

Inhalt:

- 1 Antriebe
- 2 Balancierende Figuren und Objekte – Kräftegleichgewicht – Hebel
- 3 Kraftwandler
- 4 Reibung
- 5 Getriebe
- 6 Sonstiges

1 Antriebe

In unserem Alltag kommen sich bewegende Gegenstände aufgrund der stets vorhandenen Reibung nach einer Weile zur Ruhe, wenn es nicht eine ständig wirkende Antriebskraft gibt, die die Reibung kompensiert (Treten beim Fahrrad, Motor beim Auto oder bei Schiffen). Um ein Fahrzeug aus der Ruhe in Bewegung zu setzen, braucht man auf jeden Fall eine antreibende Kraft. Bei selbst zu bauenden Spielzeugen im Sachunterricht bieten sich vorwiegend Antriebe an, die auf der Eigenschaft Elastizität von Materialien beruhen. Darunter versteht man die Eigenschaft, bei Verformung von selbst wieder den Ausgangszustand annehmen zu können. Ein typisches Beispiel ist Gummi: wird ein Gummiring gedehnt oder verdreht, nimmt er nach Loslassen die ursprüngliche Form an. Auch Luft lässt sich – z.B. in der Luftpumpe - zusammendrücken und dehnt sich auf das ursprüngliche Volumen wieder aus, wenn man den Pumpenkolben loslässt. Bei einem aufgeblasenen Luftballon wird die Luft vorwiegend durch die gespannte Gummihaut des Ballons herausgedrückt.

In den letzten Jahren sind kleine, mit Batterien zu betreibende Elektromotoren sehr preisgünstig geworden. Allerdings drehen sie sich sehr schnell, so dass sich die Räder eines Spielzeugautos ohne ein die Drehzahl reduzierendes Getriebe zu schnell drehen würden. Für den Antrieb durch einen Luftpropeller oder eine Wasserschraube sind sie aber geeignet.

Man kann anhand von Spielzeugen bereits mit einer ersten Einführung in den Energiebegriff beginnen. Beim Dehnen eines Gummiringes oder einer Stahlfeder wird in den Muskeln chemische Energie umgesetzt und (teilweise) als Spannenergie in dem Gummiring oder der Feder gespeichert. Diese Spannenergie kann beim Loslassen des Autos in Bewegungsenergie des Fahrzeugs umgewandelt werden. Den Ertrag einer so frühen Einführung in den sehr abstrakten und komplexen Energiebegriff sehen wir allerdings als nicht sehr hoch an.

Gummiantriebe I und elastische Federn

Bei der ersten Art von Gummiantrieb wird ein langer Gummi an einer Stelle des Spielzeugs und an der Achse, welche sich später drehen soll, befestigt. Die Achse wird solange gedreht, bis sich der Gummi ausreichend gespannt hat. Der Gummi besitzt eine elastische Eigenschaft, das heißt er versucht immer seine ursprüngliche Gestalt einzunehmen. Im Fall des ersten Gummiantriebes wird das Gummiband, indem es um eine Achse gewickelt wird, der Länge nach ausgedehnt. Gibt man dem Gummi die Möglichkeit sich zu entspannen, so zieht er sich wieder zusammen. Das führt dazu, dass sich die Achse in der zum Aufziehen entgegengesetzter Richtung dreht und das Fahrzeug antreibt.

In der Energiesprache: Lässt man das Auto fahren, wandelt sich die Spannenergie des Gummiringes in Bewegungsenergie um.

Beim Springteufel wird die Elastizität einer Feder ausgenutzt: Eine zusammengedrückte Feder dehnt sich sehr schnell aus und kann dabei einen Gegenstand hochschleudern.

