

GRUNDLAGEN DER MECHANIK

(Bewegungen und Kräfte)

- Es ist nicht zwingend nötig, alles zu lesen.
- Die mit kleinen blauen Pfeilen versehenen Texte sollten gelesen und behalten werden - die zentralen Aussagen sollten erläutert werden können.
- Zum Thema "Bewegungen" gibt es direkt die Zusammenfassung.
- Zum Thema "Kräfte" folgt die Zusammenfassung weiter hinten am Ende vom Kapitel "Arbeit und Energie"

Schlusspunkt

Körper und Bewegung

Bewegungen

Betrachtet man die Geschwindigkeit bei verschiedenen Bewegungsabläufen, dann kann man drei Bewegungsarten unterscheiden: die gleichförmige Bewegung, die beschleunigte Bewegung und die verzögerte Bewegung.

Betrachtet man die Bewegungsrichtung, so unterscheidet man zwischen einer geradlinigen Bewegung, einer kreisförmigen Bewegung und einer Kurvenfahrt.

* Geschwindigkeit ist konstant.

Die Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeit gibt an, welchen Weg ein Körper in einer bestimmten Zeit zurücklegt.

Formelzeichen: v

Einheit: 1 m/s oder 1 km/h

Messgerät: Tachometer

Berechnung:

Geschwindigkeit = Weg : Zeit; $v = s : t$

Diagramme

Bewegungen kann man in Diagrammen grafisch darstellen.

Im Zeit-Weg-Diagramm (t - s -Diagramm) wird z. B. der Zusammenhang zwischen den Größen Zeit und Weg dargestellt (▷ B 1).

Der Anhalteweg

Der Anhalteweg (▷ B 2) eines Fahrzeugs setzt sich aus drei Teilstrecken zusammen: Anhalteweg = Reaktionsweg + Ansprechweg + Bremsweg

Trägheit

Jeder Körper hat die Eigenschaft, sich einer Bewegungsänderung zu widersetzen. Diese Eigenschaft nennt man Trägheit. Je größer die Masse, desto träger ist der Körper.

Die Beschleunigung

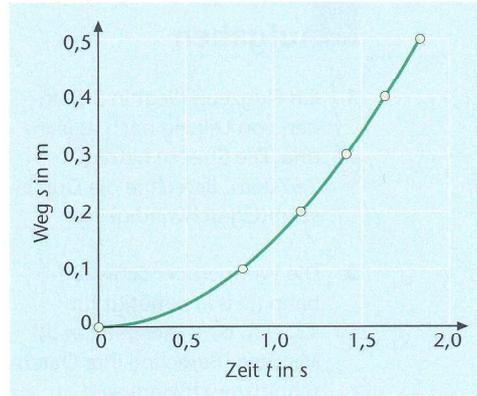
Die Beschleunigung gibt an, in welcher Zeit sich die Momentangeschwindigkeit eines Körpers ändert.

Formelzeichen: a

Einheit: 1 m/s²

Berechnung:

Beschleunigung = Momentangeschwindigkeit : Beschleunigungszeit
 $a = v : t$



1 t-s-Diagramm der beschleunigten Bewegung

Gesetze für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung

Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz:

$v = a \cdot t$

Zeit-Weg-Gesetz:

$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

* Geschwindigkeit ist konstant.

Der freie Fall

Bei der Fallbewegung handelt es sich um eine beschleunigte Bewegung. Die Erdbeschleunigung beträgt in Deutschland etwa 10 m/s². Im luftleeren Raum fallen alle Gegenstände gleich schnell.

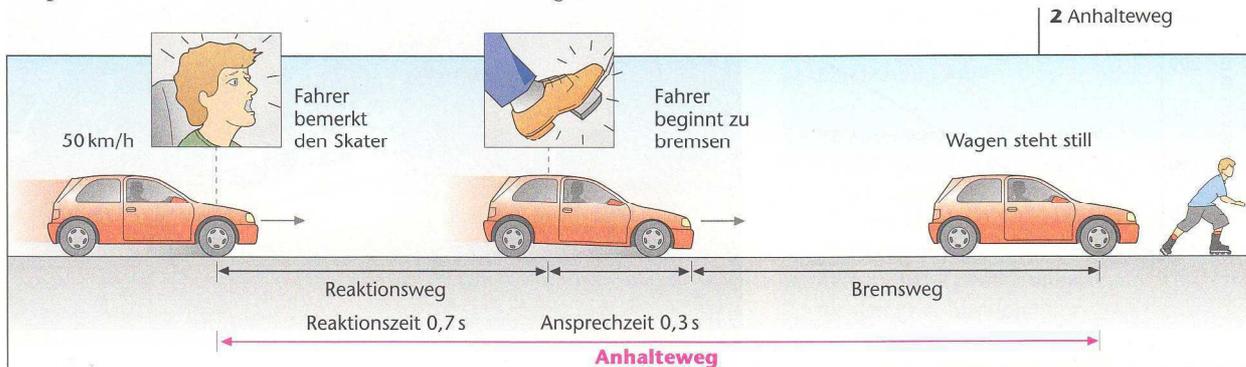
Die 3 Grundgesetze der Mechanik

Wechselwirkungsprinzip: Zu jeder Kraft gibt es eine Gegenkraft. Beide Kräfte sind gleich groß, aber einander entgegengerichtet. Die Kräfte greifen an verschiedenen Körpern an.

Trägheitsgesetz: Ein Körper verharrt in Ruhe oder bleibt in geradliniger, gleichförmiger Bewegung, solange keine Kraft ihn wirkt.

Newton'sches Grundgesetz: Wirkt auf einen Körper eine Kraft, so wird er beschleunigt.

Es gilt: $F = m \cdot a$



2 Anhalteweg

Kräfte und ihre Wirkungen



1 Markus friert garantiert nicht.

Woran erkennt man Kräfte?

Kräfte kannst du nicht sehen, du kannst sie nur an ihren Wirkungen erkennen. Diese Wirkungen nutzen wir ständig bei alltäglichen Vorgängen. Vielleicht fallen dir dazu ein paar Beispiele ein?

