

# Schülerübungen zu Kräfte



<b>DER KRAFTBEGRIFF IN DER ALLTAGSSPRACHE</b>	<b>3</b>
<b>KRAFT, EIN EINFACHES KONZEPT</b>	<b>3</b>
<b>KONTAKTKRÄFTE UND FERNKRÄFTE</b>	<b>4</b>
<b>PLASTISCHE UND ELASTISCHE KRÄFTE</b>	<b>5</b>
<b>KONTAKTKRAFT: ELASTISCHE KRAFT</b>	<b>7</b>
<b>FERNKRAFT: GEWICHTSKRAFT</b>	<b>7</b>
<b>DER EFFEKT EINER KRAFT</b>	<b>8</b>
<b>AKTIVE UND PASSIVE KRÄFTE</b>	<b>9</b>
<b>WIE KANN MAN KRÄFTE VERGLEICHEN?</b>	<b>11</b>
<b>EINE EIGENSCHAFT ELASTISCHER KÖRPER: VON QUALITATIV ZU QUANTITATIV</b>	<b>12</b>
<b>DER FEDERKRAFTMESSER</b>	<b>13</b>
<b>DIE MAßEINHEIT DER KRAFT</b>	<b>13</b>
<b>WIE MAN EINEN FEDERKRAFTMESSER BENUTZT</b>	<b>14</b>
<b>VEKTORIELLE KRAFTDARSTELLUNG</b>	<b>14</b>
<b>DER SCHWERPUNKT</b>	<b>15</b>
<b>DER FREIE FALL</b>	<b>16</b>
<b>GEWICHT IST KEINE KONSTANTE</b>	<b>17</b>
<b>FALLEN LEICHTE ODER SCHWERE KÖRPER SCHNELLER?</b>	<b>18</b>
<b>WARUM FÄLLT DER MOND NICHT AUF DIE ERDE?</b>	<b>22</b>

**Materialübersicht**



Experimentierschnur



Stab mit Haken



Fahrbahnwagen



3 Nadeln



Spritze 5 ml



4 Hakengewicht



Luftballon



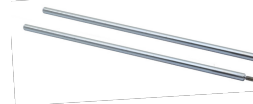
Zollstock



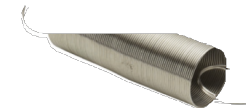
Metallplatte



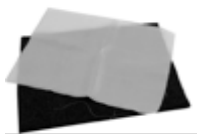
Federkraftmesser 2,5N



2 Stativstäbe



Feder



Tücher



Alufolie



Hufeisenmagnet



Stativplatte



Gummiringe



Gummiball mit Haken



Gerät zur Bestimmung der Zentrifugalkraft



Expander



Becherglas 250 ml



Wägeschale



Zeichendreieck



Senklot



Plastikstab

## Einführung

Für zahlreiche Versuche benötigen Sie einen Dreifuß mit Stativstab. Verbinden sie zunächst beide Hälften der Stativstäbe miteinander. Benutzen Sie den Stab mit Haken als Werkzeug, um die Schraubverbindung festzuziehen. Den Stativstab selbst verschrauben Sie im Dreifuß mit der beiliegenden Rändelschraube. Den Stab mit Haken fixieren Sie ebenfalls mit einer Rändelschraube (vgl. nachfolgende Abbildungen).



# Der Kraftbegriff in der Alltagssprache

In der Alltagssprache verwenden wir häufig Begriffe – auch im übertragenen Sinne - ohne ihren Ursprung oder ihrer tatsächlichen Bedeutung bewusst zu sein. Ein typische Beispiel ist der Begriff der „Kraft“.

Versuchen Sie die einmal mit anderen die folgenden Fragen zu diskutieren:

„Was ist eine Kraft?“

„Was bedeutet es eine Kraft einzusetzen?“

Wenn Sie die Antworten vergleichen, werden Sie feststellen, dass es fast keine zwei identischen Antworten gibt, weil unter „Kraft“ jeder aufgrund unterschiedlicher Erfahrungen, etwas anderes versteht.

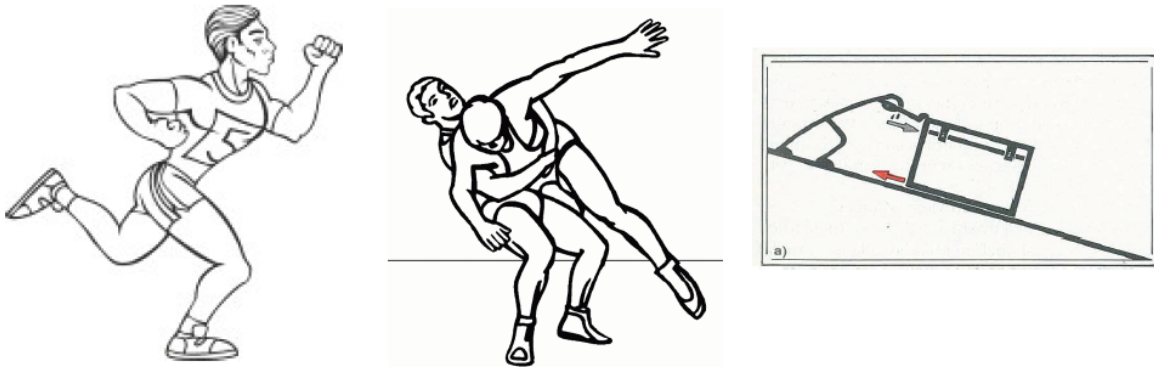
## Kraft, ein einfaches Konzept

Wahrscheinlich hat sich historisch der Kraftbegriff aus dem Bewusstsein bei Menschen entwickelt, dass es körperlich anstrengende Tätigkeiten gibt.

Allen Aktionen wie Laufen, Drücken, Tragen und Heben schwerer Gegenstände ist gemeinsam, dass Personen dabei kurzzeitig oder dauerhaft einen körperlich wahrnehmbaren Widerstand verspüren.

Wir können davon ausgehen, dass sich im Laufe der Zeit die Begrifflichkeit nicht nur auf menschliche Wahrnehmung, sondern auch in der Tierwelt oder gegenständliche Eigenschaften übertragen hat. Dies führt zu dem alltäglich benutzten Kraft-Begriff, wie er auch heute verwendet wird.

Kraft hat sich auch im übertragenen Sinne in der Sprache eingebürgert. Denken Sie an Redewendungen wie „die Kraft der Natur“, „Kraft der Gedanken“, „Windkraft“ oder „die Kraft der Sprache“, um nur einige Beispiele zu nennen.



Durch die folgenden Experimente werden wir etwas über andere Ursprünge von Kräften lernen, z.B. Elektrizität, Magnetismus etc. .

## Kontaktkräfte und Fernkräfte

In unserem täglichen Leben erleben wir unzählige Phänomene, die von den unterschiedlichsten Kräften hervorgerufen werden. Allerdings, nachdem bei sorgfältiger Beobachtung stellen wir fest, dass alle Kräfte in zwei Arten eingeteilt werden können:

- Kontaktkräfte
- FernKräfte.