- Rennwagen
- Wackeldackel
- Boot I
- Springteufel

Gummiantrieb II

Die Funktionsweise des Gummiantriebs II beruht auf der Verdrillung eines Gummiringes. Dieser wird an einem Ende fest mit dem Spielzeug verbunden. Das andere Ende wird frei beweglich an einem Schaschlikspieß befestigt. Durch Drehen des Schaschlikspießes verdreht sich der Gummiring. Die elastische Eigenschaft des Gummis bewirkt, dass dieser seine ursprüngliche Form wieder einzunehmen versucht, sich also zurückdrehen will. Würde dies nicht behindert, würden sich Schaschlikspieß und Spielzeug in entgegengesetzten Richtungen zurückdrehen. Wenn allerdings der Schaschlikspieß an dieser Bewegung gehindert wird, da sich beispielsweise sein langes Ende gegen den Boden drückt, dann kann die Kraft nur auf das Spielzeug übertragen werden, welches sich als einziges dreht. Im anderen Fall, wenn das Spielzeug keine Drehbewegung ausführen kann, dreht sich vorwiegend der Schaschlikspieß.

- Karussell
- Rasende Rolle
- Boot II

Gummiantrieb III

Das Prinzip des Gummiantriebs III liegt wie bei Antrieb I in einer Längsausdehnung des Gummiringes. Der Gummi wird fest an einem Stab und lose an einem Spielzeug befestigt. Durch Verschieben des Spielzeugs parallel zum Stab, dehnt sich der Gummiring aus. Da der Gummi elastisch ist, versucht er seinen entspannten Anfangszustand wieder einzunehmen. Im Fall des Gummiantriebs III wird die vorher hineingesteckte Spannenergie in Bewegungsenergie umgewandelt und so die Rakete in die Luft geschossen.

- Rakete

Luftballonantrieb (Rückstoßantrieb)

In den Bildern ist ein aufgeblasener Luftballon dargestellt. Die elastische Gummihaut ist gedehnt und presst die Luft zusammen. Die zusammengedrückte Luft drückt nach allen Seiten gegen die Gummihaut. Sie drückt nach rechts genauso stark auf die Haut wie nach links, nach oben genauso stark wie nach unten. Diese Kräfte auf die Gummihaut heben sich beim geschlossenen Luftballon auf, er bleibt liegen. Anders ist es beim Luftballon, der an einer Seite offen ist. Im Bereich der Öffnung drückt die Luft nicht gegen die Gummihaut (siehe Abb. 1). Nach rechts drückt insgesamt eine größere Kraft auf die Haut als nach links und der Ballon bewegt sich deshalb nach rechts. Wird der Luftballon fest mit einem Objekt verbunden, überträgt sich die beschleunigende Kraft auch auf dieses. Das Objekt bewegt sich ebenfalls. Der Luftballonantrieb kann verwendet werden, um eine Auto, ein Schiff oder ein Raketenmodell zu bewegen.

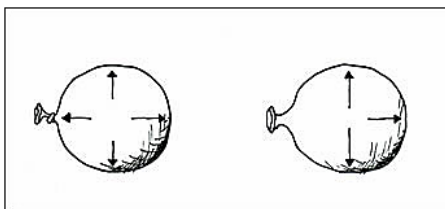


Abb. 1: Bei geöffnetem Luftballon bleibt – im dargestellten Beispiel – eine nach rechts gerichtete Kraft übrig, die die zusammengedrückte Luft im Ballon auf diesen ausübt und ihn damit nach rechts beschleunigt.

- Auto mit Luftballonantrieb
- Rakete mit Luftballonantrieb

2 Balancierende Figuren und Objekte – Kräftegleichgewicht – Hebel

Mobiles und ähnliche Objekte beruhen auf dem Hebelgesetz. Die Stange, an der links und rechts jeweils ein Körper mit einem Faden angehängt ist, ist wiederum an einem Faden aufgehängt. Auf die beiden, an den Stangenenden angehängten Körper wirkt die Erdanziehungskraft, die beide Körper nach unten zieht. Gleichgewicht herrscht dann, wenn die Produkte aus Gewichtskraft F_G (durch die Masse der Körper bestimmt) und Abstand a zum Faden gleich sind:

$$F_{G1} \cdot a_1 = F_{G2} \cdot a_2$$

Ist Körper 1 schwerer als Körper 2, muss demnach im Gleichgewicht der Abstand a_1 kleiner als der Abstand a_2 sein, ansonsten dreht sich die Stange, bis sie senkrecht nach unten zeigt und der Körper mit dem größeren Produkt unten hängt.