Kräfte verändern Bewegungen

Anja sitzt auf dem Schlitten (▷ B1). Aber nur, wenn eine Kraft wirkt, bewegt sich der Schlitten auch. Ist der Schlitten schon in Bewegung, kann er durch eine Kraft schneller oder langsamer werden. Auch beim Fahrradfahren musst du Kraft aufbringen, um deine Geschwindigkeit zu erhöhen: Du trittst kräftig in die Pedale. Möchtest du rasch zum Stillstand kommen, dann betätigst du die Bremsen. Auch dazu ist deine Muskelkraft nötig.

Kräfte ändern die Bewegungsrichtung

Beobachte einmal ein geschicktes Zuspiel beim Fußball aus physikalischer Sicht. Durch die Kraft, die beim Zuspiel auf den Ball einwirkt, wird seine Bewegungsrichtung geändert. Manchmal wird durch den Krafteinsatz des Fußballers die Bewegungsrichtung des Balls sogar ganz umgekehrt (▷ B2).



2 Änderung der Bewegungsrichtung

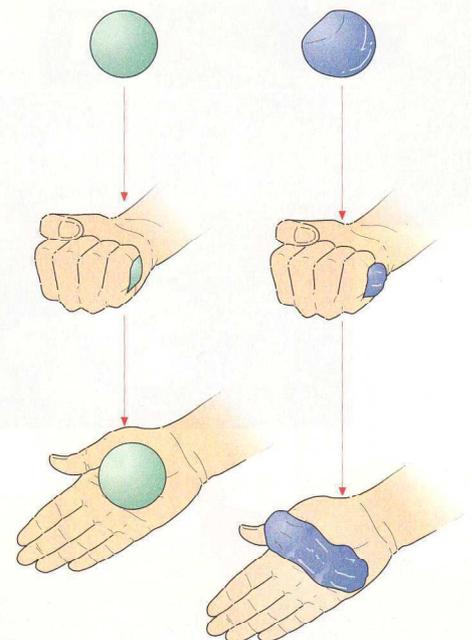
Kräfte können Körper verformen

Mit der Kraft deiner Hände kannst du einen Gummiball und eine Kugel aus Knetmasse verformen (▷ B3). Sobald die Kraft nicht mehr wirkt, nimmt der Gummiball wieder seine ursprüngliche Form an. Er wurde **elastisch** verformt. Die Knetkugel behält dagegen ihre neue Form. Sie wurde **plastisch** verformt.

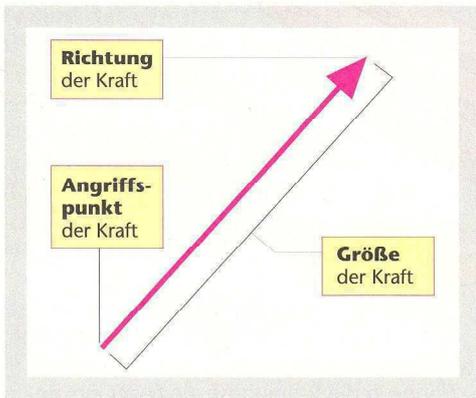
▶ Kräfte erkennt man an ihren Wirkungen. Sie können Körper beschleunigen, abbremsen, ihre Bewegungsrichtung ändern oder die Körper verformen.

Arten von Kräften

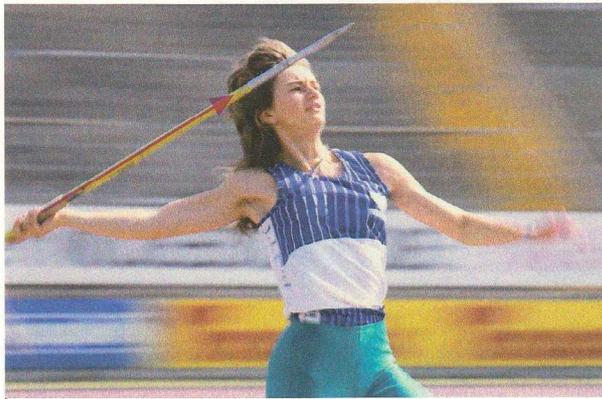
Um Anjas Schlitten in Bewegung zu setzen, kann Markus ihn anschieben oder ziehen. Im ersten Fall wirkt eine **Schubkraft**, im zweiten Fall eine **Zugkraft**.



3 Elastische und plastische Verformung



4 Kräfte werden durch einen Kraftpfeil dargestellt.



5 Die Speerwerferin übt auf den Speer eine Kraft aus. Der Pfeil zeigt Angriffspunkt, Richtung und Größe an.

Um den Schlitten anzuheben muss Markus ebenfalls Kraft aufwenden. Diese Kraft wird **Hubkraft** genannt. Weil Anja friert, reibt sie ihre Hände aneinander. Dabei wirkt eine **Reibungskraft** zwischen ihren Händen. Reibungskräfte spielen auch bei Bremsvorgängen eine Rolle. Du bringst dein Fahrrad zum Stehen, indem du die Bremse betätigst. Dabei wird der Bremsbelag gegen die Radfelge gedrückt. Durch den Kontakt zwischen Belag und Felge entsteht eine Reibungskraft, die die Bewegung des Rads verlangsamt.

Darstellung von Kräften

Bei einer Kraft kommt es nicht nur auf die Größe an. Wie du vom Fußballspielen weißt, ist auch die Richtung wichtig, in welche die Kraft wirkt.

Kräfte können gut mithilfe von Pfeilen dargestellt werden (▷ B 4). Der Pfeil beginnt im Angriffspunkt der Kraft. Seine Richtung gibt die Wirkrichtung der Kraft an, seine Länge ist ein Maß für ihre Größe. Um die Größe der Kraft angeben zu können, muss man allerdings jeweils einen Maßstab festlegen.

Ein Kraftpfeil gibt Angriffspunkt, Größe und Richtung einer Kraft an.

