Gewicht übertragen, das auf dem davorliegenden Seilabschnitt (zwischen loser und fester Rolle) liegt.

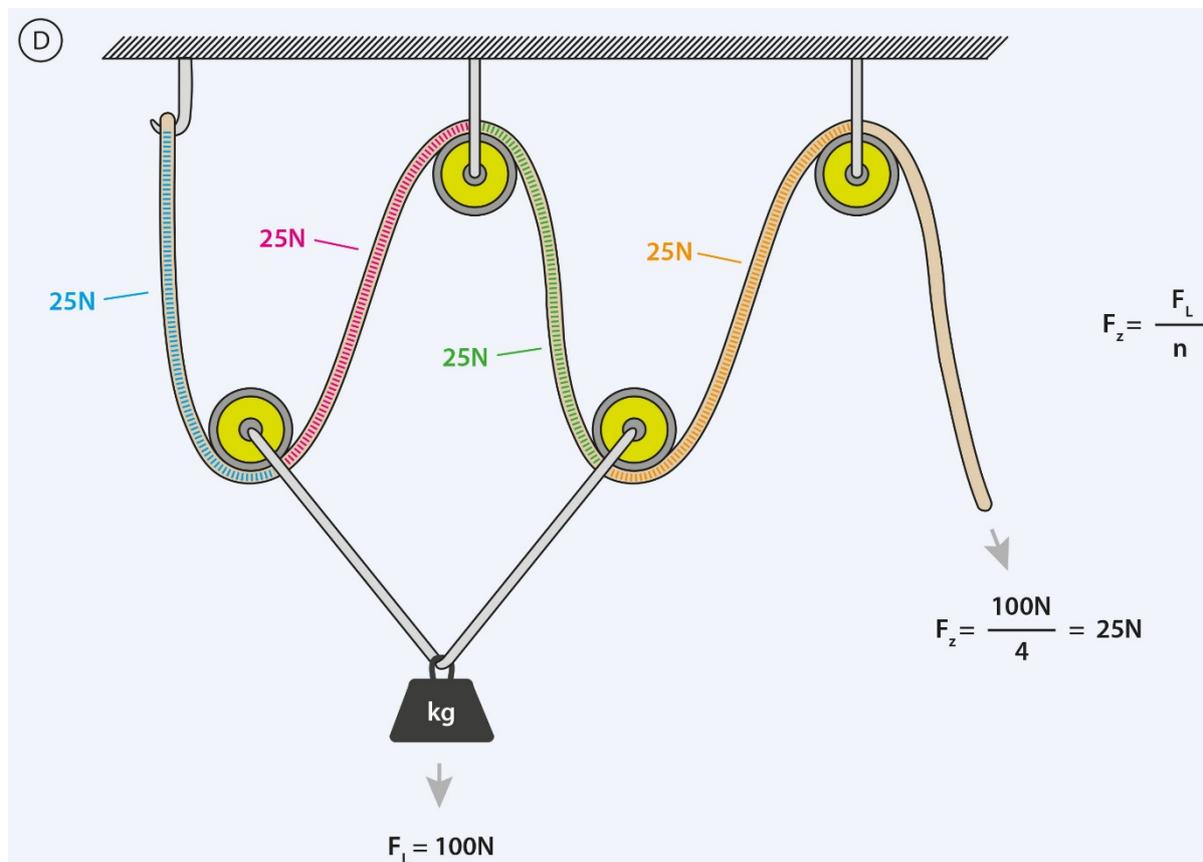
Beträgt die Gewichtskraft ( $F_L$ ) eines Gewichtes 100 Newton, muss bei der Verteilung der Gewichtskraft auf zwei tragende Seilabschnitte ( $n=2$ ) eine Zugkraft ( $F_Z$ ) von 50 Newton aufgebracht werden, um das Gewicht zu heben. Newton ist die Einheit für die physikalische Größe Kraft. Ein Newton muss aufgebracht werden, um einen Körper mit der Masse 1 kg in einer Sekunde auf die Geschwindigkeit 1 Meter pro Sekunde zu bringen. Für Flaschenzüge gilt:  $F_Z = F_L / n$ .

