

FOS: Energieerhaltung, Energieumwandlung 1

Energie tritt in vielen Formen auf und kann sich wandeln.

Versuch:	Eine aufgehängte Kugel wird von der Nase eines Schülers aus schwingen gelassen.
-----------------	---

Beobachtung: Lassen wir ein Fadenpendel schwingen, so ändert sich der Bewegungszustand der Kugel laufend. Trotzdem erreicht sie, wenn man nicht zu lange wartet, immer wieder den Zustand, aus dem sie gestartet ist. (Schüler beschreiben diesen Vorgang in Einzelheiten).

Beim Pendeln der Kugel wandeln sich laufend Bewegungsenergie und Höhenenergie ineinander um.

Versuch:	Eine Kugel hängt an einer Feder. Aus der Gleichgewichtslage lenken wir sie aus und lassen los.
-----------------	--

Beobachtung: Die Kugel schwingt periodisch auf und ab. Die Höhen der Umlenkpunkte bleiben zunächst gleich. Sie ändern sich mit der Zeit infolge der Reibung.

Beim Auf und Ab der Kugel wandeln sich laufend Spannenergie, Bewegungsenergie und Höhenenergie ineinander um.

Höhenenergie, Bewegungsenergie und Spannenergie fasst man unter dem Oberbegriff **mechanische Energie** zusammen.

Energieerhaltung im abgeschlossenen System

Was ist ein **abgeschlossenes System**?

Denken wir an die Geldmenge auf einer völlig von der Außenwelt abgeschlossenen Insel. Gleichgültig, was sich dort abspielt und wie dort das Geld auf Einwohner und Banken verteilt ist, immer bleibt die Geldsumme konstant.

Wie das Geld auf der Insel gewissermaßen in einem einzigen Tresor eingeschlossen ist, so können wir bei jedem der vorigen Versuche einen Bereich abgrenzen, der die Energie einschließt.

Zu diesem Bereich gehören alle Körper, die während des Versuchs miteinander in Wechselwirkung stehen und die Energie untereinander austauschen.

Fadenpendel: Pendelkörper, Aufhängung, Faden, Erde bilden zusammen das abgeschlossene System.

Um diesen Bereich kann man in Gedanken eine Hülle legen, die nichts durchlässt. Das so entstandene Gebilde nennt man ein **energetisch abgeschlossenes System**. Es ist ein **Energietresor**.

Die Energie, die dem Pendel im Laufe der Zeit verloren geht, erhöht die **innere Energie** des Systems. Das äußert sich durch geringfügige Erwärmung.

Zusammenfassung:	<ol style="list-style-type: none">1. Energie kann ihre Form wandeln. Mechanische Energieformen sind Höhenenergie, Bewegungsenergie und Spannenergie.2. Einen Bereich, der mit seiner Umgebung keine Energie austauscht, nennt man ein energetisch abgeschlossenes System.3. In einem abgeschlossenen System bleibt unabhängig von den Vorgängen, die sich darin abspielen, die Energie erhalten.
-------------------------	--

Zusammengefasst heißt das: **Ohne Energie geht nichts.**

Naturwissenschaftler erklären Energie so:

Energie ist die Fähigkeit eines Körpers Arbeit zu verrichten.

Ein Körper, der arbeiten, wärmen oder leuchten kann, besitzt Energie.

Für viel Arbeit, viel Wärme oder viel Licht ist auch viel Energie nötig.

Energie ist demnach kein Stoff, sondern eine **Eigenschaft von Körpern**.

So ist z.B. Benzin selbst keine Energie. Erst wenn es im Motor verbrannt wird, wird seine Energie frei. Es ist ein **Energieträger**.

Auch der elektrische Strom ist keine Energie.

Er trägt die Energie mit sich und gibt sie erst in den Elektrogeräten ab.

Der elektrische Strom transportiert Energie.

Verschiedene Energieformen.

Die Höhenenergie (Lageenergie).

Beim Umzug wird eine Bücherkiste in den ersten Stock getragen. Das ist für den Träger anstrengend, er benötigt dazu Energie (Fähigkeit Arbeit zu verrichten).