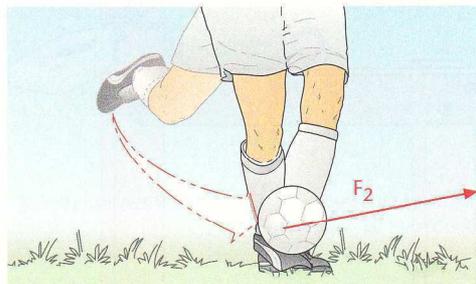
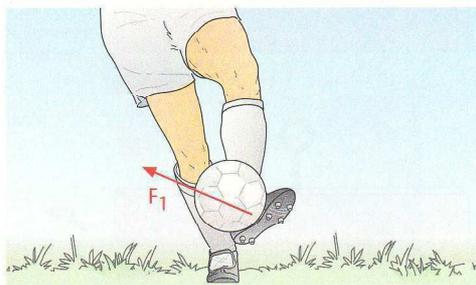
Deutung von Kraftpfeilen

Bild 5 zeigt an einem Beispiel, wie ein Kraftpfeil eingezeichnet wird. Die Kraft, die die Speerwerferin auf den Speer ausübt, ist durch einen roten Kraftpfeil dargestellt. Der Pfeil beginnt am Angriffspunkt der Kraft, nämlich an der Hand der Werferin. Der Pfeil zeigt in die Richtung, in die der Speer fliegen soll. Die Größe der Kraft lässt sich im Foto allerdings nicht ablesen, denn es wurde kein Maßstab festgelegt.

Bild 6 zeigt zwei Fußballspieler, die den Ball auf unterschiedliche Weise weiterspielen. Der Kraftpfeil in Bild 6 oben ist kürzer als in Bild 6 unten. Auch Angriffspunkt und Wirkrichtung sind unterschiedlich. Versuche vorauszusagen, wie sich die beiden Bälle bewegen werden.

Aufgaben

- 1 Beschreibe bei verschiedenen Sportarten die Wirkung der dort auftretenden Kräfte.
- 2 Suche Wörter, in denen das Wort Kraft vorkommt. Sortiere die aus, die mit physikalischen Kräften nichts zu tun haben.
- 3 Du möchtest einen Schrank verschieben. Überlege, welchen Einfluss der Angriffspunkt deiner Kraft auf dein Vorhaben hat.



6 Unterschiedlich große Kräfte werden durch unterschiedlich lange Kraftpfeile dargestellt.

Kräfte messen

Federn dehnen sich

Wirkt auf eine Feder eine Kraft, wird die Feder gedehnt. Nimmt die Kraft zu, verlängert sich die Feder in gleicher Weise. Der Engländer ROBERT HOOKE (1635–1703) erkannte diesen Zusammenhang zwischen der Zugkraft an einer Spiralfeder und ihrer Dehnung. Er formulierte dazu das **Hooke'sche Gesetz**:

▶ Wird die Zugkraft an einer Feder verdoppelt, verdreifacht usw. dann vergrößert sich in gleicher Weise auch die Längenänderung der Feder.

Der Kraftmesser

Das Hooke'sche Gesetz wird zur Messung von Kräften genutzt. Das Messgerät für die Kraft ist der Kraftmesser (▷ B 2). Er besteht im Wesentlichen aus einer Schraubenfeder, einer Hülse mit Nullpunktschieber und einer Skala.

Hängt man an den Haken des Kraftmessers einen Körper, dehnt sich die Feder. An der Skala kann man die Größe der Kraft ablesen.

Die Einheit der Kraft

Das Formelzeichen für die physikalische Größe Kraft ist F . Ihre Einheit ist das Newton (N), benannt nach dem Physiker ISAAC NEWTON. 1 N ist etwa die Kraft, mit der eine 100-g-Tafel Schokolade an der Feder zieht (▷ B 3).

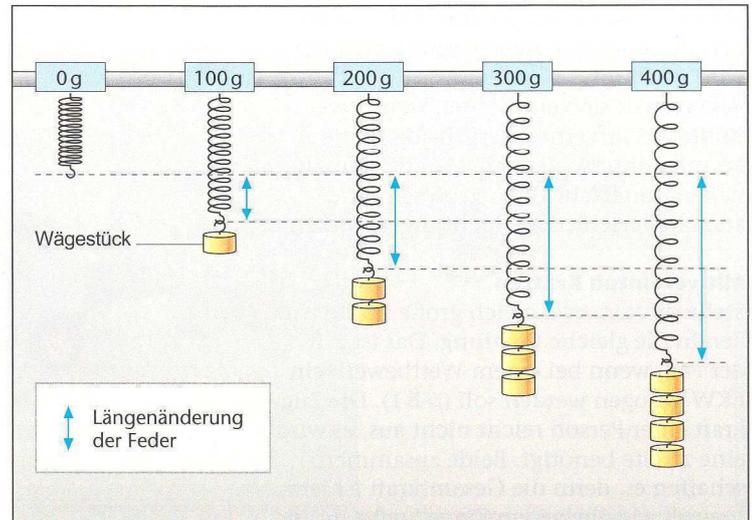
▶ Die Einheit der Kraft ist das Newton (N). Die physikalische Größe Kraft hat das Formelzeichen F .