Kontaktkräfte manifestieren sich durch physischen Kontakt zwischen zwei Körpern. Ein Beispiel ist das Tennisspiel; die auf den Ball einwirkende Kraft entsteht durch den Kontakt mit dem Schläger. Das Gleiche geschieht im Fußballspiel; die auf den Ball einwirkende Kraft entsteht durch den Kontakt mit dem Fuß.



Zwischen zwei Körpern kann auch ohne Kontakt eine Kraft auftreten. Beispiele für Fernkräfte sind elektrische Kraft und Magnetkraft.

Du kannst dies mit den folgenden Erfahrungen überprüfen.

### Versuch 1

Erforderliches Material: 1 PVC-Stab, 1 Tuch

Nehmen sie ein Blatt papier und reißen es in zahlreiche kleine Schnipsel und verteilen sie auf einem Tisch. Nehmen Sie nun den PVC-Stab und reiben ein Ende mit einem Woll- oder Synthetik Tuch. Wenn Sie sich mit dem Stab nun den Papierschnipseln nähern, ohne sie zu

berühren, werden Sie bemerken, dass die Schnipsel vom PVC-Stab angezogen werden, selbst dann, wenn kein direkter Kontakt zwischen Schnipsel und PVC-Stab besteht.

Der Grund für die wirkende Kraft ist eine elektrische Kraft (genauer elektrostatische Kraft). Wir können feststellen, dass die elektrostatische Kraft eine Kraft ist, die nicht über einen (mechanischen) Kontakt funktioniert.



## Versuch 2

Erforderliches Material: 1 Hufeisenmagnet, 3 Nadeln

Legen Sie einige Nadeln auf den Tisch und nähern Sie sich ihnen mit einem Hufeisenmagnet. Sie sehen, dass ab einem bestimmten Punkt der Annäherung die Nadeln vom Magneten angezogen werden. Hierbei handelt es sich um eine magnetische Kraft. Die magnetische Kraft ist ebenfalls eine Kraft, die ohne direkten Körperkontakt wirkt.

Frage: *Kennen Sie noch weitere Kräfte, die ohne direkten Kontakt wirken?*

# Plastische und elastische Kräfte

Es gibt Materialien, die sich unter Einwirkung einer Kontaktkraft verformen und sie behalten die Verformung bei, auch nachdem die Kraft nicht mehr auf sie einwirkt. Diese Materialien nennt man plastisch. plastische Materialien sind unter anderem Knete, Wachs, Glasspachtel etc. .

Andere Materialien wieder nehmen ihre Form wieder an, nachdem die verformende Kraft nicht mehr auf sie wirkt. Typische Materialien sind Gummi und Stahl. Du kannst dies selbst überprüfen.

## Versuch 3

Erforderliches Material: 1 Gummiband

Nehmen Sie das Gummiband in beide Hände und ziehen es auseinander. Sie stellen fest, dass es, sofern es nicht bis zum Zerreißen überdehnt wird, zunehmend dünner und länger wird. Sobald Sie die Krafteinwirkung aufheben, nimmt das Gummiband seine ursprüngliche Form wieder an.



#### Versuch 4

Erforderliches Material: 1 Stativplatte, Stativstange, Stab mit Haken, Feder

Baue den Versuch wie im rechten oberen Bild auf. Greife die Feder am freien Ende und ziehe mit Muskelkraft. Du siehst, dass sich die Feder verformt, genauer gesagt sie zieht sich in die Länge. Wenn du los lässt zieht sich die Feder auf die ursprüngliche Länge zurück.

Auch Luft ist ein elastisches Material. Du kannst dies untersuchen.

#### Versuch 5

Erforderliches Material: 1 Spritze

Ziehe bei unverschlossener Öffnung den Kolben der Spritze nach hinten und verschließen die Öffnung mit dem Zeigefinger. Drücke nun mit dem Daumen auf den Kolben. Der Kolben lässt sich hinein schieben, das Volumen verringert sich. Wenn du den Kolben loslässt, nimmt die in der Spritze befindliche Luft ihr ursprüngliches Volumen ein.



#### Versuch 6

Erforderliches Material: 1 Luftballon

Blase einen Luftballon auf und verschließen seine Öffnung mit einem Draht oder Knoten. Wenn du mit den Fingern auf den Ballon drückst, verändert sich seine Form. Sobald du den Griff lockerst, nimmt er seine Kugelform wieder an.



Ist Wasser ein elastisches Material oder plastisch? Finde es mit folgendem Versuch heraus.

### Versuch 7

Erforderliches Material: 1 Spritze, 1 Becherglas

Fülle das Becherglas etwa halbvoll mit Wasser (zur besseren Sichtbarkeit auf dem Foto haben wir das Wasser blau eingefärbt). Nimm die Spritze und ziehe etwas Wasser auf. Achte darauf, dass sich keine Luftblase in der Spritze befindet. Nimm nun die gefüllte Spritze und verschließe mit dem Zeigefinger die Öffnung. Betätige nun mit dem Daumen der anderen Hand den Kolben.



Du wirst feststellen, dass sich der Kolben nicht bewegt, unabhängig davon, wie stark du auf den Kolben drückst. Es zeigt sich, Wasser (und andere Flüssigkeiten) sind nicht elastisch. Entleere die Spritze nach dem Versuch.

## Kontaktkraft: elastische Kraft

Mit früheren Erfahrungen kannst du überprüfen, ob die Ausübung einer Kraft auf einen elastischen Körper sich verformt, aber seine primitive Form wieder annimmt, sobald die Kraft abgebaut wird. Um dieses Phänomen zu rechtfertigen, müssen wir zugeben, dass, wenn ein Körper deformiert wird, in ihm eine Kraft erzeugt wird, die der äußeren entgegengesetzt ist, die dazu neigt, ihn in seine ursprüngliche Form zurückzubringen. Diese Kraft wird als elastische Kraft bezeichnet. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Formvariationen elastischer Körper ebenso viele Kraftquellen darstellen.

Kannst du eine praktische Anwendung der elastischen Kraft nennen?

## Fernkraft: Gewichtskraft

Am Ende von Absatz 3 wurde die Frage gestellt, ob neben der elektrischen und der magnetischen auch andere Beispiele für Kräfte bekannt sind, die aus der Ferne wirken. Die Antwort ist einfach: Eine Kraft, die aus der Ferne wirkt, ist Gewicht. Aber was ist Gewicht?

Es ist die Kraft, mit der der Planet Erde alle Körper, die sich in der Nähe seiner Oberfläche befinden, anzieht. Deshalb ist die Erde auch eine Quelle von Kräften. Es ist einfach zu überprüfen.

### Versuch 7

Erforderliches Material: *1 Gummiball mit Haken.*

Wenn du irgend einen Gegenstand in die Hand nimmst, ergeben sich abhängig von den Proportionen und anderen Materialeigenschaften unterschiedliche Eigenschaften, die dir beim Halten des Gegenstandes bereits auffallen. Es ist zum Beispiel schwieriger ein dickes Wörterbuch zu halten als ein Blatt Papier.