Derselbe Effekt kann auch ohne feste Rolle erreicht werden (Abbildung B). Wird das Seil oben befestigt und unten um eine lose Rolle geführt (an der das Gewicht befestigt ist) und dann nach oben gezogen, muss auch nur die halbe Kraft aufgewendet werden. Der Seilabschnitt, an dem gezogen wird, ist in diesem Fall selbst ein tragender Seilabschnitt. Wird allerdings die lose Rolle weggelassen und das Gewicht befindet sich am Ende eines Seiles, das über eine oben befestigte, feste Rolle geführt wird, muss der letzte Seilabschnitt nach unten gezogen werden (Abbildung C). Um das Gewicht zu heben, muss die volle Kraft aufgewendet werden. Am tragenden Seilabschnitt vor der festen Rolle befindet sich das gesamte Gewicht und die aufzuwendende Kraft wird über die feste Rolle auf den Seilabschnitt übertragen, an dem gezogen wird ( $F_Z = F_L$ ).



Wird der erste Aufbau verdoppelt, lastet die Gewichtskraft auf insgesamt vier Seilteilen und die aufzuwendende Kraft halbiert sich ein weiteres Mal, wird also geviertelt (Abbildung D). Das Gewicht ist nun an zwei losen Rollen befestigt, die in Seilschlaufen liegen und das Seil wird über zwei feste Rollen geführt. Die Gewichtskraft verteilt sich über: den Abschnitt zwischen der Seilbefestigung und der ersten losen Rolle, den Abschnitt zwischen der ersten losen Rolle und der ersten festen Rolle, den Abschnitt zwischen der ersten festen Rolle und der zweiten losen Rolle und dem Abschnitt zwischen der zweiten losen Rolle und der zweiten festen Rolle. Die benötigte Zugkraft, die auf den letzten Seilabschnitt aufgewendet werden muss, um das Gewicht anzuheben beträgt:  $F_Z = F_L / n$  (im Beispiel mit einer

Gewichtskraft von 100 Newton:  $25 = 100/4$ ). Schritt 8 des Experimentes, das die SchülerInnen durchführen, entspricht in etwa diesem Fall. Das Seil wurde - ausgehend vom befestigten Ende - erst an einer losen Rolle (den Schlaufen des Beutels) entlanggeführt, dann über eine feste Rolle (den Besenstiel), dann wieder an der losen Rolle (den Schlaufen des Beutels) und schließlich ein weiteres Mal über eine feste Rolle (den Besenstiel).



Die sogenannte Goldene Regel der Mechanik besagt, dass bei Flaschenzügen die gesparte Kraft als Weg zugesetzt werden muss. Damit ist gemeint, dass das Seil umso weitergezogen werden muss, je stärker das Gewicht reduziert wurde. Verteilt sich das Gewicht auf zwei tragende Seile, verdoppelt sich die Strecke um die das Seil gezogen werden muss, um das Gewicht auf dieselbe Höhe zu bringen, wie ohne Flaschenzug (Abbildung C). Ist die aufzuwendende Kraft nur ein Viertel so viel, ist die Strecke viermal so lang. Galileo Galilei formulierte die Goldene Regel der Mechanik 1594.

Bei Rollenkombinationen werden die Rollen in der Regel nicht nebeneinander, sondern hintereinander befestigt, so dass die einzelnen Seilabschnitte parallel verlaufen. Flaschenzüge werden beispielsweise bei Kränen verwendet. Eine Variante des Aufbaus wie in Abbildung A (Gewicht und loses Seilende befinden sich unten) kann für die Selbstrettung am Berg verwendet werden. Der zu Rettende ist allerdings auf ein weiter oben befestigtes Seil, das zu ihm herabhängt, angewiesen. An diesem kann er sich mit einem zweiten Seil und einfachen Karabinerhaken selbst hochziehen. Die Karabinerhaken ersetzen in diesem Fall die losen und festen Rollen.

### **Erweitertes Experiment**

Kräftemessen untereinander: Hierzu braucht ihr ein 4 Meter langes Seil, einen Besenstiel und einen festen Pfosten mit glatter Oberfläche, z. B. den Pfosten einer dünnen Straßenlaterne. Ein Seilende wird mit einem festen Knoten an der Straßenlaterne angebracht. Zwei Kinder halten den Besenstiel. Das Seil führt ihr vom Pfosten über den Besenstiel und zurück über den Pfosten. Ein drittes Kind stellt sich neben die ersten Kinder, zieht fest am losen Seilende und versucht, die anderen aus dem Gleichgewicht zu bringen.