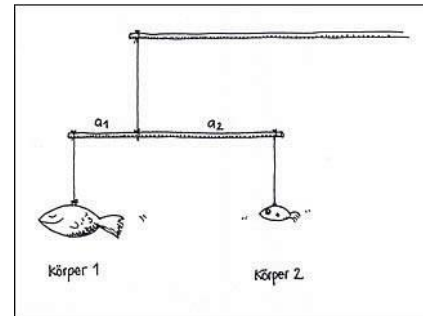


Abb. 2: Gleichgewicht am Mobile

Die physikalische Erklärung für den Gleichgewichtszustand eines Körpers wie in der folgenden Abbildung (Abb. 3) ist der obigen Erklärung sehr ähnlich. Die Gewichtskraft auf den linken Teil des Körpers dreht ihn nach unten links, die Gewichtskraft auf den rechten Teil dreht ihn nach rechts unten. Im Gleichgewichtszustand ist die Drehung nach rechts genauso stark wie die nach links und der Körper bleibt im Gleichgewicht.



Abb. 3: Gleichgewicht bei einem ausgedehnten Körper

Schwerpunkt

Der „Schwerpunkt“ ist ein gedachter Punkt, in dem man sich die gesamte Masse eines Objektes vereint vorstellen kann. Unterstützt man einen Körper im Schwerpunkt, dann dreht er sich nicht. Ein Besenstiel kann auf einem Finger balanciert werden. Der Schmetterling in Abb. 3 wird im Schwerpunkt unterstützt. Für die Standfestigkeit eines Gegenstandes ist die Lage seines Schwerpunktes bezüglich der Standfläche von Bedeutung. Der Gegenstand kann nur dann nicht umfallen, wenn das Lot des Schwerpunktes innerhalb der Standfläche liegt.

3 Kraftwandler

Gelegentlich ist es erwünscht, dass die Angriffsrichtung, die Richtung oder der Angriffspunkt einer Kraft geändert wird. Eine dafür geeignete mechanische Vorrichtung nennt man Kraftwandler. Beispiele dafür sind Hebel (Änderung des Kraftbetrages), Seile und Rollen (Änderung der Angriffsrichtung). Dabei gilt bei allen Kraftwandlern die „Goldene Regel der Mechanik“, dass das Produkt aus Weg und Kraft unverändert bleibt. Das bedeutet, dass bei einer verringerten aufzuwendenden Kraft diese aber entlang eines längeren Weges ausgeübt werden muss. Vergleichbar ist dies mit einer Bergwanderung: Geht man den kurzen und direkten Weg den Berg hinauf, so benötigt man vergleichsweise wenige Schritte, die Wanderung ist jedoch sehr anstrengend. Nimmt man einen Weg mit vielen Serpentinaugen, ist der Weg wesentlich länger, jedoch weniger anstrengend.

Hebel

Hebel werden im Alltag sehr häufig als Kraftwandler oder zum Anheben oder Verschieben von Lasten verwendet. Das bereits angesprochene Mobile ist ein Beispiel.

Flaschenzug

Flaschenzüge waren früher ein wichtiges Hilfsmittel zum Heben von Lasten. Hierzu lässt man ein Seil über mehrere Rollen laufen, von denen einige fest miteinander verbunden sind (s. Abb. 4).