Warum benötigen wir überhaupt Muskelkraft, um ein Objekt zu halten? Dieser Frage gehen wir im Folgenden nach.



Nimm den Gummiball und öffne die Finger. Du stellst fest, dass der Ball nach unten fällt. Hält man die Kugel in der Hand, ist sie ortsfest. Wenn du die Kugel loslässt, bewegt sich die Kugel nach unten, ihre Geschwindigkeit nimmt zu.

## Der Effekt einer Kraft

Welche Auswirkungen hat die Anwendung einer Kraft auf einen Körper? Um diese Frage zu beantworten, ist es notwendig, dass du die folgenden Punkte berücksichtigst Unterscheiden Sie, wann der Körper sich frei bewegen kann, von wann der Körper gebunden ist.

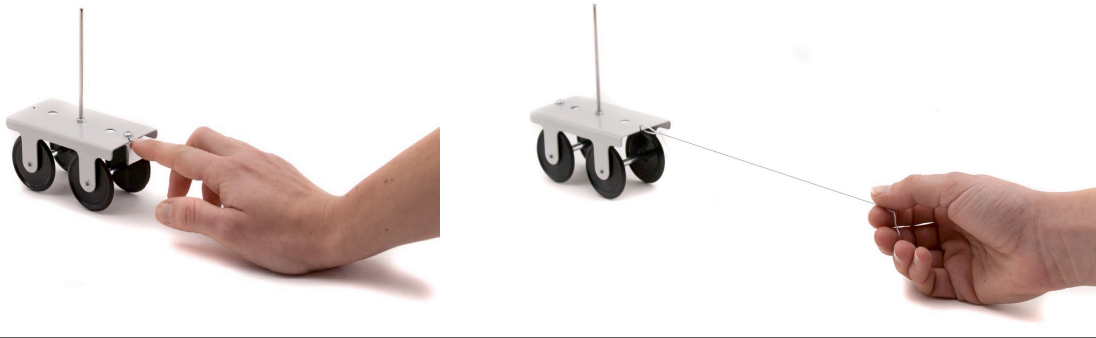
Wenn der Körper sich frei bewegen kann.

### Versuch 9

Erforderliches Material: *1 Wagen, 1 Schnur.*

Stell den Wagen auf den Tisch. Wenn die Tischplatte vollkommen horizontal ist, bleibt der Wagen stehen. Wenn der Wagen nicht mehr berührt wird und mit keinem anderen Körper in Berührung kommt, wissen wir, dass er in seinem Ruhezustand, d.h. mit einer Geschwindigkeit von Null, verbleibt. Stattdessen, wenn wir ihn mit einem Finger drücken oder mit einem Draht, den wir mit einer Zugkraft bewegen, beginnt sich der Schlitten zu bewegen, und dann erhält er eine Geschwindigkeit.





Stellen Sie den Wagen nun auf einen horizontalen Tisch und ein Buch in einem Abstand von ca. 50 cm. Dann schiebe den Wagen mit der Hand leicht in Richtung Buch. Der Schlitten bewegt sich, aber wenn er auf das Buch trifft, stoppt er. Das heißt, seine Geschwindigkeit wird gestoppt.



Wenn ein Körper in Ruhe ist, bewegt ihn eine Kraft. Wenn der Körper in Bewegung ist, kann eine Kraft ihn abbremsen.

### Versuch 10

Erforderliches Material: *wie Experiment 3; 1 Gummiband.*

Wie in Figur 6 und Figur 7 dargestellt, verformt sich der Körper, wenn du eine Kraft auf einen gebundenen elastischen Körper ausübst. Überschreitet die ausgeübte Kraft jedoch einen bestimmten Wert, verliert der Körper seine Elastizität oder reißt sogar. Wenn du zum Beispiel die Zugkraft auf ein Gummiband anwendest, dehnt es sich zuerst aus, aber wenn deine Zugkraft stärker wird, reißt das Gummiband.

## Aktive und passive Kräfte

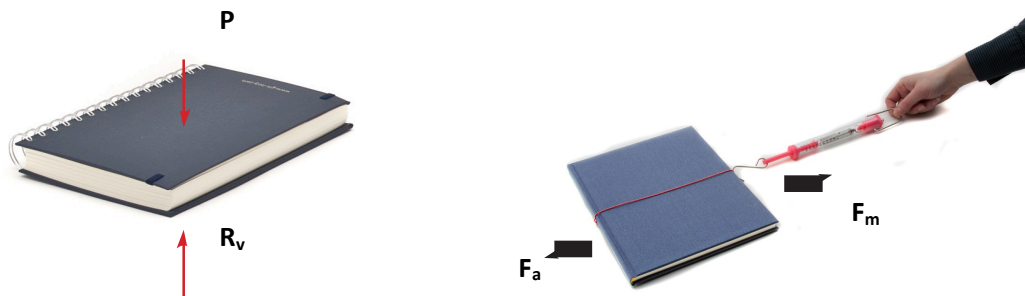
Mit früheren Erfahrungen hast du erkannt, dass Kräfte Bewegung in Körpern erzeugen können, die sich frei bewegen können, oder sie können Körper, die gebunden sind, verformen und sogar zerreißen. Wir definieren aktive Kräfte als solche, die diese Eigenschaften haben. Es gibt aber auch Kräfte, die völlig entgegen gesetzte Eigenschaften haben und die als passive Kräfte bezeichnet werden. Du kannst dies nachweisen.

### Versuch 11

Erforderliches Material: *1 Buch; 1 Federkraftmesser.*

Platzier ein Buch auf dem Tisch. Wie jedes andere Objekt hat auch das Buch eine Gewichtskraft  $P$ , die es als aktive Kraft auf den Boden zieht. Wenn es jedoch auf dem Tisch liegt, fällt das Buch nicht. Hast du dich gefragt, warum? Die Antwort ist einfach: Sie fällt nicht,

weil die Tischplatte auf das Buch eine Kraft  $R_v$  anwendet, die gleich und entgegen seinem Gewicht ist, genannt Gegenkraft.