Der Umgang mit dem Kraftmesser

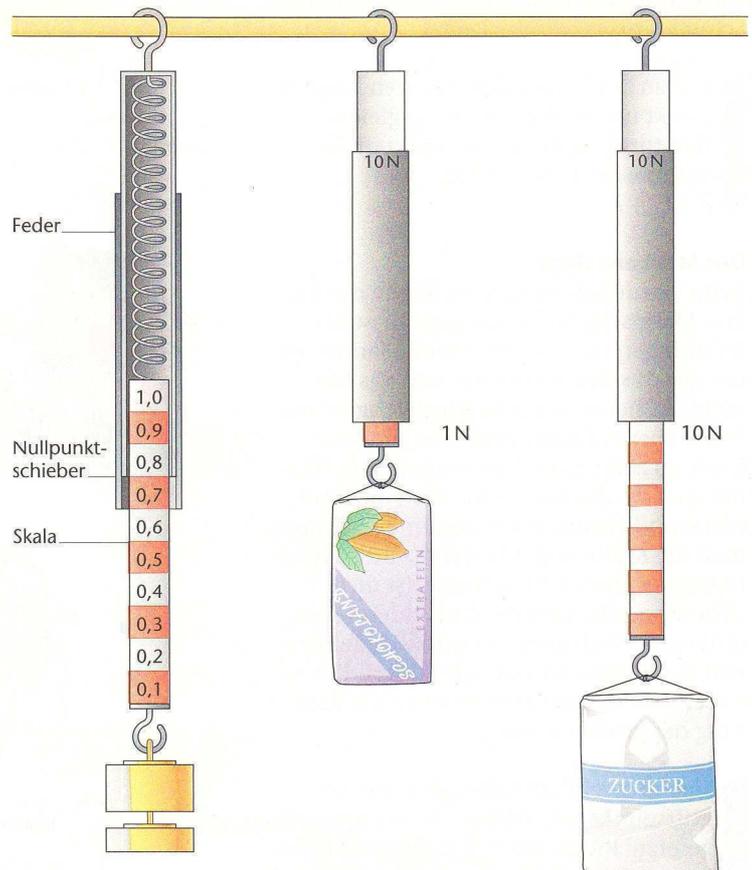
Für unterschiedlich große Kräfte gibt es Kraftmesser mit unterschiedlichen Spiralfedern und entsprechenden Skalen (▷ B 2, ▷ B 3). Damit du die Spiralfeder nicht durch Anhängen einer zu großen Last überdehnt, solltest du vor dem Messen überlegen, wie groß die zu messende Kraft ungefähr sein kann. Wähle dann den Kraftmesser mit dem passenden Messbereich aus.

Bevor du beginnst, musst du die Nullpunkteinstellung überprüfen. Ist der Kraftmesser unbelastet, muss der Schieber an der Skala genau auf null stehen.

Beim Messen ist es wichtig, den Kraftmesser nicht zu verkanten. Achte außerdem darauf, dass sich die Skala beim Ablesen genau auf Augenhöhe befindet.



1 Je mehr Wägestücke, desto länger die Feder.



2 Aufbau eines Kraftmessers

3 So kann man sich leicht merken, was die Kraft 1 N bzw. 10 N bedeutet.

Weshalb fallen Körper nach unten?

ISAAC NEWTON und der Apfel

Über den Physiker ISAAC NEWTON wird folgende Geschichte erzählt: Als Zwanzigjähriger soll er im Garten seiner Eltern beobachtet haben, wie ein Apfel vom Baum fiel. NEWTON fragte sich, warum der Apfel nach unten und nicht in eine andere Richtung fällt.

Alle Körper ziehen sich gegenseitig an

NEWTON nahm zunächst an, dass die Erde eine Kraft besäße, die andere Körper anzieht. Später erkannte er, dass sich alle Körper gegenseitig anziehen. Er nannte diese Anziehungskraft **Gravitationskraft** (lat. gravis: schwer). Allerdings sind diese Kräfte sehr klein und NEWTON konnte sie nicht nachweisen.

Die Größe der Gravitationskraft wird an einem Beispiel deutlich. Betrachte Bild 1. Die Anziehungskraft zwischen zwei großen Schiffen, die im Abstand von 100 m aneinander vorbei fahren, ist nur etwa so groß wie die Anziehungskraft zwischen einer vollen Getränkekiste und der Erde.

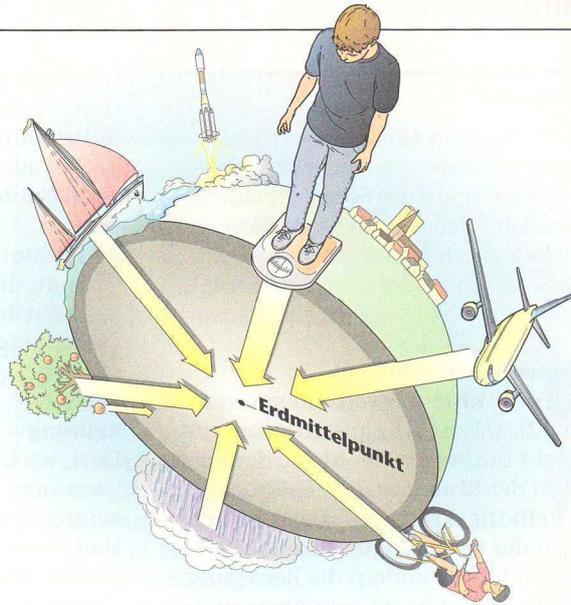


1 Zwischen den Schiffen wirkt eine Anziehungskraft.

Alle Körper ziehen sich gegenseitig an. Die Kraft, die zwischen ihnen wirkt, heißt Gravitationskraft.

Der Nachweis der Gravitationskraft

Der Nachweis der Gravitationskraft gelang erst über 100 Jahre später dem Chemiker und Physiker HENRY CAVENDISH (1731–1810). Dazu brachte er zwei große Metallkugeln im Abstand von etwa 2 m zueinander an. An den Enden eines ähnlich langen Stabs befestigte er zwei wesentlich kleinere Kugeln. Der Stab wurde mit einer gewissen Auslenkung gegenüber den großen Kugeln an einem Draht aufgehängt (> B3). Der Versuch zeigte, dass sich die kleinen Kugeln tatsächlich langsam auf die großen zu bewegten.



2 Die Gravitationskraft ist zum Erdmittelpunkt gerichtet

Die Gewichtskraft

Wie NEWTONS Apfel fällt jeder Körper, den man loslässt, nach unten. Er bewegt sich auf den Mittelpunkt der Erde zu (> B2). Hindert man den Körper daran, herunterzufallen, drückt er auf die Unterlage, denn die Gravitationskraft wirkt weiterhin. Die Kraft, mit der ein Körper „drückt“, bezeichnet man als **Gewichtskraft**.