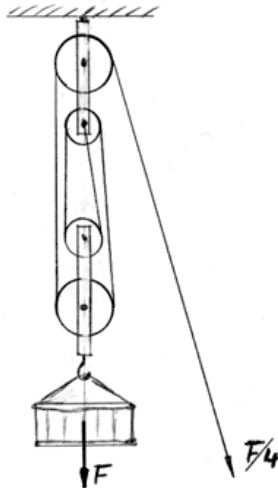


Abb. 4 (links): Ein Flaschenzug mit 4 Rollen. Wird das Seil um 1 m nach unten gezogen, heben sich die beiden unteren Rollen um $\frac{1}{4}$ m. Dafür muss nur mit einem vierten Teil der Kraft gezogen werden, mit der die angehängte Last nach unten gezogen wird.

Der einfachste Flaschenzug besteht aus einer losen und einer festen Rolle. An der festen Rolle wird die Richtung der Kraft verändert und an der losen Rolle die Kraft verringert (genauer: halbiert). Das heißt, dass man bei einer Last von beispielsweise 10 Zuckerstückchen eine Kraft von 5 Zuckerstückchen aufwenden muss.

4 Reibung

Für Bewegungen im Alltag und bei der Übertragung von Drehbewegungen ist die Reibung(kraft) von großer Bedeutung. Gehen oder mit dem Fahrrad fahren wäre ohne Reibung nicht möglich. Auch einen Bleistift könnte man ohne Reibungskraft nicht festhalten.

Reibungskräfte treten dann auf, wenn sich zwei Gegenstände entlang einer Berührungsfläche tangential zueinander bewegen (oder bewegen könnten). Bewegen sich die Gegenstände relativ zueinander, zum Beispiel wenn eine Kiste eine Rampe hinunterrutscht, spricht man von Gleitreibung. Bleibt die Kiste auf der Rampe liegen (oder wird der Bleistift festgehalten), spricht man von Haftreibung. Die maximale Haftreibungskraft ist größer als die Gleitreibungskraft. Verschiebt man eine Kiste, muss zunächst eine Kraft mindestens so stark wie die maximale Haftreibungskraft ausgeübt werden, damit die Kiste ins Rutschen kommt. Danach muss man nur noch mit der etwas geringeren Reibungskraft schieben.

Wird eine Vollbremsung durchgeführt, ist es deshalb günstig, wenn die Reifen nicht blockieren und man nicht in den Bereich der Gleitreibung kommt.

Ein weiterer Reibungstyp ist die sogenannte Rollreibung. Diese tritt bei rollenden Körpern auf, zum Beispiel beim Fahrradfahren oder beim Kugellager. Sie ist deutlich geringer als die Haft- und Gleitreibung. Haft-, Gleit- und Rollreibung hängen von den Materialien der beiden Körper ab. Gummi auf Asphalt gibt sehr hohe Reibungskräfte, Stahl auf Eis relativ geringe.

5 Getriebe

Getriebe dienen zum Übertragen von Drehbewegungen von einer Achse auf eine andere. Dabei können sich die Drehrichtung und/oder die Umdrehungszahlen ändern. Getriebe sind in sehr vielen alltäglichen „Maschinen“, wie Fahrrädern und Uhren, zu finden.

Riemengetriebe

Bei Riemengetrieben wird eine Drehbewegung durch Riemen von einer Scheibe bzw. einem Rad auf ein anderes übertragen. Bei der einfachsten Form eines Riemengetriebes sind die Achsen der Räder parallel zueinander und die Drehrichtung beider Räder ist identisch. Ist der Riemen jedoch gekreuzt erhält man beim zweiten Rad eine dem ersten entgegengesetzte Drehbewegung.

Benutzt man unterschiedlich große Räder, so drehen sich die kleinen Räder schneller als die großen. Hat das erste Rad beispielsweise einen doppelt so großen Radius wie das zweite, so wird die Geschwindigkeit der Drehbewegung des kleinen Rades verdoppelt (und dabei die drehende Kraft halbiert).