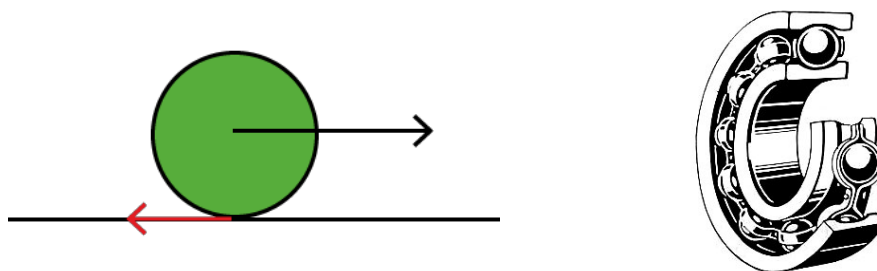


Die Kräfte, die die Funktion haben, den aktiven Kräften entgegenzuwirken, werden als passive Kräfte bezeichnet. Neben den Gegenkräften gibt es noch andere passive Kräfte: die Reibungskräfte. Du kannst dies überprüfen. Wickle ein Buch mit einem Stück Schnur ein und lege es auf den Tisch. Befestige dann den Kraftmesser an der Schnur. Hält man das Dynamometer leicht nach oben, damit es die Tischplatte nicht berührt, so wirkt eine zunehmende Zugkraft; man wird feststellen, dass das Buch liegen bleibt, bis die Muskelkraft  $F_m$  einen bestimmten Wert nicht erreicht.

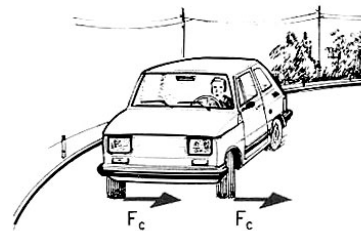
In diesem Fall ist die Kraft, die Ihre Muskelkraft ausgleicht, die Haftreibungskraft  $F_a$ , die durch Reibung zwischen der Oberfläche des Buches und der des Tisches entsteht. Das Buch beginnt sich zu bewegen, wenn deine Muskelkraft größer ist als die der Reibungskraft.

Frage: Wenn du das zweite Buch auf das erste legst, erhöht sich die Reibung oder wird sie geringer? Wieso?

Ein Weg die Reibung zu verringern, ist ein Schmiermittel zwischen den Oberflächen aufzubringen. Ein anderer ist es zwischen den Oberflächen ein Körper zu bringen, der rollen kann. So wird die Gleitreibung durch Rollreibung ersetzt.



Denn die Rollreibung ist viel weniger resistent als die Gleitreibung. Diese Eigenschaft erklärt die Bedeutung, die die Erfindung des Rades für die Entwicklung des technologischen Fortschritts unserer Zivilisation hatte. Eine bemerkenswerte Anwendung war die Erfindung des Kugellagers, bei der eine Reihe von Kugeln dafür sorgen, dass die Reibung der Bolzen, die sich in den jeweiligen Löchern drehen, abrollt, anstatt zu wälzen. In einigen Fällen, wie z.B. bei Werkzeugmaschinen, ist die Reibung schädlich und wird versucht, sie durch den Einsatz von Schmierölen und Kugellagern auf ein Minimum zu reduzieren, in anderen Fällen ist stattdessen die Reibung unerlässlich. Zum Beispiel könnten wir nicht gehen, wenn es keine Reibung zwischen der Sohle der Schuhe und dem Boden gäbe, so wie Autos sich nicht bewegen könnten, wenn es keine Reibung zwischen der Straße und den Reifen gäbe.



## Wie kann man Kräfte vergleichen?

Aufgrund des bisher gesagten hast du folgendes festgestellt: Es gibt verschiedene Arten von Kräften und die Einwirkung von Kräften. Du hast zwei mögliche Auswirkungen auf den Körper.

Wenn sich ein Körper frei bewegt, wirkt sich die Kraft auf seine Geschwindigkeit aus (befindet er sich in Ruhelage, beginnt er sich zu bewegen, ist er in Bewegung kann seine Bewegung gestoppt werden. Ist der Körper in seiner Bewegung blockiert, kann eine Kraft zur Verformung führen.)

Dies führt nun zu der Frage: *Wie kann man Kräfte vergleichen?*

### Versuch 6

Erforderliches Material: *1 Expander, 1 Zollstock*

Um zwei Kräfte zu vergleichen, bedeutet das festzustellen, ob eine Kraft größer oder kleiner als die andere ist. Es lässt sich feststellen, ob die Wirkung einer jeden Kraft auf denselben Körper gleich ist. Denke dabei beispielsweise an Tennis. Schlägt ein Tennisspieler einen Ball, macht er nichts anderes, als eine Kraft auf den Ball einwirken zu lassen. Häufig wird bei Tennisübertragungen über die Geschwindigkeit des Balls nach dem Aufschlag berichtet (z.B. 180 km/h). Häufig dient dieser Wert zum Vergleich des Aufschlags bei den Tennisspielern. Gleiches gilt beim Fußball für den Vergleich zweier Spieler beim Elfmeterschießen.

Deine Muskelkraft, im Vergleich zu anderen Personen, kannst du mit einem Expander, der vor der Brust gespannt wird, vergleichen. Zu diesem Zweck halte den Expander mit ausgestreckten Armen vor dir und ziehe diesen so weit wie möglich auseinander. Bitte eine zweite Person die auseinander gezogene Länge zu messen (siehe nachfolgendes Foto). Wiederhole den Versuch mit mehreren Personen. Die Person ist die „stärkste“, die den Expander am weitesten auseinanderziehen kann.



# Eine Eigenschaft elastischer Körper: Von Qualitativ zu Quantitativ

Mit dem Expander konntest du die Muskelkraft deiner Begleiter vergleichen. Man konnte zum Beispiel feststellen, dass Markus stärker ist als Matthias. Aber man konnte nicht erkennen, wie viel stärker Markus ist als Matthias. Um einen solchen quantitativen Vergleich zu ermöglichen, ist es notwendig, ein Werkzeug zu entwickeln, mit dem es möglich ist, eine Zahl der Intensität einer Kraft zuzuordnen. Ein weit verbreitetes Werkzeug für Bildungszwecke ist der Federkraftmesser. Um zu verstehen, wie er funktioniert, solltest du die folgenden Versuche durchführen.

## Versuch 9

Erforderliches Material: *1 Dreifuß, 1 Stativstab, 1 Stab mit Haken, 1 Stahlfeder, 1 Gummiring, 1 Gummiball mit Haken, 1 Hakengewicht, 1 Zollstock*

