

„Gib mir einen Standpunkt, und ich hebe die Welt aus den Angeln!“



Archimedes von Syrakus (287-212 v.Chr.) war ein griechischer Mathematiker, Physiker und Ingenieur. Er gilt als einer der bedeutendsten Mathematiker der Antike.

## Das Fazit oder die Erkenntnis (die Erklärung WARUM es so ist) nach dem Versuch und der Versuchsbeschreibung

Nach der Versuchsbeschreibung folgt noch der nächste und wichtigste Schritt:

Warum ist das so passiert und nicht anders? Welche Erklärung gibt es dafür?

Welche Erkenntnis, welches Fazit ziehen wir aus dem Versuch?

Aus Versuch 1 und muss also folgendes Fazit gezogen werden.

Versuch 1	Gewichtheben
Versuchsaufbau	Wir nahmen einen Balken (Tisch) und eine Versuchsperson (oder eine schwere Kiste).
Versuchsdurchführung	1. Eine Person setzte sich an ein Ende des Balkens. Wir hoben an diesem Ende den Balken hoch. 2. Eine Person setzte sich an ein Ende des Balkens. Wir hoben den Balken am anderen Ende hoch.
Versuchsbeobachtung	1. Wir (bzw. die anhebende Person) schafften es mit ganzen Kraft nicht, den Balken mit der Last (der Versuchsperson er Kiste) hochzuheben. 2. Wir (bzw. die anhebende Person) schafften es mit viel Kraft, die Last (der Versuchsperson) anzuheben. Sie konnte die Last so ... Sekunden anheben.
Fazit-Erkenntnis	Der Balken wirkt wie ein Hebel. Sitzt die Last in der Nähe des Anhebenden, so ist der Hebel, bzw. die Last nur sehr schwer anzuheben. Sitzt die Last am anderen Ende des Hebels, so ist die Last viel leichter anzuheben. Das dem Anhebenden gegenüberliegende Balkenende, an dem der Balken auch nach dem Anheben noch auf dem Boden aufliegt, nennt man den <b>Auflagepunkt</b> oder auch <b>Drehpunkt</b> .



## V2b: Hebel mit Unterlage

Nimm einen großen Stein (oder einen anderen schweren Gegenstand, z.B. eine Kiste oder einen Karton), eine längere gerade Stange und eine kleine Unterlage (z.B. ein Stück Holz oder ähnliches, siehe Zeichnung im gelben Kreis, es muss nicht dreieckig sein).

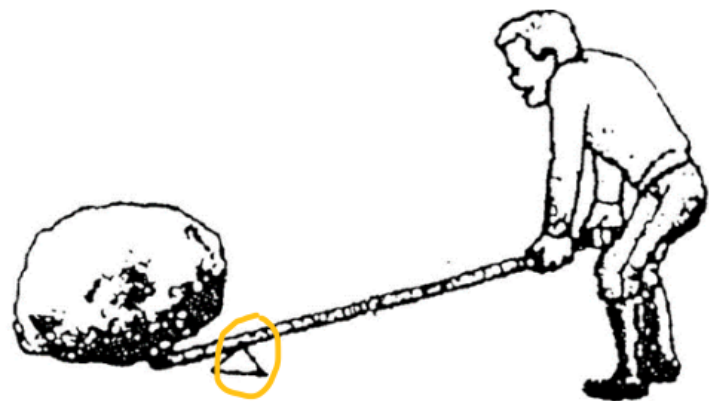
1. Fahre mit dem einen Ende der Stange unter den Stein. Versuche ihn nun abzuheben, indem Du die Stange am anderen Ende nach unten bewegst.

2. Wiederhole den Versuch noch einmal, allerdings fasst Du die Stange nun weiter unten in Richtung Stein an.

Welche Unterschiede stellst Du bei den zwei Hebelversuchen fest?

Wann fiel es Dir schwerer, wann leichter, den Stein anzuheben?

Was ist der Unterschied zum Hebel ohne Unterlage?



Versuch	Versuchsname
Versuchsziele	
Versuchsdurchführung	
Versuchsbeobachtung	
Fazit-Erkenntnis	



10 / 86

## Der zweiarmiger Hebel

Wirken die Bewegungen von Last und Kraft vom Drehpunkt aus gesehen in verschiedene Richtungen, dann handelt es sich um einen **zweiseitigen** oder **zweiarmigen Hebel**.

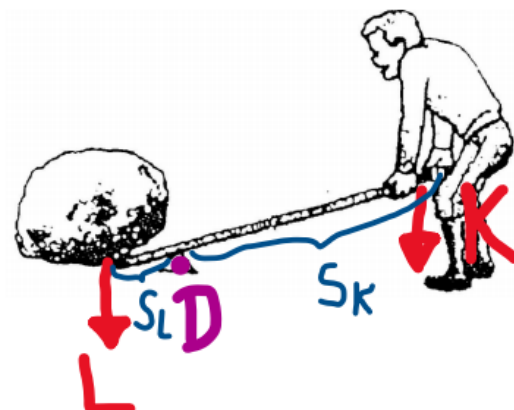
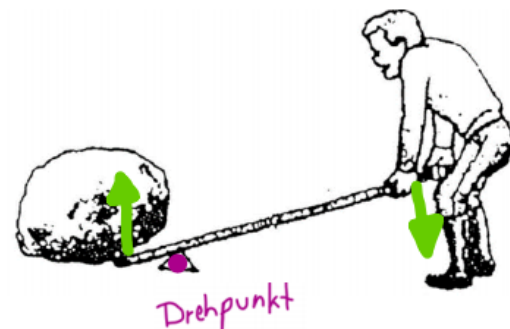
Die Last (der Stein) bewegt sich nach oben, die Kraft (Arme des Anhebenden) bewegen sich nach unten (**grüne Pfeile**).

Man kann das Ganze aber auch wieder von den wirkenden Lasten und Kräften aus betrachten:

Dann wirkt die **Last** (bzw. das **Gewicht**) des Steines vom Drehpunkt aus betrachtet nach unten und die aufgewendete **Kraft** des Mannes nun - im Gegensatz zum einseitigen Hebel - ebenfalls nach unten (**rote Pfeile**).

Von einem zweiseitigen Hebel spricht man auch dann, wenn sich der eine Hebelarm auf der einen Seite des Drehpunktes befindet und der andere Hebelarm auf der anderen vom Drehpunkt. Man unterscheidet den Teil des Hebelarmes, auf dem die Last ruht und nennt ihn den **Lastarm** und den Teil, auf dem die Kraft ausgeübt wird, den **Kraftarm**. Kraft- und Lastarme bezeichnen also immer den Abstand zum Drehpunkt.

Da beide Hebelarme als Wegstrecke in Meter oder Zentimeter gemessen werden können, nimmt man für die Strecke der Lastarme die Abkürzung **S<sub>L</sub>**. Den Lastarm kürzt man also mit **S<sub>L</sub>** und den Kraftarm mit **S<sub>K</sub>** ab.



11 / 86



## V3c: Schraubenschlüssel und Zange

Sicherlich findest Du zuhause einen Schraubenschlüssel und eine Zange.

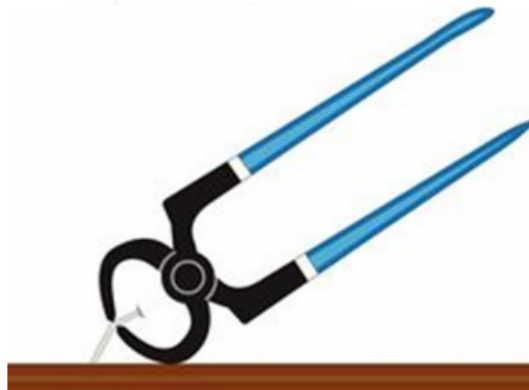
Versuche mit den Fingern, bzw. der Hand eine festgezogene Schraube auf- und zuzudrehen und einen Nagel herauszuziehen, bzw. ein Stück Draht durchzutrennen.

Probiere beide Werkzeuge aus, indem Du eine Schraube auf- und zudrehst und mit einer Zange einen Nagel herausziehst oder z.B. ein Stückchen Draht abkneifst.

Um welche Arten von Hebeln handelt es sich hier?

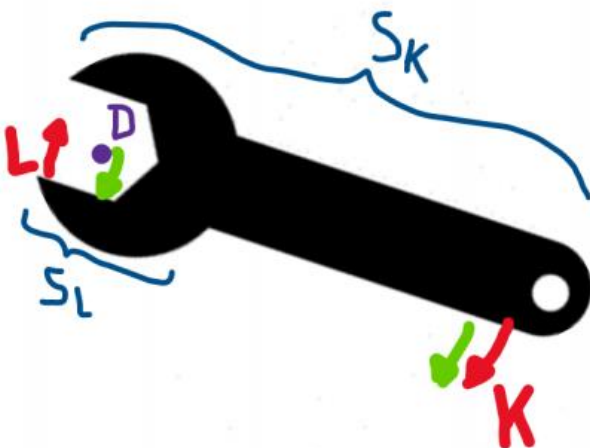
Zeichne jeweils Lastarm, Kraftarm, Drehpunkt und die wirkende Last, Kraft und Richtungsbewegungen ein (siehe Aufgabenblatt).

Versuch ...	Versuchsname
Versuchsziel	
Versuchsdurchführung	
Versuchsergebnis	
Fazit	
Erkenntnis	



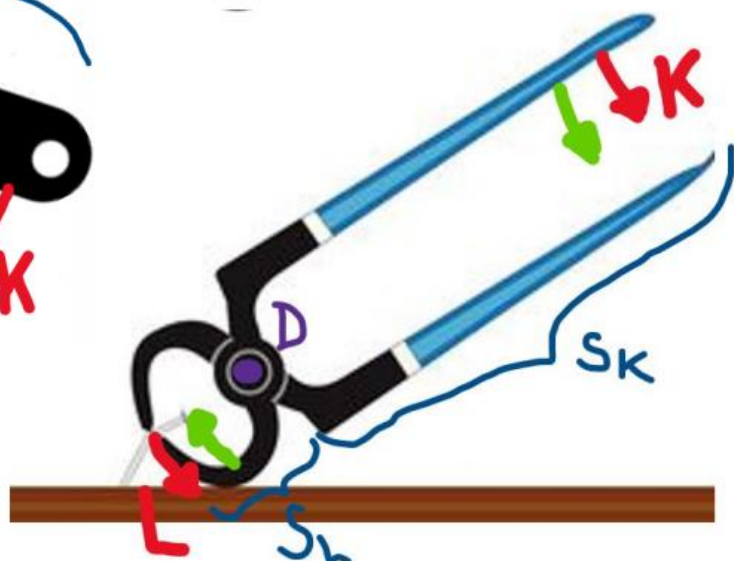
17 / 86

## Auflösung Schraubenschlüssel und Zange



Der Schraubenschlüssel ist ein einseitiger Hebel. Last- und Kraftarm befinden sich auf einer Seite des Drehpunktes.