Zahnradgetriebe

Zahnräder sind Räder, deren Rand mit Zacken („Zähne“) versehen ist. Zur Übertragung von Drehbewegungen sind die Zahnräder so auf Achsen angebracht, dass ihre Zähne ineinander greifen können. Dreht man nun ein Zahnrad, wird diese Bewegung auf das andere Rad übertragen. Dabei wirken zwischen den Zähnen vorwiegend Druckkräfte. Diese können erheblich größer als Reibungskräfte sein. Das zweite Zahnrad dreht sich in entgegen gesetzter Richtung wie das erste.

Benutzt man unterschiedlich große Zahnräder, so drehen sich die kleinen Räder schneller als die großen. Hat ein Zahnrad beispielsweise 20 Zähne und das zweite 10, so wird die Geschwindigkeit der Drehbewegung bei dem kleinen Zahnrad verdoppelt und die drehende Kraft halbiert.

Zentripetalkraft

Wenn sich ein Gegenstand auf einer Kreisbahn bewegt, muss ständig auf ihn eine zum Kreismittelpunkt hin gerichtete Kraft wirken, sonst würde er tangential die Kreisbahn verlassen. Ein Wassertropfen in der Wäsche in der rotierenden Trommel einer Waschmaschine würde sich tangential geradlinig weiterbewegen, wenn nicht ständig eine in Richtung der Drehachse wirkende Kraft auf ihn ausgeübt würde, die ihn auf eine Kreisbahn zwingt. Diese Kraft ist die Kohäsionskraft zwischen Wäsche und Wasser. Ist diese Kraft nicht ausreichend – zum Beispiel wenn die Trommel zu schnell rotiert - dann verlässt der Tropfen in der Wäsche die Kreisbahn und damit die Trommel tangential nach außen. Die rotierende, nasse Wäsche verliert so nach und nach Wasser.

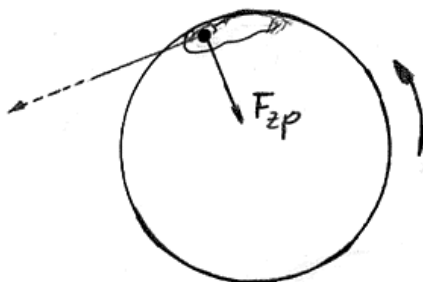


Abb. 5: Bei schneller Rotation ist die zur Trommelachse zeigende Zentripetalkraft nicht mehr groß genug um den Tropfen in der Wäsche festzuhalten: er wandert zum Trommelrand und dann nach außen.

6 Sonstiges

Newton Pendel

Das Verhalten des Newton Pendels ist sehr verblüffend: Wenn z.B. drei Kugeln ausgelenkt werden und auf die beiden anderen Kugeln treffen, so schwingen wiederum drei Kugeln nach außen. Diese und entsprechende Beobachtungen am Pendel verweisen auf 'dahinter steckende Gesetzmäßigkeiten'. Diese Gesetzmäßigkeiten sind allerdings sehr komplex (u.a. stehen sie im Zusammenhang mit elastischen Schwingungen der Kugeln) und können für Grundschul Kinder nicht adäquat elementarisiert werden.

Kartesischer Taucher

Der Kartesische Taucher ist auch unter dem Namen Flaschenteufel bekannt. Dieses Spielzeug besteht aus ein Glashohlkörper mit der Form eines Teufels und ist bereits für wenig Geld im Spielwarenhandel zu erwerben. Allerdings lässt sich dieses faszinierende Spielzeug auch leicht und schnell selber herstellen. Dazu sind nur wenige Materialien nötig, die jeder Schüler besitzt. Dabei erfahren die Schüler das Wechselspiel zwischen Gewichtskraft und Auftriebskraft beim Steigen, Schweben oder Sinken eines Gegenstandes in einer Flüssigkeit.