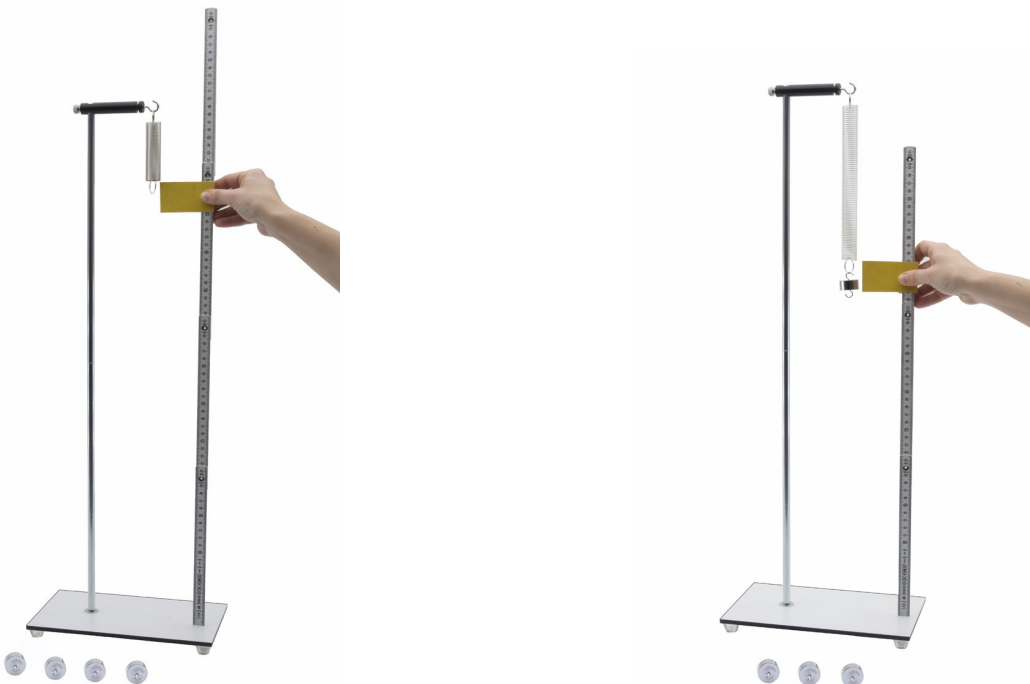
Hänge nach Montage des Stativs eine Stahlfeder an den Haken und messe den Abstand zwischen der Unterseite der (entspannten) Feder und dem Tisch. (siehe Abb. unten links). Hänge nun ein Hakengewicht an die Feder und messe nun den Abstand zwischen Tisch und derselben Position der Feder. Der Abstand ist aufgrund der Auslenkung der Feder kleiner.

$$L_1 = d_0 - d_1$$

Wiederhole den Versuch mit einem anderen Hakengeicht und notiere die Auslenkung.

$$L'_1 = d_0 - d'_1$$

Vergleiche die Federauslenkung  $L_1$  und  $L'_1$ . Hast du nun eine Idee zu entscheiden, welcher Körper der schwerere von beiden ist?



Wiederhole den Vorgang mit zwei, drei und vier Hakengewichten. Miss jeweils die Auslenkung der Feder. Trage alles in die Tabelle ein.

Anzahl Hakengewichte	1	2	3	4
Auslenkung der Feder				

Wenn man sich die Tabelle ansieht, sieht man, dass durch Verdoppelung und Verdreifachung der Anzahl der Hakengewichte sogar die Ausdehnung der Feder doppelt und dreifach ist. Durch Verdoppelung und Verdreifachung der Anzahl der Hakengewichte verdoppelt und verdreifacht sich natürlich auch die Intensität der auf die Feder ausgeübten Kraft. Daher kann man mit Hilfe der mathematischen Sprache sagen, dass: Die Dehnung der Feder ist proportional zur Intensität der aufgebrachten Kraft. Aus dieser Eigenschaft der Stahlfedern wird ein Gerät zur Messung der Kraftintensität gebaut: der Federkraftmesser.

## Der Federkraftmesser

Der Federkraftmesser besteht im Wesentlichen aus einer Spiralfeder in einem häufig durchsichtigen Gehäuse, auf dem sich eine Skala befindet. Das obere Ende ist mit einer festen Öse versehen, wobei am unteren Ende ein Haken die Feder auslenken kann. Zieht man an dem unteren Haken, wandert ein Zeiger auf der Skala und zeigt den Wert der Kraft an, die zur Auslenkung (Dehnung) der Feder erforderlich ist.



## Die Maßeinheit der Kraft

Wenn jede Nation der Welt ihre eigene Maßeinheit für die Kraftintensität annehmen würde, würde der Handel extrem kompliziert werden. Aus diesem Grund entschied sich das Internationale Büro für Maße und Gewichte 1889 für das dezimale metrische System, bei dem das Kilogrammgewicht, dessen Symbol kg ist und das das Gewicht einer Probe, die bei Paris deponiert wurde, wurde als Einheit der Kräfte verwendet.

Das Kilogramm ist eine Maßeinheit, die in der täglichen Praxis und in den Handelsbeziehungen verwendet wird. Im Jahr 1960 wurde festgestellt, dass in der Physik und in allen anderen Wissenschaften ein internationales System angenommen werden muss, bei dem die Maßeinheit für die Kräfte das Newton ist, dessen Symbol N ist und dessen Wert etwa ein Zehntel des Kilogrammgewichts beträgt. Es muss ein internationales System angenommen werden, bei dem die Maßeinheit für die Kräfte das Newton ist, dessen Symbol N ist und dessen Wert etwa ein Zehntel des Kilogrammgewichts beträgt. Präzise

$$1N = \frac{1kg}{9,81}$$

Daher ist die Gewichtsmessung in N 9,81 mal größer als die Messung in kg.

## Wie man einen Federkraftmesser benutzt

Das Ihnen vorliegende Modell ist in  $p$  und  $N$  geeicht (250 g / 2,5 N). Relevant für unsere Versuche ist die SI-Einheit  $N$ . Machen Sie sich mit dem Gebrauch der Federwaage durch nachfolgenden Versuch vertraut.

### Versuch 11

Erforderliches Material: *1 Dreifuß, 1 Stativstab, 1 Stab mit Haken, 1 Federwaage, 1 Wägeplatte*

Vor jeder Messung muss die Federwaage auf Null gestellt werden. Hänge hierzu die unbelastete Federwaage an den Haken, so dass er senkrecht nach unten hängt. Verdrehe die Nullpunktverstellung (Schraube) solange, bis der Zeiger auf der Skala Null anzeigt (siehe untenstehende Abb. links). Objekte ohne Haken verwende zusammen mit dem Wägeteller. Das Eigengewicht des Wägetellers ist vom Messergebnis abzuziehen.

Benutze die Federwaage nun um die Gewichte verschiedener Gegenstände (Geldstücke, Schlüssel, Kugelschreiber etc.) zu messen.



## Vektorielle Kraftdarstellung

Für eine Kraft benötigen wir folgende vier charakteristischen Angaben

- Der Punkt, an dem die Kraft angreift
- Die Richtung in die die Kraft wirkt
- Die Wirkung der Kraft
- Die Intensität der Kraft

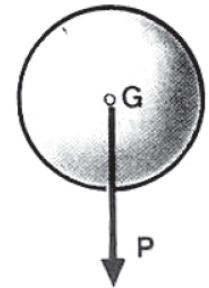
In der Physik werden die Eigenschaften der Kraft häufig als ein Pfeil dargestellt, der auch als Vektor bezeichnet wird. Hierbei gilt folgende Vereinbarung:

- Der Punkt, an den die Kraft angreift, ist der Ursprungspunkt des Pfeils.
- Die Richtung, in die die Kraft wirkt, ist eine gerichtete Gerade, durch die der Pfeil gezeichnet ist.
- Die Wirkung wird durch die Pfeilspitze repräsentiert.
- Die Intensität der Kraft entspricht der Länge des Pfeils.