Im Gegensatz dazu ist die Zange wie die Schere ein doppelter zweiseitiger Hebel, wenn sie z.B. einen Draht schneidet. Last- und Kraftarm sind auf zwei Seiten des Drehpunktes.

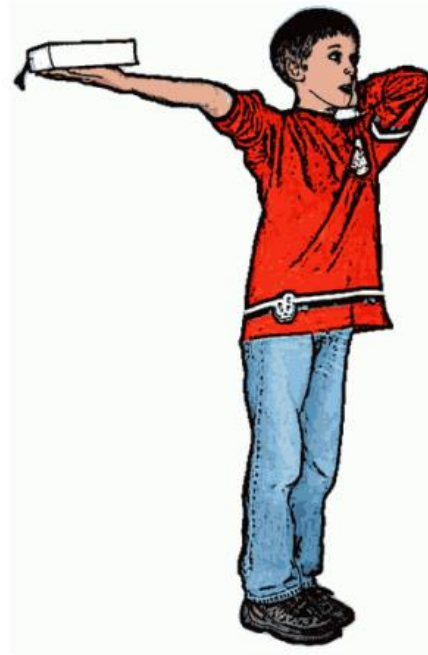


18 / 86





## V3f: Unterarm



Nimm einen größeren Stein oder einen anderen schweren Gegenstand (z.B. ein schweres Buch), der mindestens 2-3kg wiegt und den Du dennoch gut auf einer Hand halten kannst. Außerdem brauchst Du eine Stoppuhr (oder ein Smartphone mit Stoppuhrfunktion).

1. Halte den Gegenstand mit einem ausgestreckten Arm waagrecht im 90 Grad Winkel zur Seite (wie auf der Abbildung) so lange Du kannst. Achte darauf, dass Dein Arm wirklich ganz ausgestreckt und nicht angewinkelt ist.

Stoppe die Zeit, in der Du den Gegenstand in dieser Position halten kannst.

Schreibe Dir die Zeit auf. Danach ruhest Du dich kurz aus, um neue Kräfte zu sammeln.

2. Nun nimmst Du den Gegenstand noch einmal auf die Hand, und winkelst den Arm dabei aber ein bisschen an.

Stoppe wieder die Zeit, in der Du den Gegenstand in dieser Position halten kannst.

Schreibe Dir wieder die Zeit auf und sammle noch einmal neue Kräfte.

3. Nun winkelst Du deinen Arm am Ellenbogen stark an und hältst den Gegenstand möglichst lange in dieser Position.

Wie lange konntest Du dieses Mal den Gegenstand halten?

Nachdem Du diese 3 Versuche gemacht hast, überlege:

In welcher Position konntest Du den Stein am längsten halten?

Kannst Du dir vorstellen, woran das lag?

Versuch ...	Versuchsdauer
Versuchsaufbau	
Versuchsdurchführung	
Versuchsbeobachtung	
Fazit-Erkenntnis	



23 / 86



## V5: Wippe

Versuch ...	Versuchsdauer
Versuchsaufbau	
Versuchsdurchführung	
Versuchsbeobachtung	
Fazit-Erkenntnis	



Sollte sich in der Nähe Deines Zuhauses eine Wippe (z.B. auf einem Spielplatz) befinden, so nimm jemanden mit und mache einige Versuche, wie Du sie auf der unteren Abbildung siehst.

Ansonsten kannst Du dir zuhause auch ganz leicht eine Wippe selbst bauen:

Nimm einen längeren Holzbalken oder ein stabiles Brett (mindestens 2m) und einen Holzklötz (oder ähnliches) als Drehpunkt in der Mitte, über die der Holzbalken gelegt werden kann.

Wenn Du auch keine eigene große Wippe bauen kannst und/oder keine:n Partner:in zur Verfügung hast, dann baue Dir zumindest eine kleine Wippe mit Lineal, Stift, zwei 5-Cent-Stücken und einem 10-Cent-Stück.

Mache dann die Versuche auf dem Versuchsvideo auf der nächsten Folie nach.

Probiere folgendes aus:

Bringt die Wippe ins Gleichgewicht?

Kann eine leichtere Person auch eine schwerere Person in der Luft „hängen“ lassen?

Wenn eine leichtere Person eine schwerere Person in der Luft „hängen“ lassen kann, wie ist das zu erklären?



28 / 86

# Goldene Regel der Mechanik

**„Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen“ (Galileo Galilei, 1564-1642)**

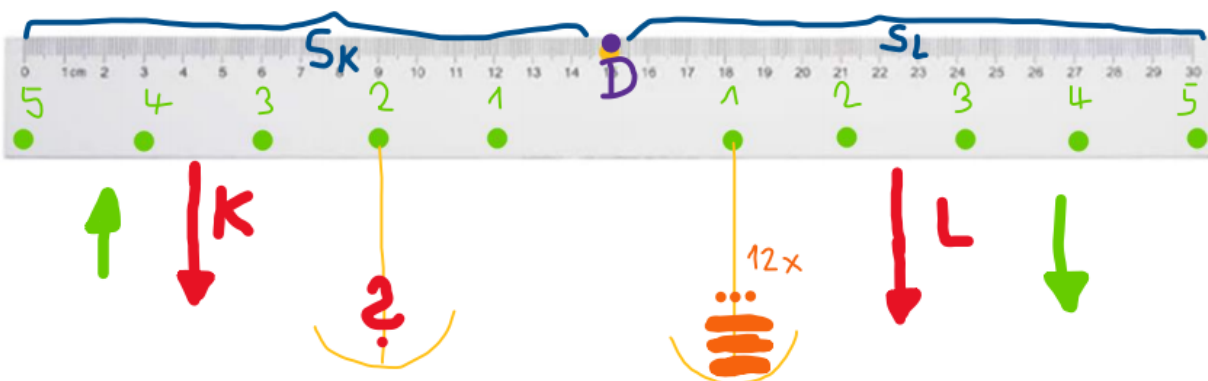
Wenn man weniger Kraft brauchen will, muss man den Weg (den Hebelarm) verlängern.

Je länger der Weg, desto weniger Kraft braucht man.

Je kürzer der Weg, desto mehr Kraft braucht man.

Oder kurz ausgedrückt: **„Arbeit ist Kraft mal Weg,“**

32 / 86



Nun experimentiere mit Deiner Balkenwaage:

Versuche, mit Deinen Gewichten verschiedene Möglichkeiten herzustellen, so dass Deine Waage immer ein Gleichgewicht der Gewichte, bzw. Kräfte ist.

Lass dabei die 12 Münzen auf der rechten Seite immer bei Loch 1 hängen und wechsle nur an der linken Seite die Waagschale an den Löchern und die Anzahl der Geldmünzen aus.

Versuch	Versuchsname
Versuchsaufbau	
Versuchsdurchführung	
Versuchsbeobachtung	
Fazit-Erkenntnis	



Aufgaben (siehe auch Aufgabenblatt):

1. Wie viele Münzen braucht es am Kraftarm bei Loch 2 links, um die Waage ins Gleichgewicht zu bringen?
2. Wie viele Münzen braucht es bei Loch 3 links?
3. Wie viele Münzen brauchte es bei Loch 4 links?
4. Wie viele Münzen bräuchte es bei Loch 5 links?

Was kann man als allgemeine Rechenregel für die Herstellung des Gleichgewichts formulieren?

Falls Du keine Balkenwaage bauen konntest, kannst Du dir das folgende Versuchsvideo ansehen und beantwortest dann ebenfalls die obigen Aufgaben:

34 / 86



## V7b Stockdrücken

Das „Stockdrücken“ funktioniert ganz ähnlich wie das Armdrücken. Hier geht es aber nicht darum, wer gewinnt, sondern darum, dass Du nachvollziehen kannst, wie die Kräfte wirken und was mit dem Stock passiert.

Du benötigst dazu ein:e Partner:in und einen möglichst geraden Stock (oder ein Aststück), der nicht zu lang (ca. 30-60cm) und nicht zu dick sein darf (max. 1cm Durchmesser).

Setzt Euch wieder zu zweit gegenüber, beide Ellbogen auf eine Tischfläche, jeweils die rechte oder linke Hand schräg nach oben haltend. Dieses Mal fasst Ihr euch nicht an den Händen, sondern nehmt den Stock in die Hand. Jede:r hat also eine Hand am Stock. Nun dreht ihr mit Eurer Hand nach unten, d.h. mit der rechten Hand gegen den Uhrzeigersinn (mit links mit dem Uhrzeigersinn).

Es geht bei diesem Experiment nicht darum, zu gewinnen, sondern möglichst viel Kraft auf den Stock auszuüben. Deshalb dreht kräftig gegen den Widerstand an und lasst nicht zu schnell los.

Was könnt Ihr am Stock bemerken?

Versuch ...	Versuchsname
Versuchsaufbau	
Versuchsdurchführung	
Versuchsbeobachtung	
Fazit/Erkenntnis	



45 / 86

## Erkenntnisse aus V7a und V7b Der Wellhebel

Am Wellhebel kann man erleben, was das Sprichwort „man sitzt am kürzeren Hebel“ bedeutet. Hier muss viel mehr Kraft aufgebracht werden, ähnlich wie beim Armdrücken.

Leider kann dieser Versuch zuhause nicht nachgemacht werden, da es dafür die abgebildete Spezialvorrichtung bräuchte. Mit dem Versuch „Stockdrücken“ kannst Du aber nachvollziehen, was beim Wellhebel mit dem eingeklemmten Stock (der Wellachse oder der Drehachse) geschieht.