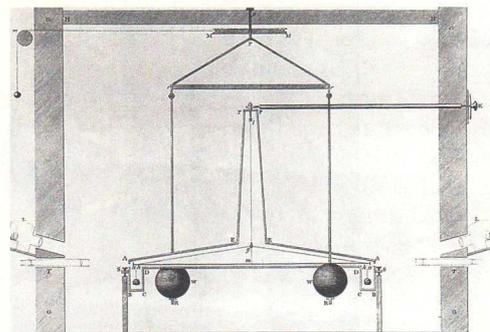
Die Gravitationskraft, die zwischen einem Körper und der Erde wirkt, wird als Gewichtskraft bezeichnet.

Das Gravitationsfeld

Die Gravitationskräfte, die zwischen zwei Körpern wirken, sind auch abhängig von der Entfernung der Körper zueinander. Sie werden mit zunehmendem Abstand geringer, verschwinden aber nie ganz. Den Bereich um einen Körper, in dem die Gravitationskraft wirkt, bezeichnet man als **Gravitationsfeld**.



4 HENRY CAVENDISH



3 Gravitationswaage von HENRY CAVENDISH

ARBEIT UND ENERGIE

- Es ist nicht zwingend nötig, alles zu lesen.
- Die mit kleinen blauen Pfeilen versehenen Texte sollten gelesen und behalten werden - die zentralen Aussagen sollten erläutert werden können.
- Die orangefarben gekennzeichneten Stellen sind unbedingt zu wissen.

Physikalische Arbeit

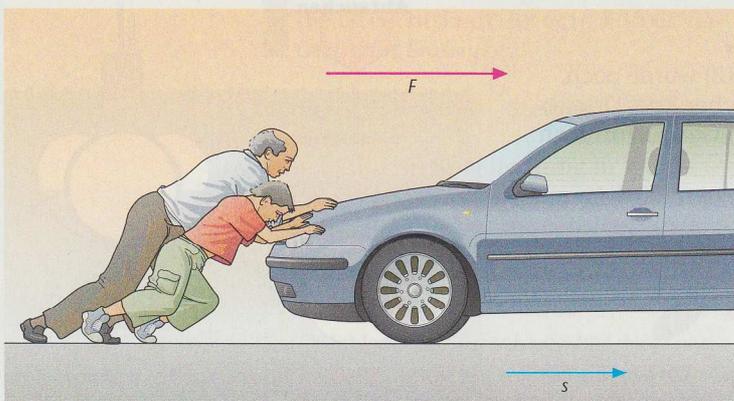


1 Ganz schön anstrengend!

Jetzt wird gearbeitet!

Bild 1 zeigt Marco in unterschiedlichen Situationen: Einmal mäht er den Rasen, dann macht er seine Hausaufgaben und schließlich steht er mit mehreren Getränkeflaschen im Arm an der Kasse an. Mit all diesen Beispielen verbinden wir im Alltag das Wort Arbeit. Aus physikalischer Sicht ist das anders. Nur das Rasenmähen ist Arbeit, denn in der Physik hat der Arbeitsbegriff eine eigene Festlegung:

Wird auf einen Körper eine Kraft ausgeübt und bewegt sich der Körper in Kraftrichtung, dann wird physikalische Arbeit verrichtet (▷ B2).



2 Hier wird physikalische Arbeit verrichtet.

Die Berechnung der Arbeit

Die physikalische Arbeit hat das Formelzeichen W (von engl. work: Arbeit). Um sie zu berechnen braucht man zwei physikalische Größen: Die Kraft F , die längs des Weges aufgewendet wird, und die zurückgelegte Strecke s .

Die verrichtete Arbeit ist das Produkt aus der Kraft in Wegrichtung und dem zurückgelegten Weg.

Arbeit = Kraft · Weg

$$W = F \cdot s$$

Die Einheit der Arbeit

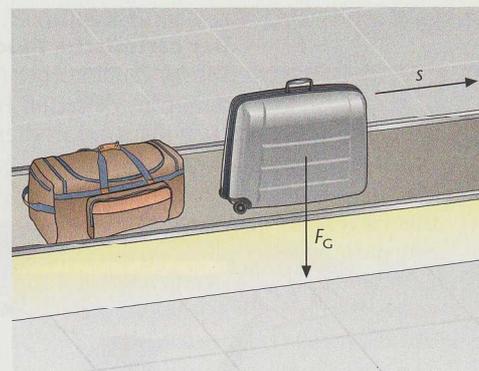
Die Einheit der Kraft ist das Newton und die Einheit des Wegs ist das Meter. Die Einheit der Arbeit ist daher das Produkt aus diesen beiden Einheiten, das Newtonmeter (Nm). Für das Newtonmeter wird auch die Einheit Joule (J) verwendet, benannt nach dem englischen Physiker JAMES PRESCOTT JOULE (1818–1889):
 $1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$, $1000 \text{ J} = 1 \text{ kJ}$.

Wann wird keine physikalische Arbeit verrichtet?

1. Es wird kein Weg zurückgelegt: $s = 0 \text{ m}$. Der Junge mit den Waren im Arm (▷ B1) steht schon einige Zeit in der Kassenschlange. Die Anstrengung kann er in den Muskeln spüren. Dennoch verrichtet er beim bloßen Halten der Waren keine physikalische Arbeit. Wie kann das sein?

Das Halten der Waren erfordert zwar eine Kraft, aber es wird kein Weg zurückgelegt. Folglich gilt: $W = 0$.

2. Es wird keine Kraft ausgeübt: $F = 0 \text{ N}$. Ein Gegenstand bewegt sich z. B. ohne Kraftaufwand durch das Weltall. Die verrichtete Arbeit an dem Gegenstand ist null, denn es wirkt keine Kraft.



3 Die Gewichtskraft des Koffers wirkt nicht in seine Bewegungsrichtung.

3. Bei geistiger Arbeit, z. B. am Schreibtisch, sind die Bedingungen für physikalische Arbeit ebenfalls nicht erfüllt. Es wird deshalb keine Arbeit im Sinne der Physik verrichtet.