## Der Schwerpunkt

Zusammenfassend können wir feststellen, dass das Gewicht eines Körpers durch einen Vektor in Richtung Erdmittelpunkt repräsentiert wird. Der Punkt des Körpers, an dem der Vektor angreift, wird als **Schwerpunkt des Körpers** bezeichnet. Den Schwerpunkt eines Körpers zu bestimmen ist ein wichtiges Thema in der Physik. Ist die Masseverteilung eines Körpers homogen und hat der Körper eine symmetrische Form, so ist die Bestimmung des Schwerpunktes recht einfach. Der Schwerpunkt fällt mit seinem (geometrischen) Mittelpunkt zusammen.

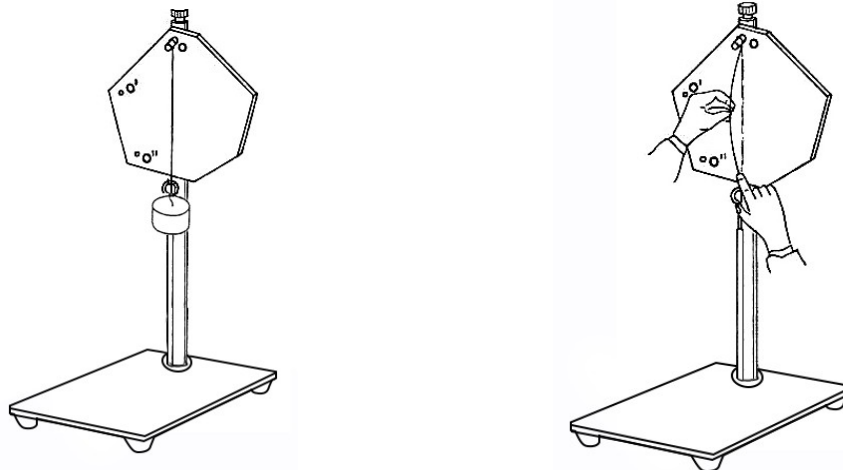


Die Frage, die sich nun stellt: Wie bestimme ich den Schwerpunkt eines asymmetrischen Körpers? Der nachfolgende Versuch hilft Ihnen bei der Beantwortung der Frage.

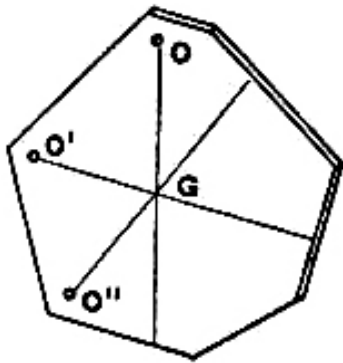
### Versuch 14

Erforderliches Material: 1 Dreifuß, 1 Stativstab, 1 Stab mit Haken, 1 asymmetrische Metallplatte, 1 Hakengewicht, 1 Experimentierschnur, 1 Stück Kreide

Nimm ca. 40 cm Experimentierschnur und knote an beide Seiten eine Schleife. Nimm nun ein Stück Kreide und färbe damit die Experimentierschnur ein. Baue den Versuch wie in der Abbildung unten gezeigt auf, indem du den unregelmäßig geformten Körper und die Experimentierschnur mit Hakengewicht an demselben Punkt frei aufhängst. Nach dem alle Pendelbewegungen zum Stillstand gekommen sind, spanne die Schnur etwas und lasse anschließend los (vgl. rechte Abb. unten). Die Kreide hinterlässt auf der Platte einen Abdruck der Schnur.



Wiederhole nun den Versuch, indem du die unregelmäßig geformte Scheibe an jeweils zwei weiteren Bohrungen aufhängst. Wenn du den Versuch gewissenhaft durchführst, stellst du fest, dass sich die drei Kreidelinien in einem Punkt schneiden (siehe Abb. unten links). Dieser Punkt entspricht dem Schwerpunkt **G** der Platte. Du kannst das einfach überprüfen, indem Du den Versuch wiederholst. Die Platte bleibt auf der Spitze des Statives nur liegen, wenn du als Auflagepunkt den Kreuzungspunkt der Kreidestriche wählst (siehe nachfolgende Abb. rechts).



Frage: *Warum bleibt die Platte auf der Stativspitze liegen, wenn sie in Ihrem Schwerpunkt aufgelegt wird?*

## Der freie Fall

Alle Körper, die sich in der Nähe der Erde befinden, unterliegen einer Kraft, die wir Gewicht nennen.

Wenn sich ein Körper frei bewegen kann, fällt er durch die Wirkung seines Gewichtes auf den Boden.

In welche Richtung bewegt sich der Körper, während er auf den Boden fällt?

Sie können die Frage mit dem nachfolgenden Versuch beantworten.

### Versuch 12

Erforderliches Material:        1 Dreifuß, 1 Stativstab, 1 Stab mit Haken, 1 Senklot,  
   1 Zeichendreieck

Baue den Versuch wie in nachstehender Abbildung gezeigt auf. Vergewissere dich, dass das Gewicht des Senklots frei - knapp über dem Boden – hängt. Messe nun den Winkel zwischen Boden und Faden des Senklots. Du wirst feststellen, dass der Winkel 90° beträgt.

Vervollständige folgende Sätze:

Ein frei fallender Körper beschreibt eine rechtwinklige Bahn ... Boden.

Das bedeutet, dass die Gewichtskraft in Richtung ... zeigt.





## Gewicht ist keine Konstante

Wir haben gesehen, dass die Gewichtskraft eine Kraft zwischen der Erde und einem beliebigen Körper ist, und die Gewichtskraft ist eine Kraft ohne direkten Kontakt zwischen den beiden.

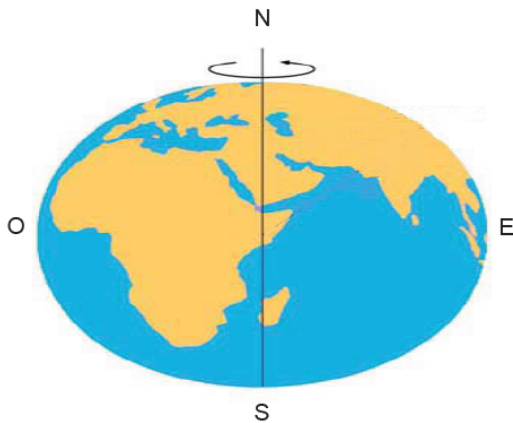
Es stellt sich nun folgende Frage: *Verändert man den Abstand zwischen Erde und Körper, ändert sich dann auch das Gewicht?*

Die wissenschaftliche Antwort auf diese Frage ist:

*Das Gewicht eines Körpers ist nicht konstant. Mit wachsendem Abstand zwischen Erde und Körper nimmt das Gewicht ab.*

Es gibt Versuche, um dies zu verifizieren.