Hebelkräfte können auch auf eine längere Achse oder „Welle“ ausgeübt werden. Die Achse (Welle) ist in diesem Fall der auseinandergezogene Drehpunkt, bzw. eine Drehachse von zwei „halben“ Hebeln.

Dreht man den kurzen Hebel gegen den Uhrzeigersinn und den langen Hebel mit dem Uhrzeigersinn (oder umgekehrt) gegeneinander, so „verdrillt“ sich die Holzwelle dazwischen, sie gerät unter Spannung. Drückt man zu stark, so würde das Holz in der Mitte irgendwann unter der großen Spannung, bzw. Belastung reißen.



46 / 86

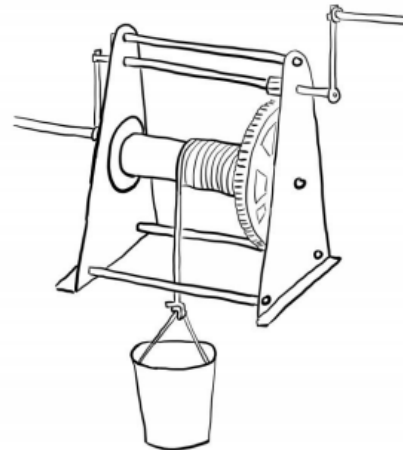
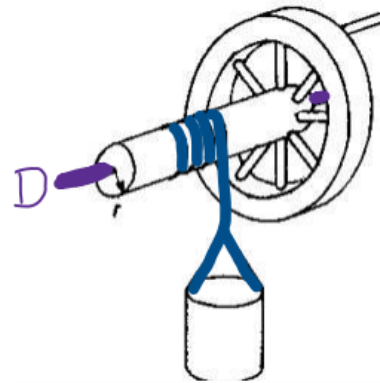


# Das Wellrad

Was Du am Fahrrad beobachten konntest, ist ein Kraftübertragungsprinzip oder eine Kraftwandlung, dass die Menschen schon seit Jahrtausenden nutzen: Das Prinzip des Wellrads.

Mit ihm wurden früher zum Beispiel Brunnen betrieben. Ein großes hölzernes Rad, an dem ein Hebel befestigt war (Kraftarm), zog über eine bewegliche Achse (Drehpunkt, bzw. Drehachse) mittels eines langen Seils (Lastarm) einen schweren wassergefüllten Eimer relativ leicht nach oben.

Beim Abrollen verteilt sich die Kraft über die ganze Rolle (sogenannte Drehtrommel), auf der das Seil das Rad berührt. Beim Auf- und Abwickeln über der Trommel verteilt sich also die Kraft auf eine längere Strecke (Hebelarm, blau markiert).



49 / 86

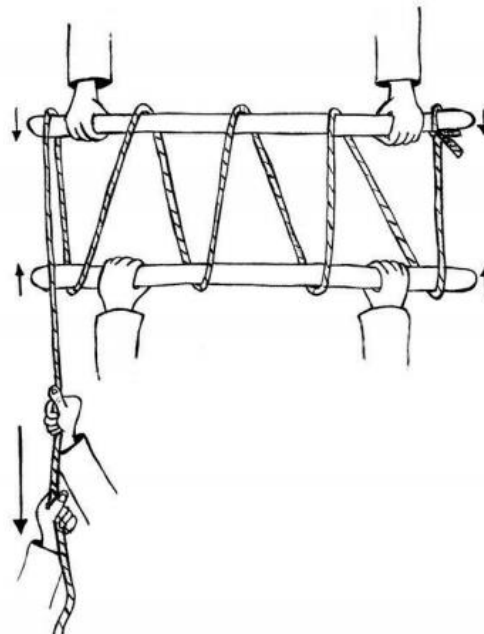


## V9b: Seilzug

Für diesen Versuch benötigst Du zwei Personen, die Dir helfen, 2 Stöcke (es können auch Besenstiele sein, an denen noch die Besen dranhängen) und ein Seil oder eine dickere Schnur von mindestens 1,5 Metern).

Jeweils eine Person hält einen Stock mit beiden Händen fest. Die beiden Stöcke werden im Abstand von ca. 30cm parallel zueinander gehalten. Nun bindest Du das Seil (oder die Schnur) an einem Stockende fest. Dann windest Du das Seil wie auf dem Bild um die beiden Stöcke herum. Danach nimmst Du das lose Seilende in die Hand und ziehst daran. Die beiden Haltenden versuchen mit ihrer Kraft ihre Stellung zu halten.

Was kannst Du beobachten?



Versuch	Vorbereitung
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	



54 / 86



## V10a: Versuchsvideo Feste Rolle

Die folgenden Versuchsvideos sind in englischer Sprache. Man muss aber kein Englisch verstehen, um zu verstehen, was gezeigt werden soll. „Single pulley“ bedeutet: eine einzelne Rolle, die befestigt ist, auf deutsch: Feste Rolle. Wenn Dich der Ton bei der Beobachtung stört, so schalte ihn aus.

Mache Dir von den folgenden 4 Versuchen jeweils eine Versuchsbeschreibung und eine Skizze!



Versuch ...	Versuchname
Versuch ...	
Versuch ...	
Versuch ...	
Versuch ...	
Versuch ...	
Versuch ...	



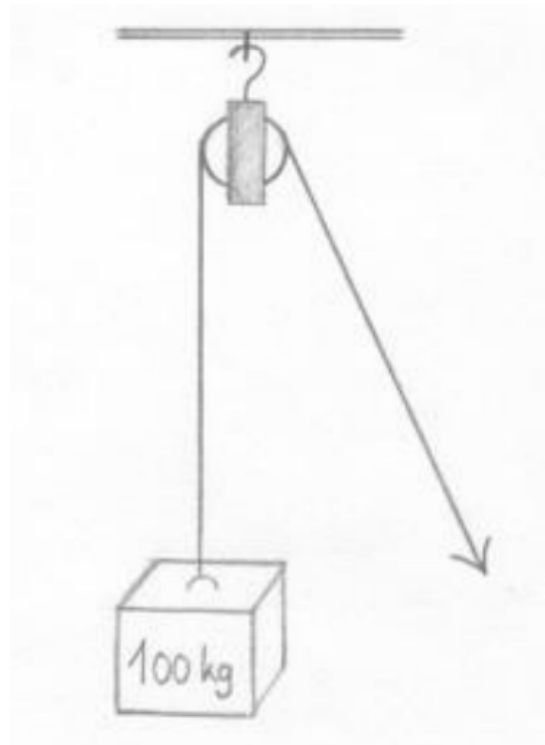
58 / 86

## Erkenntnis Feste Rolle

Eine feste Rolle (d.h. eine Rolle, die an einer Halterung befestigt ist und nicht beweglich ist) hat eine Kraft-Last-Übersetzung von 1:1 (bzw. in der Realität sogar noch schlechter wegen des Reibungswiderstands an der Rolle).

Hochziehen fällt nur deshalb etwas leichter, weil man von unten ziehen kann.

Kraft-Last-Übersetzung: 1:1

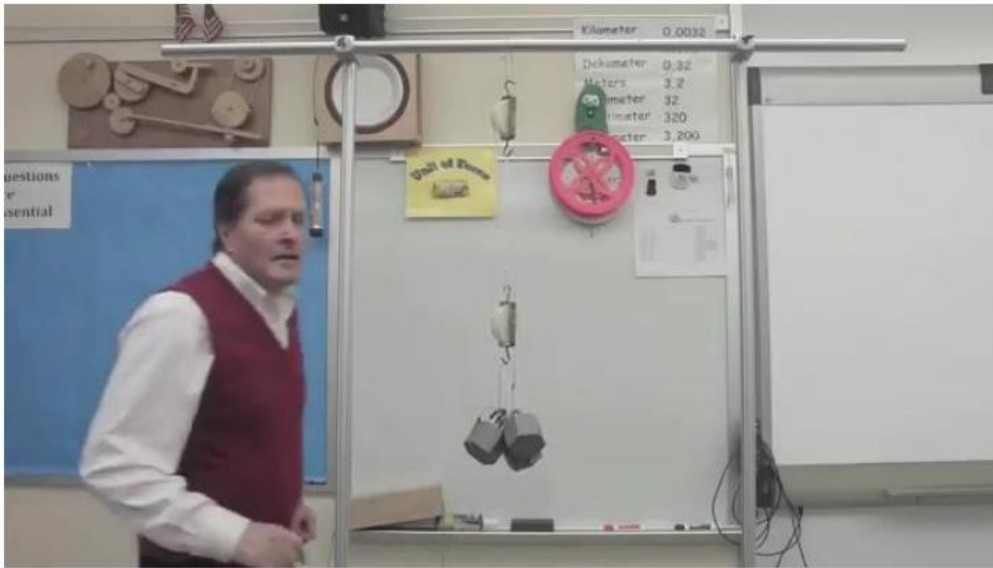


59 / 86





## V10c: Versuchsvideo Flaschenzug mit 4 Rollen



Versuch ...	Versuchsname
Versuchs- stoff	
Versuchs- durchführung	
Versuchs- beobachtung	
Frage- Erkenntnis	



62 / 86

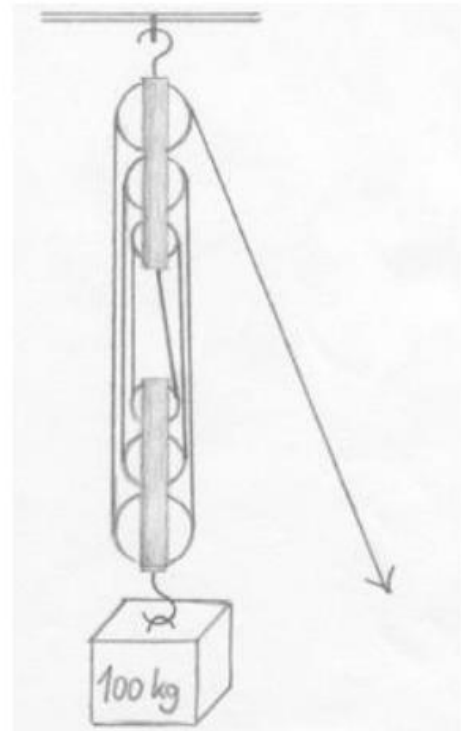
## Erkenntnis Flaschenzug mit 6 Rollen

Ein Flaschenzug erleichtert das Anheben von großen Gewichten, weil er die Last auf mehrere „Schultern“, soll heißen Seile verteilt. Die Kraftersparnis richtet sich danach, auf wie viele Tragseile sich das Gewicht verteilt.