Wo bleibt diese Energie, wenn die Kiste oben im ersten Stock abgestellt wird?

Die Energie steckt in der Bücherkiste. Das merkt man, wenn man sie aus dem Fenster herunterfallen lässt.

Wovon hängt die Energie ab, die in der transportierten Kiste steckt?

Ein gehobener Körper hat Höhenenergie.

Sie ist um so größer, je größer seine Höhe und seine Masse ist.

Die Bewegungsenergie (kinetische Energie).

Auch ein Körper in Bewegung hat Energie. Das kann man bei Autounfällen immer wieder sehen. Schwere Schäden treten vor allem dann auf, wenn die Fahrzeuge schnell gefahren sind und wenn es sich um schwere Lastwagen handelt.

Versuch: Drücke mit den Händen ein Stück Knetgummi.
Es wird verformt, die dazu nötige Energie liefern deine Hände.
Schleudere die Knetmasse gegen die Wand.
Die Masse trifft mit hoher Geschwindigkeit auf die Wand und wird verformt.
Die dazu nötige Energie liefert die Geschwindigkeit.
Sie wurde aufgebracht durch deinen Arm, der die Knetmasse beim Wurf beschleunigte.

Ein bewegter Körper hat Bewegungsenergie.
Sie ist umso größer, je größer seine Geschwindigkeit und je größer seine Masse ist.

Die Spannenergie.

Ein Bogenschütze beschleunigt den Pfeil durch einen Bogen, den er mit dem Arm spannt.

Ein gespannter Bogen muss demnach Energie besitzen.

Ein gespannter elastischer Körper hat Spannenergie.
Sie ist umso größer, je stärker der Körper gespannt und je härter er ist.

Weitere Energieformen.

Höhen-, Bewegungs- und Spannenergie nennt man auch **mechanische Energien**, weil das Gebiet, das sich mit Kräften und Bewegungen befasst, Mechanik heißt.

Auch ein heißer Körper hat Energie, denn er kann andere Körper erwärmen oder er kann leuchten. Diese Energie steckt im Inneren des Körpers bei den kleinsten Teilchen.

Deshalb sagt man, ein heißer Körper hat **innere Energie**.

Die Energie des Benzins oder der Kohle steckt im chemischen Aufbau dieser Stoffe. Ihre **chemische Energie** wird erst bei der Verbrennung frei. Auch in der Nahrung ist die Energie chemisch gebunden.

Energieumwandlung und Energieübertragung.

Versuch:	Lasse ein Pendel schwingen und beobachte die Bewegungen genau. Mache eine Aussage über die Energiearten die dabei auftreten. Stichwort: Höhenenergie und Bewegungsenergie.
-----------------	--

Versuch:	Lasse eine rollende Kugel auf eine gleich große prallen und beobachte. Was geschieht mit der Bewegungsenergie der ersten Kugel ?
-----------------	---

Energie kann umgewandelt werden.
Nimmt eine Energieart ab, so nimmt eine andere Energieart gleichzeitig zu.

Der Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie.

Beispiel: Ein Sack Getreide wird mittels Seil und Rolle hochgezogen. Der Mann am Seil verrichtet Arbeit. Der Sack gewinnt an Höhe und somit an Höhenenergie.

Die Arbeit, die der Mann am Seil verrichtet, wird in Form von Höhenenergie gespeichert.

Die Arbeit des Mannes wird in Form von Energie auf den Sack übertragen.

Wenn Arbeit verrichtet wird, dann wird immer Energie übertragen oder umgewandelt. Arbeit ist Energieumsetzung.

Berechnung von Energie.

Um Energien berechnen zu können, hat man festgelegt:

Die Energie eines Körpers ist so groß, wie die Arbeit, die er verrichten könnte, oder wie die Arbeit, die bei der Energieübertragung an ihm verrichtet wurde.

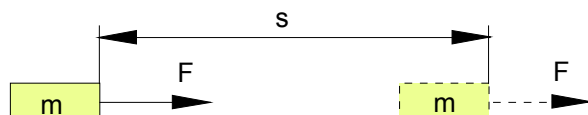
Beispiel: Ein Sack hängt in 4m Höhe und hat eine Masse von 75 kg.
Wie groß ist seine Höhenenergie ?