- Auf hohen Bergen ist jeder Körper etwas leichter, als auf Meeresebene.
- An den Polen wiegt jeder Körper etwas mehr als am Äquator. Dies hängt damit zusammen, dass die Erde an den Polen abgeflacht ist, d.h. Am Äquator ist der Abstand zum Erdmittelpunkt größer als an den Polen (siehe Abbildung unten)
- Astronauten im Weltraum bestätigen den Effekt. Je weiter sie sich mit ihrem Raumschiff im All von der Erde entfernen, je geringer ist das Gewicht der Gegenstände im Raumschiff.



## Fallen leichte oder schwere Körper schneller?

Wenn wir einen Körper heben und anschließend zu Boden fallen lassen, geschieht dies aufgrund seines Eigengewichts, mit der er von der Erde angezogen wird.

Was passiert nun, wenn wir zwei Körper mit unterschiedlicher Form und unterschiedlichem Gewicht gleichzeitig aus derselben Höhe fallen lassen?

Welcher Körper erreicht zuerst den Boden? Diskutieren Sie die Frage untereinander und vergleichen sie die Antworten. Im folgenden Versuch gehen wir der Frage nach und werden sie beantworten.

### Versuch 13

Erforderliches Material: 1 Radiergummi, 1 Blatt Papier

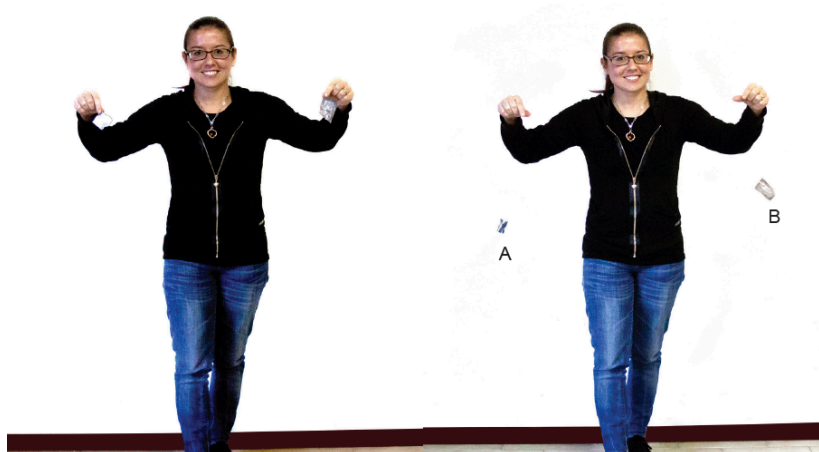
Nimm ein Radiergummi und ein Blatt Papier in deine Hände. Strecke deine Arme aus, so dass sich beide Hände in der gleichen Höhe befinden. Öffne nun langsam die Hände, so dass beide Gegenstände zeitgleich nach unten fallen. Natürlich wird der Radiergummi den Boden früher erreichen als das Blatt Papier. Da der Radiergummi schwerer ist als das Blatt Papier *vermuten* wir, dass schwerere Gegenstände schneller zu Boden fallen als leichtere. Aristoteles, ein griechischer Philosoph, der vor ca. 2400 Jahren lebte glaubte dies ebenfalls. Allerdings widersprach der italienische Physiker Galileo Galilei dieser Ansicht. Er zeigte: **Auf jeden fallenden Körper wirkt nicht alleine die Gewichtskraft sondern auch weitere Kräfte, wie z.B. der Luftwiderstand. Der Luftwiderstand ist abhängig von der Form des Körpers.**

Bei dem Versuch hast du vielleicht bemerkt, dass das Papier im Gegensatz zum Radiergummi keine geradlinige Bewegungsbahn, sondern eine unregelmäßige Bewegung aufgrund seiner speziellen Form vollzieht. Deshalb müssen wir den Versuch unter verschiedenen Bedingungen häufiger wiederholen, um Einflüsse, wie den des Luftwiderstandes, zu eliminieren.

### Versuch 14

Erforderliches Material: 1 Stück Aluminiumfolie

Schneide aus einem Stück Aluminiumfolie zwei Quadrate, je eins mit der Kantenlänge von 4 cm und 6 cm. Es ist klar, dass das Stück mit der größeren Fläche – Bezeichnen wir es als Blatt **A** – schwerer ist, als Blatt **B** mit der kleineren Fläche. Nimm nun beide in die Hand und lassen sie aus derselben Höhe gleichzeitig fallen. Wenn du nun den Versuch mehrfach wiederholen, wirst du feststellen, dass manchmal Blatt **A**, manchmal Blatt **B** zuerst auf den Boden auftrifft. Das liegt an den unterschiedlichen Einflüssen des Luftwiderstandes, dem die beiden Blätter in Abhängigkeit von Ihrer Bewegungsbahn unterliegen.



**Aufgrund des Einflusses des Luftwiderstandes können wir nicht feststellen, welches Blatt aus Aluminiumfolie schneller fällt, das schwerere Blatt A oder das leichtere Blatt B.**

Da die Form des Körpers einen hohen Einfluss des Luftwiderstandes mit sich bringt, ist es sinnvoll den Versuch mit Körpern einer anderen Form zu wiederholen.

### Versuch 20

Erforderliches Material: 1 Stück Aluminiumfolie

Knülle das schwerere der beiden Folienstücke zu einer kleinen – möglichst gleichmäßigen - Kugel zusammen. Wiederhole den Versuch mehrmals. Du siehst, dass die Aluminiumkugel immer zuerst den Boden erreicht. Entfalte die nun die Kugel und streiche die Folie möglichst glatt und knülle die leichtere Aluminiumfolie zu einer kleinen Kugel zusammen. Wiederhole den Versuch erneut. Wieder erreicht die Aluminiumkugel den Boden zuerst.



Als Ergebnis kann festgehalten werden: Der Körper mit dem geringsten Luftwiderstand erreicht den Boden zuerst.

### Versuch 21

Erforderliches Material: 1 Stück Aluminiumfolie

Forme nun beide Blätter jeweils zu einer Kugel. Achte darauf, dass sie eine möglichst gleichmäßige Kugelform erreichen. Lasse nun beide Kugeln aus derselben Höhe zur selben

Zeit fallen. Du wirst bemerken, dass die Kugeln zeitgleich aufschlagen. Das Geräusch beim Auftreffen auf dem Boden ist zeitgleich.

Wir fassen zusammen:

***Alle Körper, die aus derselben Höhe zeitgleich im luftleeren Raum fallen, erreichen sie den Boden zur selben Zeit, unabhängig von ihrer Form und Ihrem Gewicht.***



*Zusammenfassend können wir feststellen:*

Das Vorhandensein von Luft kann uns zu falschen Schlussfolgerungen verleiten. Wie ist es also möglich den Einfluss von Luft auf einen fallenden Körper zu verhindern? Eine einfache Möglichkeit wird im Folgenden beschrieben.