Die Kraft in Bewegungsrichtung entscheidet

Die Gewichtskraft des Koffers in Bild 3 ist für die Arbeit, die das Förderband verrichtet, nicht entscheidend. Denn diese Kraft wirkt nach unten, während sich das Band senkrecht dazu bewegt. In die Berechnung der Arbeit geht nur die Kraft ein, die in Bewegungsrichtung wirkt.

Hubarbeit

In Bild 4 will der Junge das Zeitungsbündel in den Kofferraum legen. Er muss eine Kraft aufwenden, um die Zeitungen hochzuheben. Diese Kraft nennen wir Hubkraft. Die Hubkraft ist genauso groß wie die Gewichtskraft der Zeitungen ($F_H = F_G$). Der Junge hat physikalische Arbeit verrichtet, man nennt sie Hubarbeit. Als Formelzeichen verwendet man W_H .

► Wird ein Körper unter Kraftaufwand angehoben, verrichtet man Hubarbeit.

Berechnung der Hubarbeit

Es ist leicht zu verstehen, dass derjenige mehr Hubarbeit verrichtet hat, der die größere Hubkraft aufgebracht und die größere Strecke zurückgelegt hat.

Da die Größe der Hubkraft gleich der Gewichtskraft ($F_H = F_G$) ist, gilt:

► Die verrichtete Hubarbeit ist das Produkt aus der Gewichtskraft und der Hubhöhe.
Hubarbeit = Gewichtskraft · Hubhöhe
 $W_H = F_G \cdot h$



4 Hubarbeit



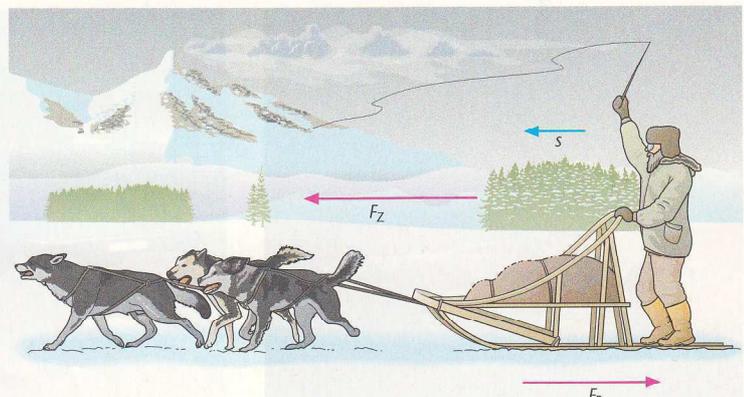
5 Damit das Flugzeug bewegt werden kann, ist die Reibung zu überwinden.

Reibungsarbeit

Damit der Schlitten (► B 6) über die Schneefläche gezogen oder das Flugzeug (► B 5) auf dem Rollfeld bewegt werden kann, ist eine Kraft erforderlich. Zwischen den Kufen und der Schneefläche bzw. den Reifen und der Rollbahn entsteht beim Bewegen des Körpers Reibung. Damit diese überwunden werden kann, ist die Zugkraft F_Z erforderlich. Da der Körper sich vorwärts bewegt, wird Arbeit verrichtet. Die Arbeit wird als Reibungsarbeit bezeichnet.

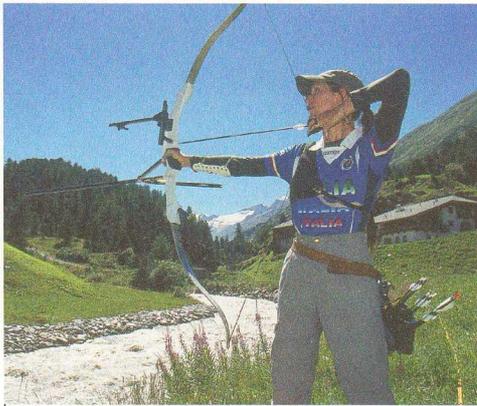
Versuch

- 1 Hebe deine Schulmappe vom Boden auf den Experimentiertisch. Miss mit einem Federkraftmesser die notwendige Hubkraft und mit einem Metermaß den Höhenunterschied zwischen Boden und Experimentiertisch. Berechne die verrichtete Hubarbeit.



6 Ein Beispiel für Reibungsarbeit

Andere Formen physikalischer Arbeit



1 Das Spannen des Bogens ist Arbeit.

Spannarbeit

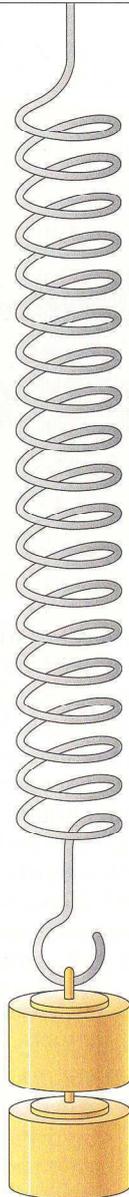
Eine Feder wird durch das Anhängen von Wägestücken gedehnt (▷ B 3). Die angreifende Kraft spannt die Feder. Es wird Spannarbeit verrichtet. Ebenso verrichtet die Sportschützin (▷ B 1) Spannarbeit, wenn sie die Sehne zu sich heranzieht.

Beschleunigungsarbeit

Um einen Körper zu beschleunigen, ist manchmal ein erheblicher Kraftaufwand erforderlich. Entlang des zurückgelegten Wegs wird der Körper immer schneller, die Geschwindigkeit nimmt zu. Es wird Arbeit verrichtet. Diese Form der Arbeit nennt man Beschleunigungsarbeit (▷ B 2). Stelle dir vor, ein PKW und ein Transporter (▷ B 5) werden auf dieselbe Geschwindigkeit in derselben Zeit beschleunigt. Der Aufwand ist bei beiden unterschiedlich groß. Erkennst du die Ursache dafür? Der Transporter hat eine viel größere Masse als der PKW. Deshalb ist beim Transporter eine größere Kraft notwendig, damit die gleiche Beschleunigung erreicht wird.