Ein Flaschenzug mit 6 Rollen hat 6 tragende Seile. Die Last verteilt sich gleichmäßig auf die Seile, so dass zum Heben der Last nur  $\frac{1}{6}$  der Kraft aufgewendet werden muss.

Soll eine Last um 10 cm gehoben werden, so ist die Strecke, die das freie Seilende gezogen wird, 60 cm.

Kraft-Last-Übersetzung: 6:1



65 / 86



## V11a: Kiste

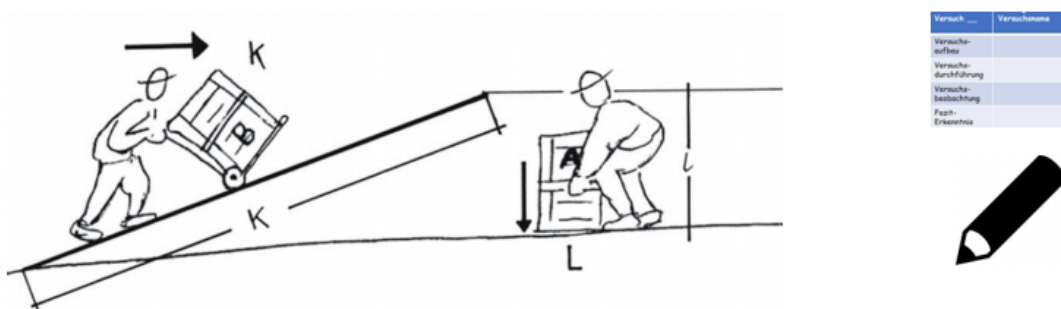
Du benötigst eine schwere Last (Kiste, Karton o.a.), eine Schubkarre, Sackkarre, ein Skateboard oder einen anderen rollbaren Untersatz) ein längeres Brett und eine Erhöhung (z.B. einen Absatz, einen Tisch oder zwei drei Treppenstufen) von ca. 50-70cm. Solltest Du kein längeres Brett zur Verfügung, so benutze eine kleine schräge Böschung oder einen schiefen Abhang draußen vor dem Haus.

1. Hebe die Kiste mit beiden Armen an und stelle sie direkt auf die Erhöhung, bzw. den Absatz.

2. Lege das Brett auf den Absatz, stelle die Kiste auf eine Schubkarre (oder anderen rollbaren Untersatz) und schiebe die Kiste das Brett, bzw. die Schiefe Ebene hinauf.

Was kannst Du feststellen?

Wie unterscheiden sich Kraftaufwand, Wegstrecke und Zeitaufwand voneinander?



68 / 86



## V12a: Fahrrad 2

Hierzu brauchst Du wieder ein Fahrrad mit einer Gangschaltung wie in Versuch 8 mit Kettenschaltung und mehreren Zahnradern vorne und hinten.

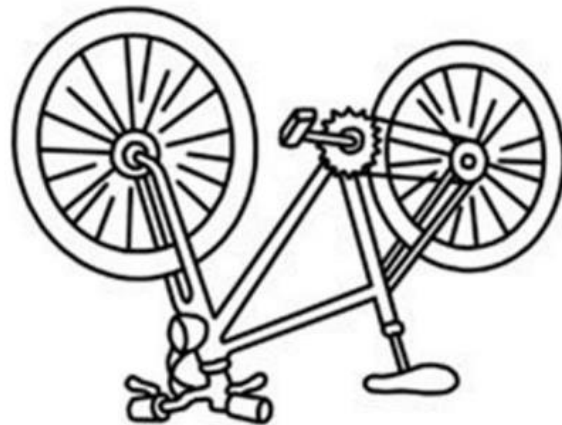
Dreh das Fahrrad auf Sattel und Lenker um, so dass Du die Zahnräder und die Kette gut vor Augen hast.

Mache Dir mit einem Eddingstift oder farbigen Aufklebern Markierungen oben an die vorderen und hinteren Zahnradseiten.

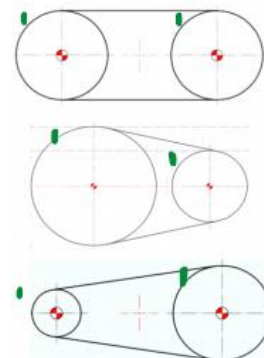
Nun lege nach und nach wieder die 3 Gangstellungen ein, die es benötigt, um auf der Ebene zu fahren, den Berg hinauf und hinunter zu fahren.

Drehe nun langsam mit der Hand am Pedal und beobachte, wie oft sich das vordere Zahnrad im Verhältnis zum hinteren bewegt. Drehe in jeder der 3 Stellungen so lange, bis beide Markierungen gleichzeitig wieder oben angekommen sind und notiere Dir das Zahlenverhältnis. Versuche möglichst, immer mit derselben Geschwindigkeit zu drehen.

Beschreibe den Versuch und notiere Dir die Zahlenverhältnisse. Fertige eine Skizze (siehe rechts) an, in die Du die Zahlenverhältnisse einträgst.



Versuch ...	Versuchsmittel
Versuchsziel	
Versuchsdurchführung	
Versuchsbeobachtung	
Fazit-Erkenntnis	



73 / 86





## V13a: Zahnräder 1 (optional)

Versuch ...	Versuchstafel
Versuchs- aufbau	
Versuchs- durchführung	
Versuchs- beobachtung	
Fazit- Erkenntnis	



Sieh Dir folgendes Video über Zahnräder und ihre Kraftübertragungsverhältnisse an und versuche die Zusammenhänge von Zahnradgröße, Zahnradanzahl, Geschwindigkeit und dem Kraftübertragungsverhältnis, bzw. dem Übersetzungsverhältnis zu verstehen. Fertige ein Zeichnung des gelben, roten und blauen Zahnrades an und schreibe die Übertragungsverhältnisse dazu.

### Übersetzungshilfe:

direction = Richtung

clockwise = Uhrzeigersinn

counterclockwise = gegen Uhrzeigersinn

driver Gear = antreibendes Zahnrad (Antrieb)

driven Gear = angetriebenes Zahnrad (Abtrieb)

number of teeth = Anzahl Zahnräder

diameter = Durchmesser

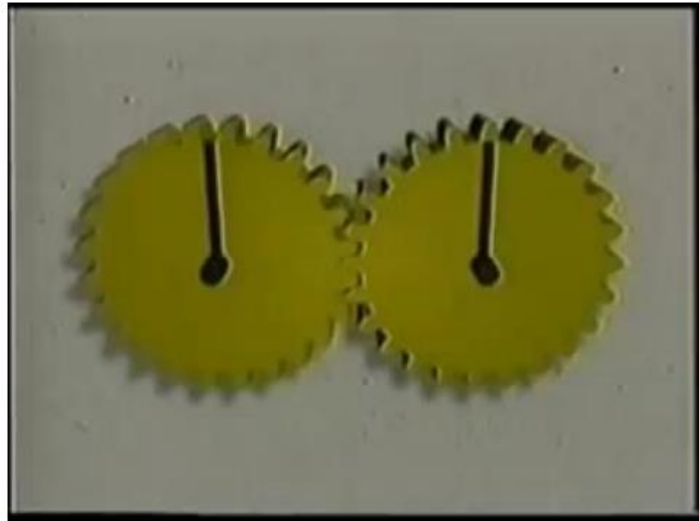
radius = Radius

twice the teeth - half the speed = doppelte  
Anzahl Zahnräder - halbierte Geschwindigkeit

10 RPM (10 revolutions per minute) =  
10 Umdrehungen pro Minute

gear ratio = Kraftübertragungsverhältnis/  
Übersetzungsverhältnis

gear train = Räderwerk



76 / 86

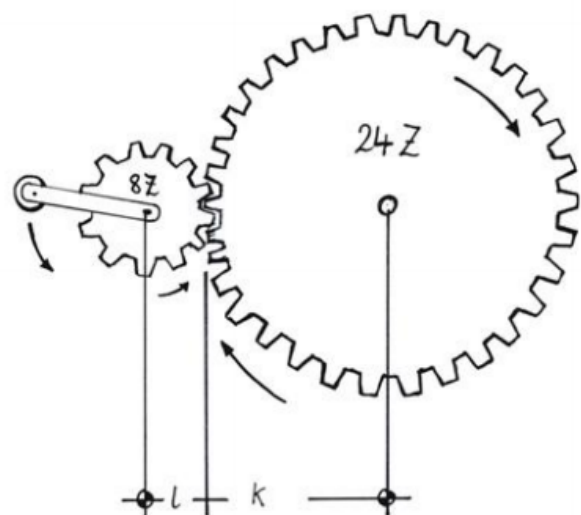
## Erkenntnisse aus V12a, V12b und V12c Zahnräder

Auch Zahnräder können eine kraftverstärkende Wirkung haben, da sie ebenfalls Hebel sind. Man nennt sie auch **Kraftwandler**.

Bei Zahnrädern liegen die gleichen Verhältnisse vor wie bei riemengetriebenen Rädern (Transmission), die Drehrichtungen der beiden Räder sind jedoch verschieden. Es bleibt die Regel bestehen:

**Wer am kleinen Rad dreht, kann das große Rad mit mehr Kraft drehen als der, der am großen dreht, und umgekehrt.**

Vorausgesetzt sind wieder zwei gleich lange Hebel, also gleicher Abstand der Griffe von den Achsen. Das kleine Rad hat eine Kurbel, die so lang ist wie der Radius des großen Rades. Das Kräfteverhältnis lässt sich in diesem Fall an den Zähnen abzählen: Hat das kleine Rad 8 Zähne und das große 24, so ist die Kraft an den Zähnen des großen Zahnrades dreimal so stark wie die Kraft an der Kurbel.