### **Zum Konzept dieser Rubrik: Wissenschaftliche Methode vermitteln**

Die Rubrik „Ideen für naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule“ wurde in Kooperation mit dem Script (Service de Coordination de la Recherche et de l'innovation pédagogiques et technologiques) ausgearbeitet und wendet sich hauptsächlich an Lehrkräfte der Grundschule. Das Ziel der Rubrik ist es, dich als Lehrperson mit kurzen Beiträgen dabei zu unterstützen, die naturwissenschaftliche Methode zu vermitteln. Hierzu ist es nicht nötig, dass du bereits alles über das jeweilige Naturwissenschafts-Thema weißt. Sondern vielmehr, dass du ein Umfeld schaffst, in dem die Kinder experimentieren und beobachten können. Ein Umfeld, in dem die Kinder lernen Fragen und Hypothesen zu formulieren, Ideen zu entwickeln und durch Beobachtung Antworten zu finden.

Wir strukturieren unsere Beiträge daher auch immer nach demselben Schema (Frage, Hypothese, Experiment, Beobachtung/Fazit), \* wobei das Experiment entweder selbständig in der Klasse durchgeführt wird oder durch Abspielen eines Videos vorgezeigt wird. Dieses Schema kann eigentlich für alle wissenschaftlichen Themen angewendet werden.

Mit dem Hintergrundwissen liefern wir weiterführende Erklärungen, damit sich interessierte Lehrkräfte informieren können und aufkommende Fragen beantworten können. Außerdem besteht so die Möglichkeit, dass die Kinder selbständig auf science.lu die Erklärung recherchieren.

Wir hoffen, dass unsere Beiträge behilflich sind und von dir in der Schule genutzt werden können. Wir freuen uns über Feedback und Anregungen und sind gerne bereit, unsere Beiträge stetig zu optimieren. Hier kannst du uns kontaktieren.

*\*In der Praxis läuft der wissenschaftliche Prozess nicht immer so linear ab. Der Einfachheit halber gehen wir in dieser Rubrik jedoch meistens linear vor.*

### **Ausflugsziele in Luxemburg und Umgebung zu diesem Thema**

Im **Luxembourg Science Center** haben die Besucher im Eingangsbereich des Ausstellungsraums die Möglichkeit, sich mit Hilfe von Flaschenzügen selbst hochzuziehen. Internetseite: [www.science-center.lu](http://www.science-center.lu)

### **SciTeach Center: Experimentiermaterial & forschend-entdeckendes Lernen**

Im SciTeach Center können sich Lehrkräfte Info-, Experimentier- und Expositionsmaterial ausleihen und mit dem kinderzentrierten „forschend-entdeckenden“ Lernen vertraut machen. Das Zentrum bietet auch Weiterbildungen an.

Während unsere Rubrik darauf abzielt, den Kindern die naturwissenschaftliche Methode anhand einer Anleitung näher zu bringen, geht es beim Konzept vom kinderzentrierten forschend-entdeckenden Lernen darum, den Kindern selbst mehr Gestaltungsmöglichkeiten zu geben. Du gibst als Lehrperson nur ein paar Materialien oder Fragen vor. Die Kinder entscheiden dann selbst, wofür sie sich interessieren oder was sie ausprobieren wollen. Als Lehrperson begleitest und unterstützt du sie dabei.

Im SciTeach Center soll das Kompetenzzulernen im naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, bietet das SciTeach Center Lehrkräften die Möglichkeit, gemeinsam mit anderen Lehrkräften und dem wissenschaftlichen Personal des SciTeach Centers neue Ideen und Aktivitäten für ihren naturwissenschaftlichen Unterricht zu entwickeln. Durch diese Zusammenarbeit soll auch das Vertrauen in den eigenen Unterricht gestärkt und mögliche Ängste gegenüber freiem Experimentieren abgebaut werden. Betreut werden die Veranstaltungen von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Universität Luxemburg sowie von Lehrkräften.

**Auch interessant:**

Kann een en Auto mat eegener Kraaft ophiewen?

<https://science.lu/de/flaschenzuch/kann-eeen-en-auto-mat-eegener-kraaft-ophiewen>

*Autoren: Olivier Rodesch (SCRIPT), Marianne Schummer (SCRIPT), Michèle Weber (FNR), scienceRELATIONS (Insa Gülzow)*

*Konzept: Jean-Paul Bertemes (FNR), Joseph Rodesch (FNR), Yves Lahur (SCRIPT)*

*Überarbeitung: Tim Penning, Thierry Frentz (SCRIPT), Michèle Weber (FNR)*