Ob ein Körper in einer Flüssigkeit sinkt, schwebt oder nach oben steigt, hängt von dem Verhältnis der Gewichtskraft zur Auftriebskraft des Körpers im Wasser ab. Das den Körper umgebende Wasser übt auf ihn eine Auftriebskraft aus, die ihn nach oben treibt. Die Gewichtskraft, also die Kraft mit der die Erde den Körper nach unten zieht, lässt ihn sinken. Ist die Gewichtskraft auf den Körper höher als die Auftriebskraft, so sinkt dieser zu Boden. Wenn die Auftriebskraft größer ist als die Gewichtskraft, dann schwimmt der Körper. Bei einem Gleichgewicht der beiden Kräfte schwebt der Körper in der Flüssigkeit.

Die mit Luft gefüllte Füllerpatrone schwimmt zunächst oben, ihre Auftriebskraft im Wasser ist größer als die Gewichtskraft auf die Patrone. Drückt man nun die fest verschlossene Plastikwasserflasche zusammen, so erhöht sich darin insgesamt der Druck. Da Luft kompressibel ist, verringert sich das Volumen der in der Patrone befindlichen Luft und die Patrone füllt sich teilweise mit Wasser. Dadurch wird diese insgesamt schwerer (wird stärker von der Erde angezogen) und die Gewichtskraft (gegeben durch die Masse der Patrone) auf die Patrone größer. Die Tintenpatrone fängt an zu sinken. Lässt der Druck auf die Wasserflasche nach, so nimmt der Druck auf das Wasser und somit auch auf die Luft in der Tintenpatrone ab. Die Luft in der Patrone nimmt wieder ihr anfängliches Volumen ein. Mit größerem Luftvolumen verringert sich die Gewichtskraft und die Patrone steigt nach oben.

Eine alternative Erklärung: Auf die Patrone übt das sie umgebende Wasser von allen Seiten eine Druckkraft aus. An den Seiten heben sich diese auf, aber von unten und oben nicht. Denn die ausgeübte Druckkraft hängt von der Wassertiefe ab: Auf die Oberseite der Patrone drückt das Wasser mit einer kleineren Kraft (nach unten) als das Wasser an der Unterseite (gegen die Luft in der Patrone nach oben). Insgesamt ergibt sich also eine nach oben wirkende Kraft, die sogenannte Auftriebskraft. Die mit Luft gefüllte Füllerpatrone schwimmt zunächst oben, ihre Auftriebskraft im Wasser ist größer als die Gewichtskraft auf die Patrone. Drückt man nun die fest verschlossene Plastikwasserflasche zusammen, so erhöht sich darin insgesamt der Druck. Da Luft kompressibel ist, verringert sich das Volumen der in der Patrone befindlichen Luft. Damit verschiebt sich die Grenzfläche Wasser-Luft in der Patrone nach oben, der Abstand zwischen Patronenoberseite und Grenzfläche wird kleiner. Als Folge verkleinert sich die Differenz der Druckkräfte von unten und oben und damit die Auftriebskraft. Wenn diese kleiner als die Gewichtskraft wird, sinkt die Patrone nach unten.

Bechermikroskop

Beim Bechermikroskop nimmt der Wassertropfen über der kleinen Becheröffnung eine linsenförmige Gestalt an. Dadurch wirkt er wie die Sammellinse eines Vergrößerungsglases und man kann vergrößerte Bilder von Gegenständen oder Schrift beobachten.

Drehscheibe

Unsere Augen sind in der Lage, nacheinander gezeigte unterschiedliche Bilder noch einzeln wahrzunehmen, wenn weniger als 16 Bilder pro Sekunde gezeigt werden. Bei einer höheren Bilderrate (z.B. 25 Bilder pro Sekunde bei einer Videoaufnahme) werden die Bilder nicht mehr als zeitlich getrennt wahrgenommen, wir sehen fließende Übergänge.

Bei der rotierenden Drehscheibe folgen die beiden Bilder von der Vorder- und der Rückseite der Scheibe so schnell aufeinander, dass wir sie als ein einziges Bild wahrnehmen, das aus der Überlagerung der beiden Bilder besteht: wir „sehen“ ein Kreuz in einem Kreis.