79 / 86

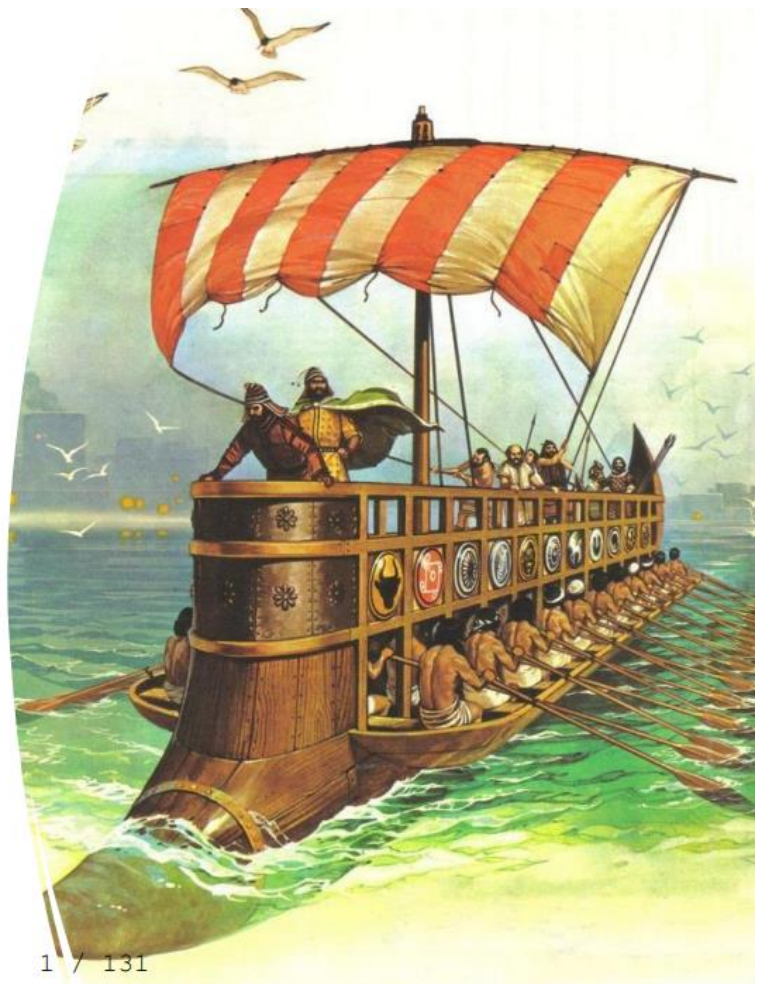


# Physik 4

## Klasse 8

# MECHANIK

## Hydro- und Aeromechanik



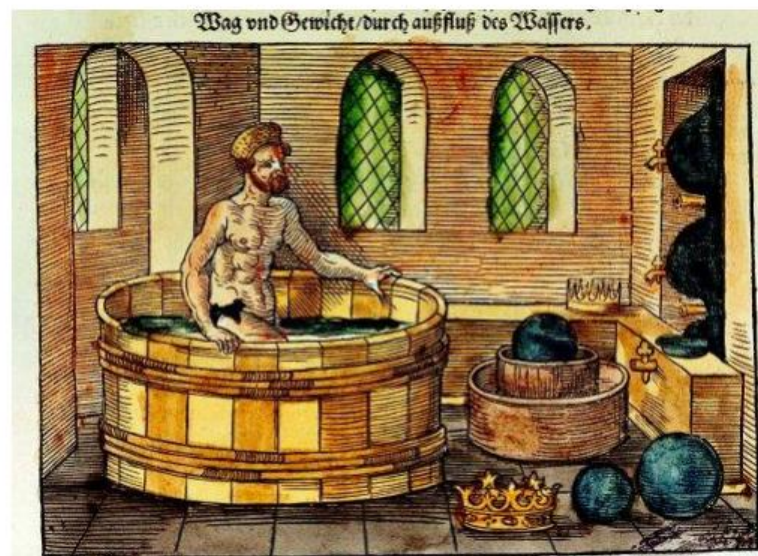
## Hydromechanik (Mechanik der Flüssigkeiten)

Vielleicht hast Du schon einmal etwas vom archimedischen Prinzip gehört?

Archimedes? Das war doch der griechische Entdecker und Wissenschaftler aus der Mechanik der 7.Klasse?

Der behauptet hatte, mit dem richtigen Standpunkt könne man die Welt aus den Angeln heben... und der das Hebelgesetz entdeckt hat.

Richtig, aber auch in Bezug auf die Mechanik der Flüssigkeiten (Hydro-) und Gase (Aero-) hat er Wichtiges erforscht. Seine größte Entdeckung machte er dabei angeblich beim Baden. Aber davon später...





# V1: Eierglas

Du benötigst ein Glas, Wasser, Salz, einen Löffel und ein rohes Ei.

Fülle das Glas nicht ganz zum Rand mit Wasser.

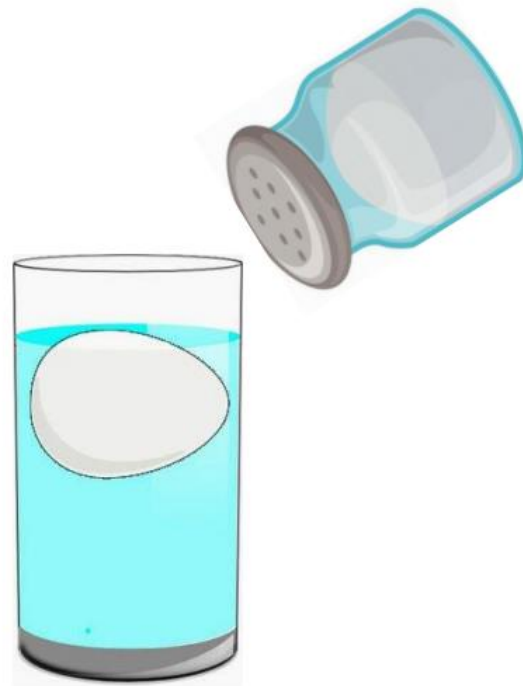
Nimm das Ei und lege es vorsichtig ins Glas.

Was passiert?

Nun nimmst Du Salz und schüttest es vorsichtig in das Glas mit dem Ei und verrührst es mit dem Löffel.

Wenn noch nichts im Glas geschieht, dann musst Du noch mehr Salz nachschütten.

Was passiert mit dem Ei?



Versuch	Versuchsmittel
Versuchs-aufbau	
Versuchs-durchführung	
Versuchs-Beobachtung	
Fazit-Erkenntnis	

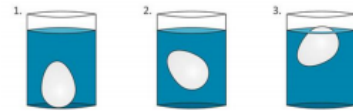


4 / 131

## Das Fazit oder die Erkenntnis

(die Erklärung WARUM es so ist)

nach dem Versuch und der Versuchsbeschreibung



Nach der Versuchsbeschreibung folgt noch der nächste und wichtigste Schritt:

Warum ist das so passiert und nicht anders? Welche Erklärung gibt es dafür?

Welche Erkenntnis, welches Fazit ziehen wir aus dem Versuch?

Aus Versuch 1 und muss also folgendes Fazit gezogen werden.

Versuch 1	Eierglas
Versuchs-aufbau	Wir nahmen ein Glas, Wasser, ein rohes Ei, Salz und einen Löffel.
Versuchs-durchführung	1. Wir füllten das Glas nicht ganz bis zum Rand mit Wasser. Dann legten wir das Ei ins Wasserglas. 2. Wir füllten in das Wasserglas mit dem Ei Salz und rührten es im Wasser um. Wir schütteten Salz nach und rührten um.
Versuchs-Beobachtung	1. Wir sahen, dass das Ei im Wasserglas auf den Boden sank. 2. Als wir Salz ins Wasserglas schütteten, stieg das Ei etwas an und schwebte im Wasser. Als wir noch mehr Salz zugaben, schwamm das Ei an der Wasseroberfläche.
Fazit-Erkenntnis	Das Ei sinkt im Glas zu Boden, weil es schwerer als das Wasser ist. Je mehr Salz im Glas aufgelöst wird, desto schwerer wird das Wasser und desto besser trägt es auch schwerere Körper.  Ähnlich ist es beim Baden im Meer: legt man sich im Meerwasser ganz flach auf die Wasseroberfläche, dann schwimmt es sich leichter als auf der Wasseroberfläche eines Sees oder des Schwimmbads. Im Toten Meer kann man sich sogar auf das Wasser legen, ohne Schwimmbewegungen ausführen zu müssen  In der Fachsprache sagt man: Seine Dichte nimmt zu. Irgendwann hat das Salzwasser eine größere Dichte als das Ei. Es lässt sich nicht mehr von dem Ei verdrängen. Das Wasser trägt das Ei: Es schwimmt.

6 / 131



## Erkenntnisse zur Formkraft des Wassers (V2a-V2d)

Immer, wenn es seine Umgebung erlaubt, möchte das Wasser eine Kugel, den vollkommensten Körper, schaffen, sei es im Kleinen als Wassertropfen, sei es im Großen wie in den Weltmeeren. Das Wasser ist bestrebt, an seiner Oberfläche immer eine horizontale (ins Unendliche gedacht: kugelförmige) Ebene zu bilden. In einem Tropfen Wasser oder einer größeren Menge wirkt die sogenannte Oberflächenspannung.

Die das Wasser zusammenhaltenden Kräfte werden **KOHÄSIONSKRÄFTE** genannt.

Kohäsionskräfte geben allen Körpern ihre feste Gestalt, nicht nur dem Wasser.

In Flüssigkeiten wirken die Kohäsionskräfte weniger stark als in festen Körpern (Holz, Gestein, Metall...), daher sind sie auch freier und beweglicher und können sich ihrer Umgebung anpassen (z.B. den verschiedenen großen und engen Röhren). In Luft, bzw. Gasen wirken keine Kohäsionskräfte, die die Stoffe zusammenhalten



15 / 131

## Versuchsvideo 3b Umgekehrter Siphon

### Materials:

- Flexible straws
- Scissors
- Electrical tape
- Tall glass or container
- Short glass or container
- Water
- Modeling clay\*

\*only required if you do not get a good seal with the electrical tape



20 / 131





# V3c: Kommunizierende Röhre

Im folgenden Versuch wird eine Flüssigkeit (gefärbtes Wasser) in einen gläsernen Trichter geschüttet. Der Trichter ist unten über eine durchgehende Glasröhre mit anderen Glasgefäßen verbunden: einem kugelförmigen, ein dickbauchigem, einem schmalen und einem schrägen Glas.