Was ist Arbeit ?

Bewegen wir einen Körper unter Kraftaufwand, dann verrichten wir physikalische Arbeit.

Arbeit = Kraft · Weg

$$W = F \cdot s$$

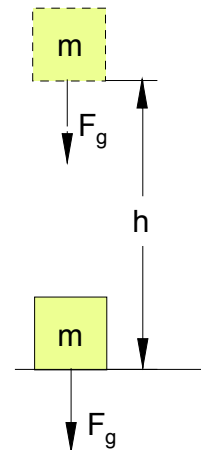


Dabei ist die Kraft gemeint, die in Richtung des Weges weist.

Die Arbeit, die verrichtet werden muss, um den Sack 4 m anzuheben ist:

$$W = F \cdot s = m \cdot g \cdot h$$

$$= 75 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4 \text{ m} = 2943 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \underline{\underline{2943 \text{ Nm}}}$$



Umrechnungen: $1 \text{ kgm/s}^2 = 1 \text{ N}$ $1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$ (Joule)

$$W = 2943 \text{ Nm} = 2943 \text{ J} = 2,943 \text{ kJ}$$

Das ist die Arbeit, die zum Heben des Sackes aufgewendet werden musste. Genau diese Arbeit hat der Sack als Energie gespeichert.

Für die Höhenenergie gilt also:

$$E = W = m \cdot g \cdot h \quad E = \text{Energie, Einheit Nm oder J}$$

Erhaltung und Entwertung von Energie.

Frage: Kann Energie verloren gehen?

Versuch:	Ein Pingpongball wird auf harten Boden fallen gelassen. Er springt einige Zeit. Dabei verliert er immer mehr an Höhe und kommt schließlich zum Stillstand. Wo ist die Energie geblieben?
-----------------	--

Die Energie wurde durch Luftreibung und Verformung in Wärme umgewandelt. Sie ist nicht verloren gegangen, sie wurde umgewandelt.

Energieerhaltungssatz:

Energie kann nicht verloren gehen oder neu entstehen.
Energie kann nur umgeformt oder übertragen werden.
Aus Energie wird stets wieder Energie.

Die vom Pingpongball abgezweigte Energie (Wärme = innere Energie) hat für den hüpfenden Ball keinen Wert mehr.

Man spricht deshalb von **Energieentwertung**.

Sie tritt bei allen Energieumsetzungen auf.

Die ursprüngliche Energie geht dabei in weniger nutzbare Formen über.

Obwohl der entwertete Teil nicht verloren ist, spricht man im Alltag oft unkorrekt von **Energieverlust** oder **Energieverbrauch**.

Die Bewegungsenergie.

Zusammenstellung aller wichtigen Bewegungsformeln.

Die gleichförmige Bewegung, Bewegung mit gleichbleibender Geschwindigkeit

Weg - Zeit - Gesetz: $s = v \cdot t$

Geschwindigkeits - Zeit - Gesetz: $v = \text{konstant } t$

Die gleichförmig beschleunigte (verzögerte) Bewegung.

Weg - Zeit - Gesetz: $s = \frac{a}{2} \cdot t^2$

Geschwindigkeits - Zeit - Gesetz: $v = a \cdot t$

Der freie Fall.

Weg - Zeit - Gesetz: $h = \frac{g}{2} \cdot t^2$

Geschwindigkeits - Zeit - Gesetz: $v = g \cdot t$

Endgeschwindigkeit: $v = \sqrt{2gh}$

$g = \text{Erdbeschleunigung} = 9,81 \text{ m/s}^2$

Dynamisches Grundgesetz (Newton'sches Kraftgesetz).

Kraft = Masse · Beschleunigung $F = m \cdot a$

Gewichtskraft: $G = m \cdot g$ $G = \text{Gewicht in N}$ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Anhalteweg = Reaktionsweg + Bremsweg

Bremsweg: $s = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2\mu g}$

$\mu = \text{Reibungszahl}$
 $v_0 = \text{Anfangsgeschwindigkeit}$
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Die Arbeit:

$$W = F \cdot s$$

W = Arbeit in Nm oder J F = Kraft in N s = Weg in m

Die Höhenenergie:

$$E = m \cdot g \cdot h$$

m = Masse in kg g = 9,81 m/s² h = Höhe in m

Die Bewegungsenergie.**Frage:**

Wie groß ist die Energie eines Körpers mit einer bestimmten Geschwindigkeit?