2 Beschleunigungsarbeit beim Start



3 Die Feder zu dehnen erfordert Spannarbeit.



4 Verformungsarbeit bei einem Crashtest

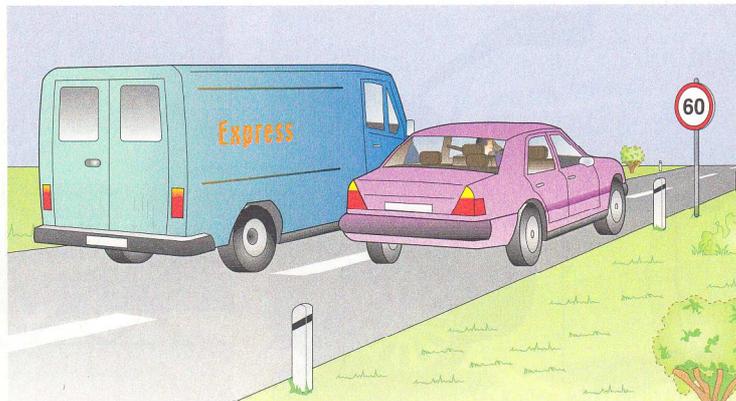
Verformungsarbeit

Bevor ein neuer Autotyp die Betriebs-erlaubnis erhält, muss der Hersteller verschiedene Crashtests durchführen (▷ B 4). Dabei trifft der Wagen mit hoher Geschwindigkeit auf ein Hindernis. Das Blech verformt sich, es wird Verformungsarbeit verrichtet. Weitere Beispiele für Verformungsarbeit sind das Kneten von Teig oder das Schmieden von Eisen usw.

In der Physik unterscheidet man verschiedene Arbeitsformen: Hubarbeit, Reibungsarbeit, Spannarbeit, Beschleunigungsarbeit und Verformungsarbeit.

Aufgabe

- 1 Welche Arbeitsform hast du jeweils verrichtet, wenn du
 - a) einen Schwamm zusammendrückst?
 - b) ein Papierflugzeug starten lässt?
 - c) ein Gummiband auseinander ziehst?
 - d) deine Schultasche auf den Tisch hebst?
 - e) einen Tisch an die Wand schiebst?
 - f) ein Blatt Papier zerknüllst?



5 Gleiche Beschleunigung erfordert unterschiedliche Kräfte.

Kann man Arbeit sparen?

Berechnung der Hubarbeit

Die Gewichtsheberin in Bild 1 leistet Hubarbeit. Die Masse des Gewichts beträgt 70 kg. Es wurde zwei Meter vom Boden angehoben.

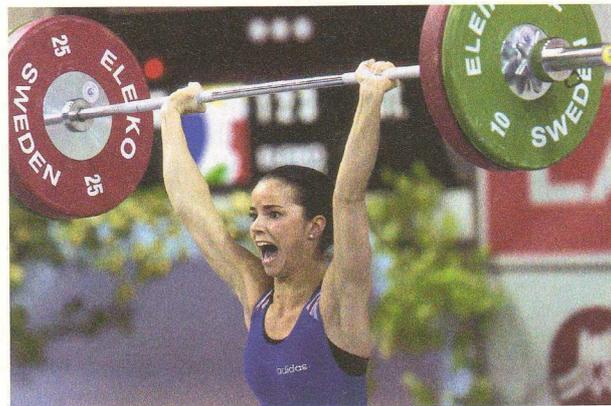
Welche Hubarbeit verrichtet die Gewichtsheberin?

Gegeben: $m = 70 \text{ kg}$, $F_G = 700 \text{ N}$, $s = 2 \text{ m}$

Gesucht: W_H

Lösung: $W_H = F_G \cdot h$
 $W_H = 700 \text{ N} \cdot 2 \text{ m}$
 $W_H = 1400 \text{ Nm}$
 $W_H = 1400 \text{ J}$
 $W_H = 1,4 \text{ kJ}$

Die Gewichtsheberin hat eine Hubarbeit von 1,4 kJ verrichtet.



1 Gewichtheben ist Hubarbeit.

Arbeitsersparnis mit dem Flaschenzug?

Mit einem Flaschenzug kann der Kraftaufwand zum Heben einer Last verringert werden. Muss man dann beim Heben der Last weniger Arbeit aufwenden?

Die Antwort lautet nein, denn man muss gleichzeitig einen längeren Seilweg in Kauf nehmen. Betrachte zur Verdeutlichung die Beispiele in Bild 2 und Bild 3. In beiden Fällen wird das Wägestück durch Verrichten von Hubarbeit um $h = 40 \text{ cm}$ angehoben. Man berechnet und vergleicht jeweils die geleistete Arbeit.

Bei dem Flaschenzug mit vier tragenden Seilstücken (\triangleright B3) beträgt die Zugkraft $F_Z = 2,5 \text{ N}$.

Hubarbeit ohne Flaschenzug:

Gegeben: $m = 1 \text{ kg}$, $F_G = F_Z = 10 \text{ N}$, $s = 40 \text{ cm}$

Gesucht: W_H

Lösung: $W_H = F_Z \cdot s$
 $W_H = 10 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m}$
 $W_H = 4 \text{ J}$

Hubarbeit mit Flaschenzug:

Gegeben: $F_Z = 2,5 \text{ N}$, $s = 160 \text{ cm}$

Gesucht: W_H

Lösung: $W_H = F_Z \cdot s$
 $W_H = 2,5 \text{ N} \cdot 1,6 \text{ m}$
 $W_H = 4 \text{ J}$

Die Hubarbeit beträgt jeweils 4 J.

Um das Gewichtsstück um 40 cm anzuheben, muss allerdings das Seilende eine Strecke von 160 cm gezogen werden.

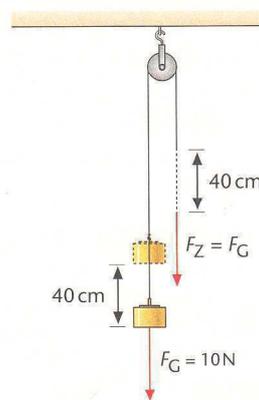
Es ist eine Hubarbeit von 4 J notwendig, damit das Wägestück mit dem Flaschenzug angehoben werden kann. Den gleichen Wert erhält man auch für das Anheben mithilfe der festen Rolle. Der Einsatz des Flaschenzugs vermindert also nicht die zu verrichtende Arbeit.