Bevor Du dir den Versuch auf der folgenden Folie ansiehst, überlege zuerst, wie das Experiment ausgeht:

In welchem der 5 Glasgefäße steigt das Wasser am höchsten? Im Trichter, weil dort das Wasser eingefüllt wird, im dickbauchigen, weil dort am meisten Wasser hineinpasst, am schmalsten, weil dort wenig Wasser am höchsten steigt oder im schrägen Glas, weil dort das Wasser am leichtesten hinkommt? Schreibe Dir deine Überlegung und Begründung auf.

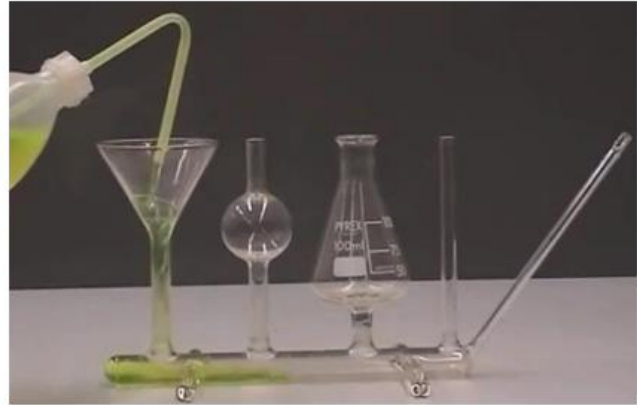
Erst danach sieh Dir das Versuchsvideo an.

Beobachte gut und fertige eine Versuchsbeschreibung und eine Versuchsskizze an.

Hast Du das Ergebnis vorausgeahnt oder gar gewusst?

Bist Du überrascht?

Warum verläuft das Experiment so und nicht anders?



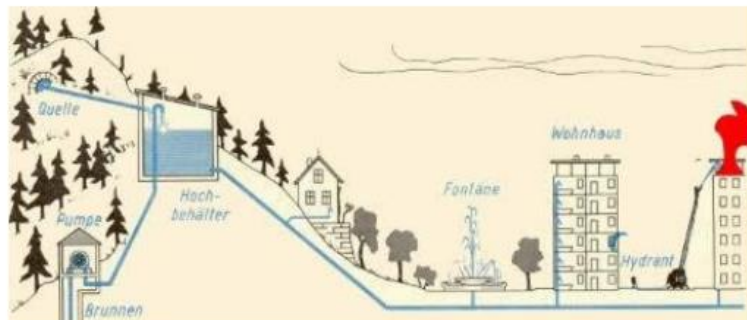
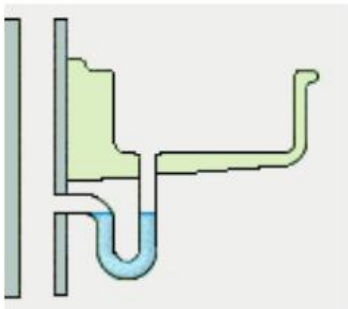
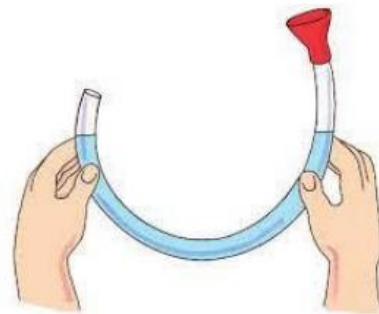
Versuch ...	Versuchname
Versuchs- zweck	
Versuchs- durchführung	
Versuchs- beobachtung	
Fazit- Erkenntnis	



22 / 131

## Erkenntnisse aus 3a, 3b und 3c Magisches Papier, Siphon und Röhre

In einer Röhre oder einem Schlauch versucht das Wasser immer, an beiden Enden den gleichen Wasserstand zu halten. Man nennt dies auch das Prinzip der sprechenden oder kommunizierenden Röhre. Unsere Trinkwasserversorgung aus dem Wasserhahn funktioniert ebenfalls nach dem „Prinzip der kommunizierenden Röhren“.



25 / 131



## V5b: Springbrunnen

Du benötigst eine 1-2l durchsichtige Plastikflasche (ohne Deckel), einen Reißnagel oder eine Schere, ein Klebeband, eine Plastikwanne oder ein Abwasserbecken und Wasser.

1. Nimm den Reißnagel oder die Schere und stecke in eine Seite der Plastikflasche 3 gleichgroße Löcher, eine relativ weit unten, eine in der Mitte und eine relativ weit oben. Klebe diese Löcher mit jeweils einem Stück Klebeband wieder zu.

Stelle die Flasche in eine Seite der Wanne (mit den Löchern zur anderen Seite) und fülle sie bis oben mit Wasser auf.

Entferne nun rasch nacheinander die 3 Klebebandstücke.

Was kannst Du beobachten?

2. Wiederhole den Versuch mit einer zweiten kleineren oder größeren Flasche.

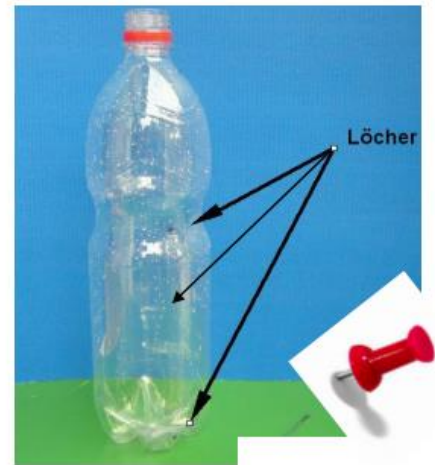
Hat die Größe der Flasche eine Auswirkung auf das Ergebnis des Versuchs?

3. Vergrößere die Löcher und wiederhole den Versuch.

Hat die Größe der Löcher Auswirkungen auf das Ergebnis?

Hast Du eine Vermutung, warum dies so ist?

Vorbereitung	Vorbereitung
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	



35 / 131

## Erkenntnisse V5a-5b

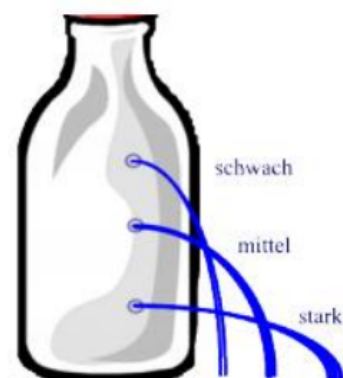
Wenn ein Gewicht auf die Erde drückt, dann übt es Kraft auf die Erde aus. Wenn eine Kraft auf etwas ausgeübt wird, dann ist das Druck.

Wasser kann auch Druck ausüben. Es kann auch seitlich Druck ausüben.

### Wasserdruck im ruhenden Wasser

Stehendes Wasser in einer Flasche, in einem Becken oder auch in einem See bewirkt einen Wasserdruck. Dieser Wasserdruck ist abhängig von der Tiefe des Wassers oder etwas genauer: der Wasserdruck ist umso größer, je höher die darüber liegende Wasserschicht ist. Diesen mit der Wassertiefe zunehmenden Wasserdruck kennen und spüren die Taucher. Je größer der Wasserdruck ist (entsprechend der Höhe der darüber liegenden Wasserschicht), umso schneller spritzt das Wasser aus dem Loch. Man nennt dies die Ausströmungsgeschwindigkeit. Der zu Beginn horizontale Wasserstrahl senkt sich immer mehr, bis er auf den Boden auftrifft. Diese schöne gekrümmte Kurve nennt man eine Parabel; es ist eine Flugparabel oder eine Wurfparabel. Es gelten die folgenden Regeln:

1. Je höher die darüber liegende Wasserschicht ist, umso größer ist der Wasserdruck. Der Wasserdruck nimmt mit der Tiefe zu.
2. Der Durchmesser der Flasche hat keinen Einfluss auf den Wasserdruck.
3. Je größer der Wasserdruck ist, umso größer ist die Ausströmungsgeschwindigkeit des Wasserstrahls.
4. Je größer der Druck und die Ausströmungsgeschwindigkeit sind, umso flacher ist die Flugparabel des Wasserstrahls.
5. Je größer der Druck und die Ausströmungsgeschwindigkeit sind, umso weiter spritzt der Wasserstrahl.
6. Die Größe des Loches (Durchmesser des Loches) hat keinen Einfluss auf die Ausströmungsgeschwindigkeit, die Form der Flugparabel und die Spritzweite.



37 / 131

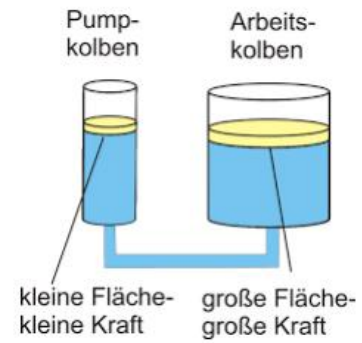


# Hydraulische Systeme

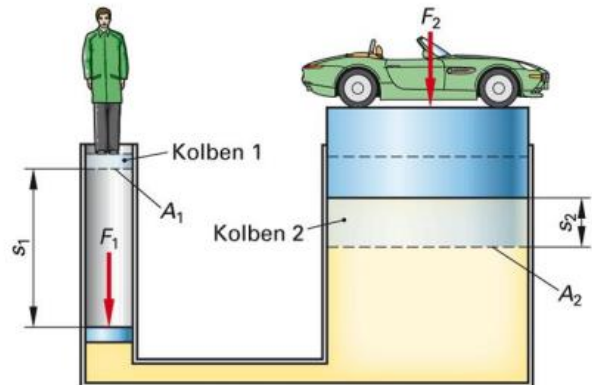
Vorrichtungen, bei denen Kräfte mit Hilfe von Flüssigkeiten (oft Ölen) übertragend verstärkt werden, nennt man hydraulische Systeme.

Beispiele für solche Systeme sind der Wagenheber und die Bremsanlage eines Autos. Auch Bagger, Planiertrauen und Schaufelader arbeiten mit solchen Systemen.

Hydraulische Systeme verändern Angriffspunkt, Richtung und Stärke einer Kraft, deshalb sind sie wie der Hebel Kraftwandler.