Vorüberlegung freier Fall.

Welche Energie wird frei, wenn ein Körper aus einer ganz bestimmten Höhe herabfällt?

Nach dem bisher gelernten wissen wir, dass ein Körper, der angehoben wird die Höhenenergie $W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ erhält (pot. = potentielle oder Höhenenergie). Prallt der Körper auf dem Boden auf, so hat er kurz vor dem Aufprall die gleiche Energie wie auf seinem höchsten Lagepunkt, den Energie geht ja nicht verloren. Allerdings ist die Energie kurz vor dem Aufprall seine Bewegungsenergie.

Es gilt also:

$$E_{\text{kin}} = W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

Für den freien Fall gilt aber auch: $v = g \cdot t$ bzw. $t = v/g$ bzw. $t^2 = v^2/g^2$

und für h gilt:

$$h = \frac{g}{2} t^2 = \frac{g}{2} \cdot \frac{v^2}{g^2} = \frac{v^2}{2g}$$

Setzen wir in die Energieformel den Wert für h ein, so folgt:

$$E_{\text{kin}} = m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{m}{2} \cdot v^2$$

In dieser Gleichung ist die Fallbeschleunigung nicht mehr enthalten, sondern neben der Masse nur noch die Geschwindigkeit. Daraus entnehmen wir, dass die Gleichung nicht nur für den freien Fall gilt, sondern für alle Bewegungsarten.

Ein Körper mit der Masse m, der sich mit der Geschwindigkeit v bewegt, hat die kinetische Energie

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Beispiel: Ein Auto mit der Masse $m = 1000 \text{ kg}$ fährt frontal auf einen Betonpfeiler. Welche Energie wird beim Aufprall frei, wenn das Auto eine Geschwindigkeit von 90 km/h hatte ($90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$)?

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}^2 = 312500 \text{ J} = 312,5 \text{ kJ}$$

Zum Vergleich: 1 kg Benzin hat einen Energiegehalt von etwa 44000 kJ , das ist etwa 200 mal soviel. Die Energie beim Aufprall wird aber im Bruchteil einer Sekunde frei.

Beispiel:

Ein Meteorit (Steinkugel von 100 m Durchmesser) trifft mit einer Geschwindigkeit von 30 km/s senkrecht auf die Erdatmosphäre.

Welcher Energieumsatz erfolgt dabei? Wie viel Hiroshima Atombomben entsprechen dem Energieumsatz ($1 \text{ Bombe } 20 \text{ kT} = 23.200.000 \text{ kWh}$) ?

Daten: $m = 1,5 \cdot 10^9 \text{ kg}$ $v = 3 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $E = \frac{m \cdot v^2}{2}$ $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$

$$E = \frac{1,5 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = 0,75 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^8 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 6,75 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{6,75 \cdot 10^{17} \text{ Ws}}}$$

Umgerechnet in kWh: $\frac{6,75 \cdot 10^{17} \text{ Ws}}{3,6 \cdot 10^6 \frac{\text{Ws}}{\text{kWh}}} = 1,875 \cdot 10^{11} \text{ kWh} = 187,5 \cdot 10^9 \text{ kWh}$ (Energieumsatz)

Eine Bombe: $23,2 \cdot 10^6 \text{ kWh} \Rightarrow \frac{187,5 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{23,2 \cdot 10^6 \text{ kWh}} \approx 8 \cdot 10^3 = \underline{\underline{8000 \text{ Bomben}}}$

Bemerkung: Die erste, 1952 gezündete Wasserstoffbombe hatte den 700fachen Energieumsatz einer Hiroshima Bombe, dabei verschwand ein ganzes Atoll.

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Abgegebene Energie}}{\text{zugeführte Energie}} \quad \eta = \frac{E_{\text{ab}}}{E_{\text{zu}}} = \frac{W_{\text{ab}}}{W_{\text{zu}}} = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}}$$