

Energie wird zugeführt

Beispiel:

Ein Sack der Masse $m = 75 \text{ kg}$ wird von einem Arbeiter mit einem Seil 4 m hochgezogen.

Welche Energie wird dem Sack zugeführt und woher kommt sie?

Dem Sack wird die Energie $W_H = m \cdot g \cdot h$ zugeführt.

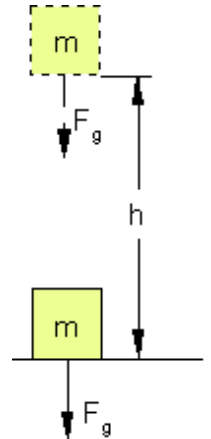
Der Sack wird mit der Gewichtskraft $F = G = m \cdot g$ längs des Weges $s = h$ bewegt.

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

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

Dem Sack wird die Energie 2943 J zugeführt.

Die Energie stammt vom Arbeiter, der sie abgibt.



Beispiel:

Eine Kiste wird mit einer konstanten Kraft 20 m über den Boden gezogen.

Die dabei aufgewendete Kraft beträgt $F = 200 \text{ N}$.

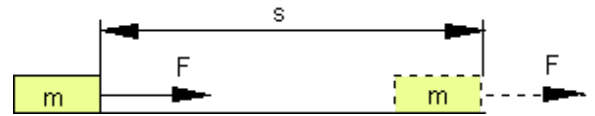
Welche Energie wird der Kiste zugeführt.

Wo bleibt sie, wenn die Kiste mit konstanter Geschwindigkeit gezogen wird?

Der Kiste wird die Energie

$$W = F \cdot s = 200 \text{ N} \cdot 20 \text{ m} = \underline{\underline{4000 \text{ Nm}}}$$
 zugeführt.

Durch die Reibung auf dem Boden verliert die Kiste den gleichen Energiebetrag wieder.



Die Bewegungsenergie wird erhöht

Ein Auto wird mit einem Seil abgeschleppt.

Das System Auto ist nicht abgeschlossen, da über das Seil eine Kraft F ausgeübt wird.

Sie ist konstant, wenn das Auto mit $a = F/m$ beschleunigt und Reibungskräfte unberücksichtigt bleiben.

Nach der Zeit t hat das Auto den Weg $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ zurückgelegt und die Geschwindigkeit $v = a \cdot t$ erreicht.

$$\text{Daher gilt: } F \cdot s = \underbrace{(m \cdot a)}_F \cdot \underbrace{\left(\frac{1}{2} a \cdot t^2\right)}_s = \frac{1}{2} m \cdot \frac{a^2 \cdot t^2}{v^2} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$\text{Es gilt: } F \cdot s = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Die mit Kraft übertragene Energie heißt Arbeit

Wird Energie mittels Kraft übertragen, so spricht man von Arbeit.

Merke

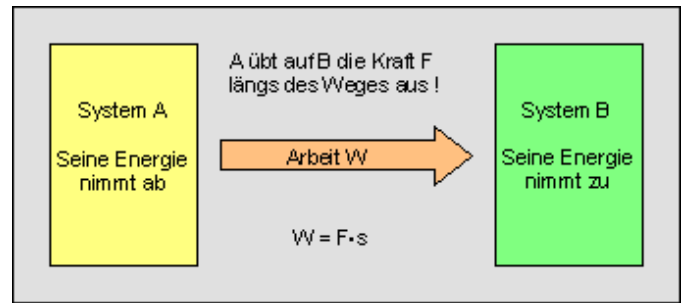
Arbeit ist mithilfe einer Kraft von einem System auf ein anderes übertragene

Energiemenge W .