▶ Mit einem Flaschenzug kann man keine physikalische Arbeit einsparen. Die aufgewendete Kraft kann zwar verkleinert werden, aber dafür verlängert sich der Weg entsprechend.

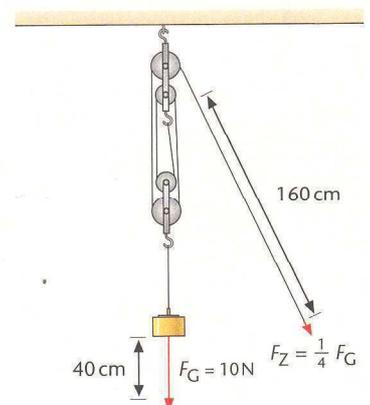
Muss man weniger Kraft aufwenden, so muss man diese Kraft über einen längeren Weg ausüben.

Anderes Beispiel: Der Hebel.

Auch in anderen Bereichen der Mechanik kann man die Beobachtung machen, dass die zu verrichtende Arbeit gleich bleibt. Diese Erkenntnis wird deshalb als **Goldene Regel der Mechanik** bezeichnet.

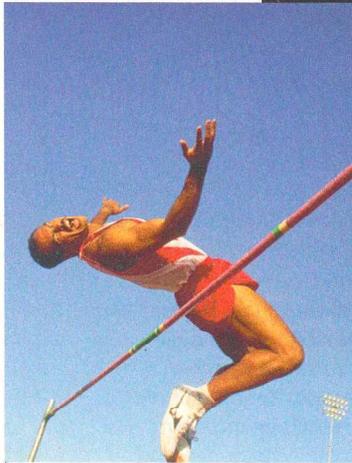


2 Feste Rolle

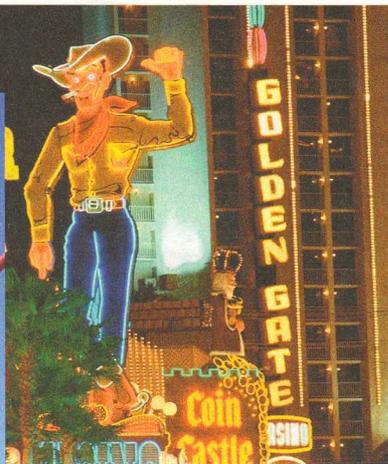


3 Flaschenzug

Energie – wozu?



1 Auch ein Sportler braucht Energie.



2 Hier wird viel Energie benötigt.

Nichts geht ohne Energie

Damit ein Auto fahren kann, muss es Treibstoff im Tank haben. Ohne elektrischen Strom bleibt die Herdplatte in der Küche kalt, der Computer funktioniert nicht und die Glühlampe strahlt kein Licht ab. Im Zusammenhang mit diesen und anderen Beispielen wird oft das Wort **Energie** benutzt. Energie wird benötigt, damit eine Lampe leuchtet, eine Maschine arbeitet usw.

► Zum Heizen, Leuchten, Arbeiten usw. ist Energie notwendig.

Energieträger – Energieempfänger

Von einem Stück Kohle weißt du, dass es Energie gespeichert hat. Das kannst du zeigen, indem du die Kohle anzündest. Kohle ist ein Energieträger. Auch Schokolade enthält Energie und brennt deshalb (▷ B3).

LKW-Unfall

Schokolade brennt gut

Hildrizhausen • Eine Ladung Schokolade ist gestern bei Hildrizhausen in Flammen aufgegangen. Die Löscharbeiten gestalteten sich schwierig: „Schokolade ist ein dankbares Brandmittel“, sagte ein Sprecher der Polizei.

3 Energieträger Schokolade

Beim Verbrennen geben die Kohle und die Schokolade Wärme ab. Diese Wärme kann z. B. Wasser erhitzen. Damit ist Energie von der Kohle bzw. der Schokolade an das Wasser übergegangen. Das Wasser ist der Energieempfänger (▷ B4).

► Energieträger können ihre Energie auf Energieempfänger übertragen.

Energie und Arbeit

Ein Hochspringer geht an den Start. Er nimmt Anlauf und springt in die Höhe (▷ B1). Über die Nahrung hat der Sportler Energie aufgenommen. Mithilfe dieser Energie verrichten seine Muskeln die Arbeit, die notwendig ist, um seinen Körper anzuheben.

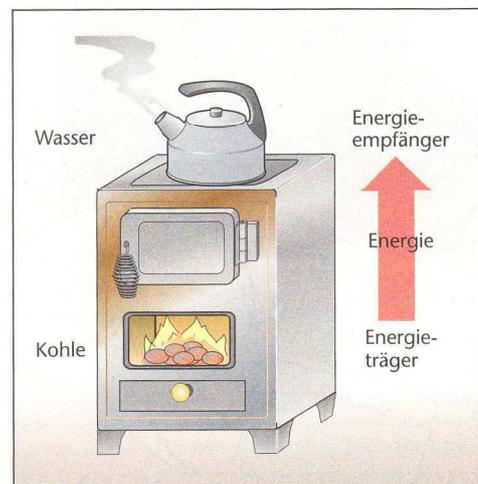
Die im Treibstoff gespeicherte Energie kann dazu genutzt werden, ein Auto zu beschleunigen. Dabei wird Beschleunigungsarbeit verrichtet.

Die beiden Beispiele zeigen, dass mit Energie physikalische Arbeit verrichtet werden kann. Deshalb haben Energie und Arbeit die gleiche Einheit, das Joule (J).

► Hat ein Körper Energie, dann kann er physikalische Arbeit verrichten. Für die physikalische Größe Energie wird das Formelzeichen E verwendet.

Aufgabe

- 1 Woher nehmen diese Körper ihre Energie? Nenne die Energieträger: Heizkissen, Kerze, Taschenrechner, Glühwürmchen, Elektromotor, warmes Wasser der Heizungsanlage.



4 Energie wird übertragen.