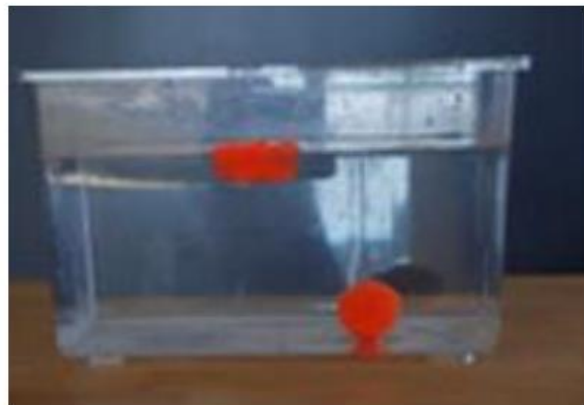


Die angewandte Kraft auf den Kolben setzt das Wasser unter Druck. Je kleiner der Kolben (d.h. die Fläche, auf die sich der Druck verteilt), desto größer der Druck.



49 / 131

## Beobachtungen V8b: Knete



1. Beide Knetkugeln sinken.
2. Die Knetkugel geht unter, das Knetboot schwimmt auf dem Wasser.

57 / 131



# Erkenntnisse aus V8c Ballon

Man kann dies verschieden erklären:

1. Mit der Gewichtskraft oder Abtriebskraft und der Auftriebskraft:

Die Gewichtskraft oder Abtriebskraft des roten, mit Luft gefüllten Ballons ist am geringsten. Sie schafft es nicht, ins Wasser einzudringen. Die Auftriebskraft des Wassers ist zu groß.

Die Gewichtskraft oder Abtriebskraft des grünen mit Wasser gefüllten Ballons ist deutlich größer. Er dringt deshalb deutlich ins Wasser ein. Er dringt genau so tief ein, dass sich Gewichtskraft und Auftriebskraft ausgleichen.

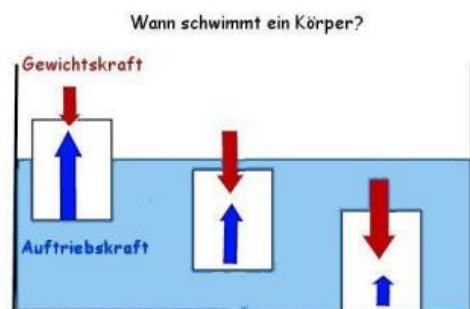
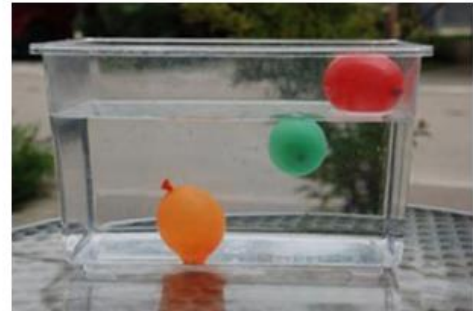
Bei dem orangenen, mit Steinen gefüllten Ballon erhöhen die Steine die Gewichtskraft oder Abtriebskraft derart, so dass er auf den Boden sinkt. Die Auftriebskraft des Wassers reicht nicht aus.

2. Mit dem Dichtebegriff kann man das so erklären:

Der grüne Ballon hat nahezu eine vergleichbare Dichte wie Wasser, weil er ebenfalls mit Wasser gefüllt ist. Das Gummi des Ballons verringert die Dichte minimal, fällt aber kaum ins Gewicht.

Der rote Ballon hat die geringste Dichte und ist weniger dicht als Wasser.

Der orangene Ballon hat die höchste Dichte und ist dichter als Wasser.



61 / 131



## V9a: Marmeladenglas

Du benötigst eine möglichst transparente Wasserwanne, Kreppband (oder einen anderen Klebestreifen), 1 Stift, ein volles, ungeöffnetes Marmeladenglas und ein leeres, gleichgroßes Marmeladenglas mit Deckel (oder zwei andere gleichgroße Gefäße, eins gefüllt und eins leer) und eine leere Plastikflasche mit Deckel.

Klebe auf einer Seite der Wasserwanne einen Klebestreifen von unten nach oben und markiere den Wasserstand als Strich mit einem Stift.

1. Lasse zuerst das volle Marmeladenglas ins Wasser. Markiere mit dem Stift einen Strich auf dem Klebestreifen nun den Wasserstand und schreibe eine 1 dazu. Anschließend entfernst Du das volle Marmeladenglas

2. Lasse nun das leere Marmeladenglas „zu Wasser“ und markiere auch hier den neuen Wasserstand mit dem Stift auf dem Klebestreifen.

3. Nun lässt Du die leere Plastikflasche zu Wasser. Gib es hier einen neuen Wasserstand zu markieren?

4. Drücke nun die leere Wasserflasche mit Kraft auf den Wannenboden. Markiere den Wasserstand. Dann lässt Du die Flasche schnell los!

Was kannst Du beobachten?

Warum ist das so?



Verlauf	Vermerk
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	
Vorbereitung	



69 / 131

# Beobachtung zu V9e Schiff

Das leere Schiff schwamm auf dem Wasser. Es sank kaum ins Wasser ein.

Nachdem ein Stein in das Schiff gelegt wurde, schwamm das Schiff immer noch gut. Es sank ein bisschen mehr ein.

Bei jedem Stein mehr sank das Schiff ein Stück tiefer ins Wasser ein.

Es konnten insgesamt \_\_\_ Steine (individuelle Lösung) ins Schiff geladen werden, ohne dass das Schiff versank. Allerdings sank es bei jedem Stein noch tiefer ein.

Mit jedem Stein stieg die Gewichtskraft, bzw. Erdanziehungskraft, bzw. Schwerkraft des Bootes.

Irgendwann war die Gewichtskraft der Steine so groß, dass das Boot gekentert und auf den Grund der Wanne gesunken ist.



Versuch ...	Versuchsmenge
Versuchsaufbau	
Versuchsdurchführung	
Versuchsbeobachtung	
Fazit/Erkenntnis	



82 / 131

## Erkenntnisse aus V9e Schiff

Schiffe verdrängen Wasser und erhalten dadurch Auftrieb.

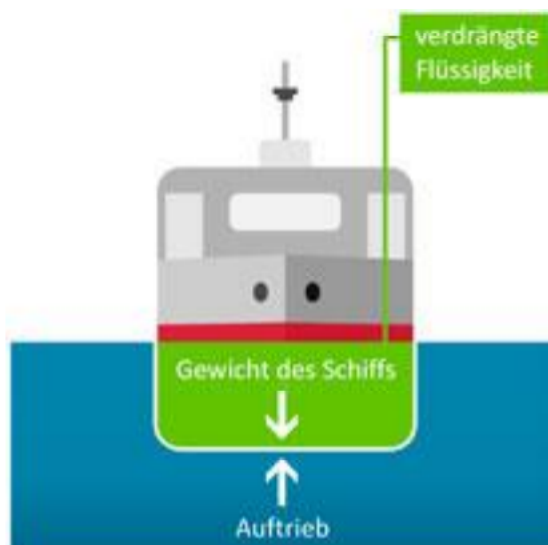
Ein Schiff taucht so tief ein, bis es genügend Wasser für ausreichend Auftrieb verdrängt hat.

Das funktioniert aber nicht unendlich - hat ein Schiff zu viel Ladung, kann es auch irgendwann sinken.

Interessant wird es, wenn ein Schiff vom Salzwasser (z. B. in der Nordsee) ins Süßwasser wechselt (z. B. in einen Fluss wie die Elbe). Salz- und Süßwasser unterscheiden sich nämlich von ihrer Dichte. Salzwasser hat eine größere Dichte. Was bedeutet das für das Schiff?

Es sinkt im Süßwasser tiefer in das Wasser ein. Es muss nämlich mehr Wasservolumen verdrängen, um auszugleichen, dass die Dichte des Wassers (ohne Salz) geringer ist.

Die Verantwortlichen des Schiffes müssen dies in die Beladung von Anfang an einberechnen, ansonsten droht das Schiff eventuell in dem flacheren Flussgewässer ein Auflaufen.



84 / 131



Demonstrationsvideo 4

## Das Archimedische Prinzip



85 / 131

## Erklärvideo Archimedisches Prinzip



Und hier noch die Auflösung der Geschichte von Archimedes...

87 / 131



# Wie funktioniert ein U-Boot

## Das statische Tauchen

Ein U-Boot besitzt spezielle Tanks, die Ballasttanks (auch Tauchzellen genannt). Wenn diese Tanks mit Luft gefüllt sind, dann verhält sich das U-Boot wie ein normales Schiff, es schwimmt durch den Auftrieb an der Wasseroberfläche. Damit das U-Boot tauchen kann, werden die Ballasttanks mit Wasser gefüllt. Die Dichte des U-Bootes steigt, das U-Boot wird insgesamt schwerer als Wasser - es sinkt.

Um wieder aufzutauchen, wird Luft in die Tanks gefüllt, die das Wasser verdrängen. Die Dichte des U-Bootes wird insgesamt wieder geringer, das Gewicht wird kleiner und es steigt nach oben. Dieses Prinzip kennen wir in der Natur bei Fischen mit einer Schwimmblase.

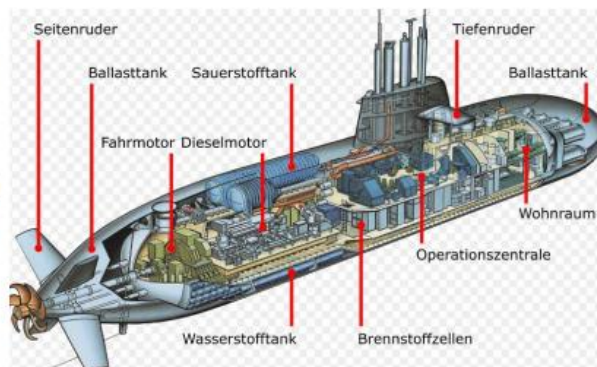
## Das dynamische Tauchen

Ein U-Boot kann durch die Ruder auch dadurch tauchen, indem es Fahrt aufnimmt. Die Ruder sorgen, je nach Stellung, für Ab- oder Auftrieb - das funktioniert ähnlich den Flügeln eines Flugzeugs. Ein U-Boot wird so nach unten (oder oben gedrückt), solange es sich vorwärts bewegt. Fällt der Antrieb aus, dann steigt das U-Boot von allein wieder auf. Diese Art des Tauchens wird "dynamisches Tauchen" genannt.