Ist die in Richtung des Verschiebungswegs s wirkende Kraft F konstant, so ist die Arbeit das Produkt aus F und s

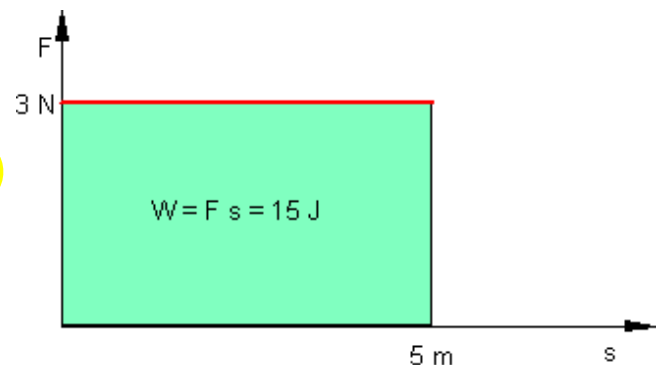
$$W = F \cdot s$$

A übt auf B die Kraft F längs des Weges s aus und überträgt so die Energiemenge $W = F \cdot s$, Arbeit genannt von A nach B



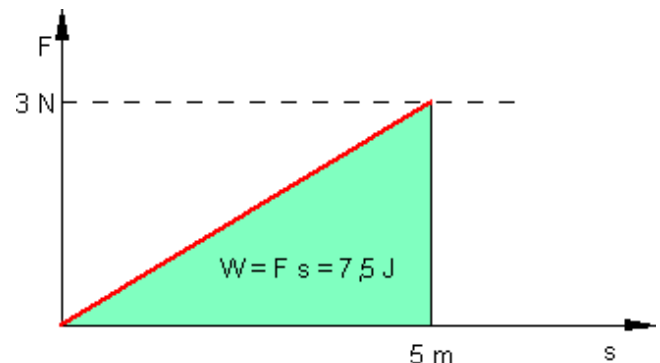
Graphische Darstellung der Arbeit

Ist die an einem System angreifende Kraft F konstant, so erhält man eine Parallele zur s -Achse. Die Fläche darunter stellt die Arbeit dar.



Folgt die Kraft F dem Hookeschen Gesetz, so erhält man im s - F Diagramm eine Ursprungsgerade.

Die Fläche unter der Geraden stellt die Arbeit dar.



$$\begin{aligned} \text{Dreieck: } A &= \frac{g \cdot h}{2} \\ g &= s \quad h = F = D \cdot s \\ \Rightarrow A &= \frac{s \cdot D \cdot s}{2} = \frac{1}{2} D \cdot s^2 \end{aligned}$$

Allgemein gilt:

$$W = \int_{s_1}^{s_2} F(s) \, ds$$

Reibungskräfte vermindern mechanische Energie

Ein Autofahrer bremst sein Fahrzeug bei der Geschwindigkeit v_0 durch Blockieren der Räder scharf ab und bringt es zum Stillstand. Die konstante Gleitreibungskraft F bremst das Auto mit $a = F/m$. Nach dem Bremsweg $s = v^2 / 2a$ steht das Auto.

Die Energie $W_B = \frac{1}{2} m \cdot v_0^2$ ist verschwunden.

$$\text{Es ist: } \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = \frac{1}{2} m \cdot \underbrace{(2a \cdot s)}_{v_0^2} = m \cdot a \cdot s = F \cdot s$$

Das Produkt aus Kraft F und Weg s liefert also die Abnahme der mechanischen Energie des Systems.

Es stellt sich nun die Frage: Wo ist die Energie geblieben?

Energieerhaltung durch Zunahme der inneren Energie

In der Physik setzt man auf den Satz von der Erhaltung der Energie.
Wo also ist die mechanische Energie beim Bremsvorgang geblieben?
Genauere Beobachtungen liefern einen Hinweis:
Dort wo Reifen und Straße oder Bremsbacke und Bremsscheibe sich gerieben haben, ist die Temperatur der Materialien gestiegen.
Temperaturzunahme wird auch als Zunahme der inneren Energie bezeichnet.

Merke

Reibung mit der konstanten Kraft F_R entzieht dem System längs des Reibungsweges s die mechanische Energie $W = F_R \cdot s$ und wandelt diese in innere Energie des Systems um.
Bezieht man das Konto der inneren Energie mit ein, bleibt die Energiesumme auch bei Vorgängen mit Reibung konstant.

Energieentwertung

Die vom bremsenden Auto abgezweigte Energie (Wärme = innere Energie) hat für das Auto 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.

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 in innere Energie.