## Was sind Trimmzellen?

Die Trimmzellen sind im Bug und Heck des U-Bootes angeordnet und sorgen dafür, dass das Boot in einer waagerechten Lage im Wasser bleibt. Wenn das Heck zu weit nach oben ragt, dann wird Wasser in die Trimmzellen am Heck gepumpt und das Boot wird am Bug leichter (der Schwerpunkt verschiebt sich Richtung Heck) und die Lage ändert sich.

Die Luft für die Tauch- und Trimmzellen wird als Pressluft mitgeführt.



91 / 131



## Aeromechanik



93 / 131



## V11b: Zauberglas

Du benötigst eine mit Wasser gefüllte Schüssel, ein Glas, eine leere Teelichthülle und ein Papier.

Zerkrülle das Papier zu einer kleinen Kugel und stopfe diese in die leere Teelichthülle. Dann setzt Du die Hülle mit Papierfüllung auf das Wasser. Nimm nun ein leeres Glas, drehe es mit der Öffnung nach unten und halte es über die schwimmende Teelichthülle mit der Papierkugel.

Nun drücke das Glas mit der Öffnung nach unten bis es auf dem Boden der Schüssel steht. Achte darauf, dass Du das Glas dabei ganz gerade eintauchst.

Beobachte!

Nun nimm das Glas wieder aus der Wasserschüssel heraus (achte wieder darauf, das Glas gerade zu halten) und hole die Papierkugel aus der Teelichthülle heraus.

Was stellst Du fest?

Warum?



Versuch ...	Versuchsweg
Versuche aufbau	
Versuchsdurchführung	
Versuchsbeobachtung	
Fazit-Erkenntnis	

96 / 131



## V12b: Tischtennisball

Du benötigst eine Schüssel, einen Tischtennisball und heißes Wasser.

Du zerdrückst den Tischtennisball an einer Seite, so dass er eingedrückt ist.

Du gießt das heiße Wasser in die Schüssel und legst den Tischtennisball in das Wasser.

Was geschieht?



Versuch ...	Versuchsweg
Versuche aufbau	
Versuchsdurchführung	
Versuchsbeobachtung	
Fazit-Erkenntnis	

102 / 131



# Erkenntnisse zu 14a und 14b

Die Höhe der Wassersäule kann leicht in die Gewichtskraft umgerechnet werden.

1 Meter entspricht etwas dem Druck von  $1\text{kg/cm}^3$  oder 1bar.

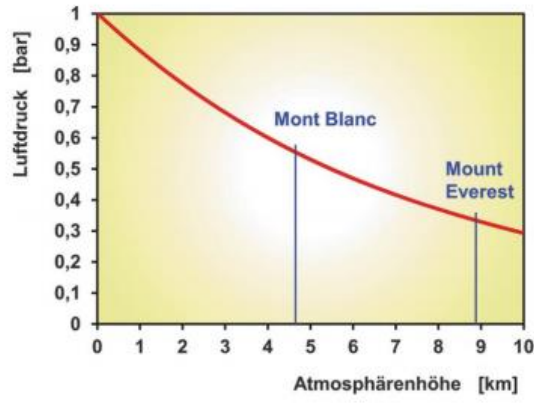
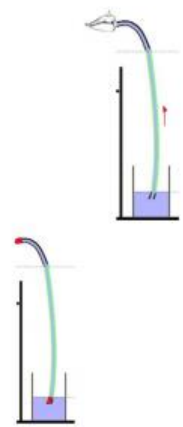
Wenn also die Wassersäule z.B. ca. 4 Meter hoch war, so betrug der Druck auf die Wasseroberfläche im Eimer ca.  $4\text{kg/cm}^3$  oder 4bar.

Wäre der Schlauch mehr als 10 Meter lang, so könnte man nach dem Öffnen des unteren Schlauchendes ablesen, dass die Wassersäule im Schlauch auf genau 9,80 Meter abgefallen wäre.

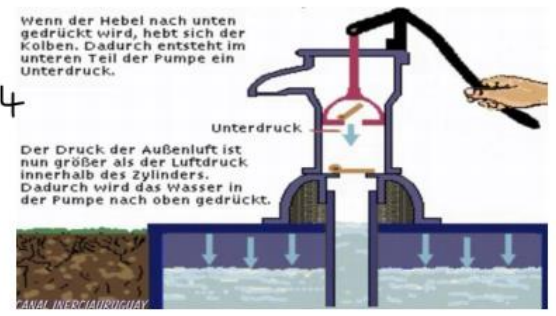
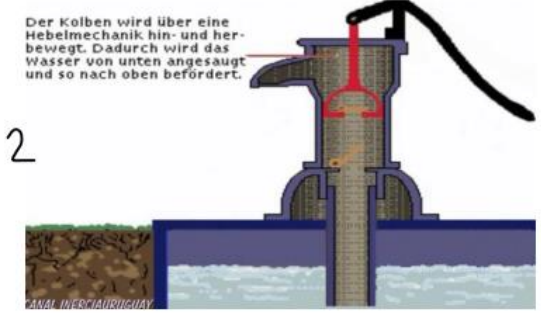
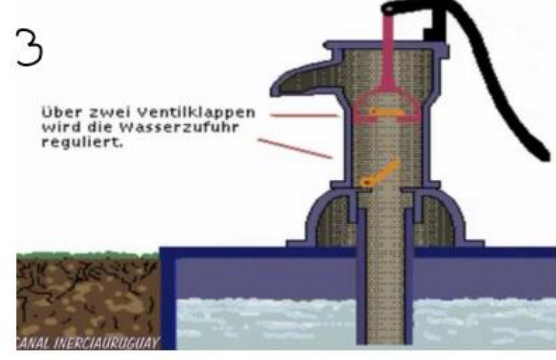
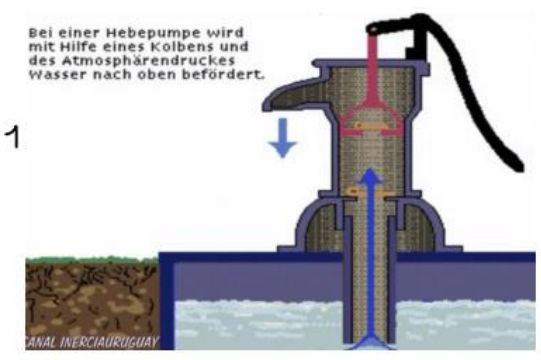
Die Luft drückt also mit  $9,8\text{kg/cm}^3$  oder 9,8bar auf die Wasseroberfläche im Eimer und hält so die Wassersäule im Schlauch (stellt den entsprechenden Gegendruck dar).

Am Meeresspiegel (0 Höhenmeter) trägt das Wasser eine Luftsäule von ca. 10,30m.

Der Luftdruck ist immer etwas schwankend: bei schönem Wetter ist er höher, bei schlechtem Wetter etwas niedriger.



# Wie funktioniert eine Hebepumpe 1







# V17b: Vakuumverpackung

Sieh Dir dieses Versuchsvideo an und beschreibe den ersten Versuch (mit der ersten Flasche). Die weiteren Experimente im Video kannst Du dir noch zum Spaß anschauen.



Versuch ...	Versuchname
Versuchs- aufbau	
Versuchs- durchführung	
Versuchs- beobachtung	
Fazit- Erkenntnis	

125 / 131

## Wie funktioniert ein Flugzeug

### Form der Tragflächen

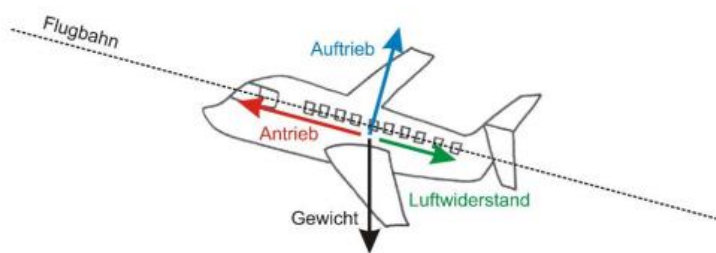
Es ist schon erstaunlich: Ein Flugzeug wie der Airbus A380 wiegt rund 560 Tonnen. Das ist so viel wie 80 Traktoren mit 200 PS zusammen. Trotzdem kann ein Flugzeug abheben und fliegen. Der Grund dafür liegt in der gekrümmten Form der Tragflächen: Die Luft strömt auf der gewölbten Oberseite des Flügels viel schneller als auf der Unterseite. Dadurch entsteht über dem Flügel ein Unterdruck. Experten nennen das den Bernoulli-Effekt.

### An der Luft "kleben"

Durch den Unterdruck entsteht ein starker Sog nach oben. So bekommt das Flugzeug Auftrieb. Man könnte also sagen: Flugzeuge "liegen" nicht auf der Luft unter ihnen, sondern sie "kleben" an der Luft über ihnen. Das funktioniert allerdings nur, wenn das Flugzeug mit der erforderlichen Geschwindigkeit unterwegs ist. Denn ein Flugzeug ist in der Luft noch anderen physikalischen Kräften ausgesetzt.

### Vier Kräfte wirken auf das Flugzeug

Auf ein Flugzeug wirken vier physikalische Kräfte: Die Schwerkraft (Gewicht) zieht es nach unten. Der Auftrieb wirkt nach oben. Der Vortrieb bewegt das Flugzeug vorwärts. Der Luftwiderstand bremst es. Erst wenn der Auftrieb größer als die Schwerkraft ist, hebt das Flugzeug ab. Dafür ist es notwendig, dass die Luft die Tragflächen schnell genug umströmt. Deshalb haben Flugzeuge Propeller oder Düsentriebwerke. Sie sorgen für die notwendige Geschwindigkeit, den sogenannten Vortrieb.



### Warum fliegt ein Flugzeug?

Damit ein Flugzeug fliegen kann, braucht es Auftrieb. Auftrieb entsteht durch Luft, die von vorne um die Tragflächen strömt. Viele Menschen glauben, dass hauptsächlich die Luft, die unter den Tragflächen entlang strömt, das Flugzeug trägt. Tatsächlich ist dies nur bedingt richtig. Die entstehende Kraft unter den Tragflächen macht nur etwa ein Drittel des gesamten Auftriebs aus. Die restlichen zwei Drittel des Auftriebs stammen vom Sog, der an der Oberseite herrscht.

Wie funktioniert das?



130 / 131