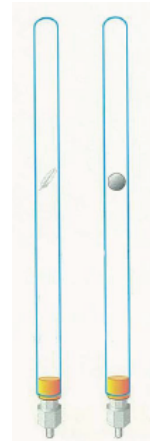
### **Versuch 22**

Erforderliches Material: *1 Stück Aluminiumfolie*

Schneide aus Aluminiumfolie 2 Stücke unterschiedlicher Größe, die somit auch unterschiedliches Gewicht haben. Nimm einen Schreibblock wie in nachfolgender Abb. links gezeigt und legen beide Aluminiumblätter darauf. Wenn du den Block fallen lässt, siehst du, dass beide Blätter den Boden zeitgleich erreichen, obwohl sie unterschiedliches Gewicht haben. Aufgrund des unten liegenden Schreibblocks hat der Luftwiderstand keinen Einfluss mehr auf die Folienstücke.



Alternativ kommt man mit einer speziellen Apparatur, die von Isaac Newton erfunden wurde, zu dem selben Ergebnis. Sie besteht aus einem Paar Glasrohre, von denen eins eine kleine Metallkugel und das andere eine Dauenfeder enthält. Nachdem beide Röhren evakuiert wurden, drehen wir sie um 180° und sehen, dass die Stahlkugel und die Feder zeitgleich auf den Boden der Röhre fallen.



David Scott, Ein Astronaut von Apollo 15 zeigte einen vergleichbaren Versuch auf dem Mond, der keine Atmosphäre besitzt, mit demselben Ergebnis (siehe nachfolgende Fotos). Er lies einen Hammer und eine Feder auf die Mondoberfläche fallen.



## Die Schwerkraft oder „Woher kommt das Gewicht“?

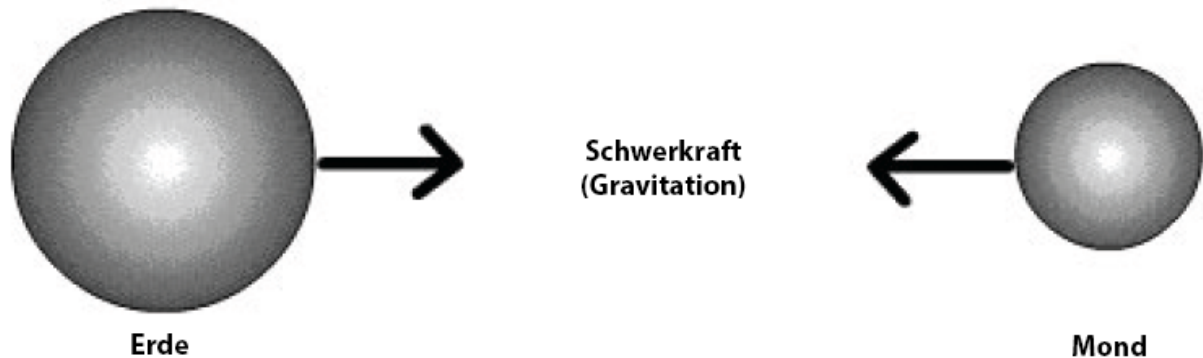
Lass uns zusammenfassen, was wir bisher gelernt haben:

- **Auf alle Körper, die sich in der Nähe der Erde befinden wirkt eine Kraft, mit der sie angezogen werden.**
- **Gewicht lässt sich als Vektor darstellen. Der Vektor hat seinen Ursprung im Schwerpunkt des Körpers und zeigt zum Mittelpunkt der Erde.**
- **Gewicht ist eine Kraft, deren Größe nicht konstant ist. Sie nimmt mit zunehmender Entfernung vom Erdmittelpunkt ab.**
- **Wenn keine Luft die Geschwindigkeit bremst, fallen alle Gegenstände mit derselben Geschwindigkeit zu Boden.**

Wie du weißt ist die Erde einer von 8 Planeten im Sonnensystem. Es stellt sich die Frage, welches Gewicht Körper auf anderen Planeten haben. Antworten, die die Wissenschaft auf diese Frage gibt sind:

- **Auf jedem Planeten hat ein Körper sein eigenes Gewicht, dessen Kraft auf den Mittelpunkt des Planeten gerichtet ist.**
- **Die Anziehungskraft wirkt auf alle Himmelskörper, wie Satelliten und Sterne.**
- **Je stärker die Anziehungskraft ist, desto höher ist die Menge der Materie, die den Planeten bildet. Auf dem Mond ist beispielsweise die Anziehungskraft 6x geringer als auf der Erde.**

- **Die Anziehungskraft besteht nicht nur Himmelskörper und Objekten, sondern auch zwischewn den Himmelskörpern, z.B. zwischen Erde und Mond und Erde und Sonne etc.**
- **Die Anziehungskraft zwischen zwei Körpern nimmt proportional zu ihrem Abstand ab.**



Wissenschaftlich konnte gezeigt werden, dass zwischen zwei Körpern aus Materie immer eine Anziehungskraft existiert. Sie ist um so stärker, je größer die Menge der Materie ist und sie nimmt mit zunehmendem Abstand ab.

Diese Kraft zwischen Materie wird als Schwerkraft oder Gravitationskraft (kurz Gravitation) bezeichnet.

So ist z.B. die Gravitation zwischen Erde und Sonne viel stärker als die Gravitation zwischen Erde und Mond, auch wenn der Abstand zwischen diesen beiden sehr viel kleiner ist. Dies ist deshalb der Fall, da die Masse der Sonne um ein vielfaches größer ist als die des Mondes.

## Warum fällt der mond nicht auf die Erde?

Wenn wir einen Körper anheben und anschließend loslassen, fällt der Körper aufgrund der Schwerkraft der Erde, dh. einer Kraft, die wir Gewicht nennen.

Nun, dieselbe Kraft wirkt zwischen Erde und Mond. Warum fällt also der Mond nicht auf die Erde und die anderen Planeten (incl. Der Erde) nicht auf die Sonne?

Der folgende Versuch gibt Ihnen mit dem Begriff der *Zentrifugalkraft* eine Erklärung dafür.

### Versuch 23

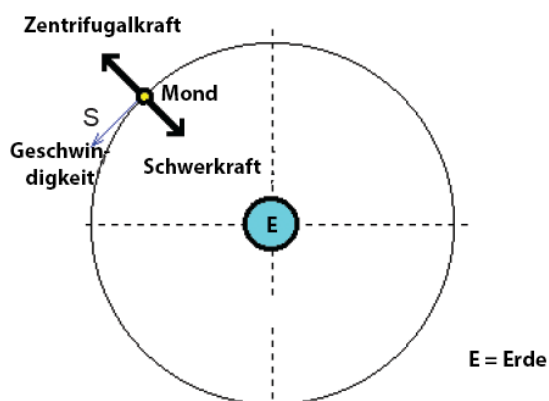
Erforderliches Material: 1 Geräte zur Bestimmung der Zentrifugalkraft

Ein sehr einfaches Gerät, um das Vorhandensein der sog. **Zentrifugalkraft** zu demonstrieren ist ein Kunststoffbecher mit Deckel, der an einem Faden befestigt ist und im Kreis geschleudert werden kann.

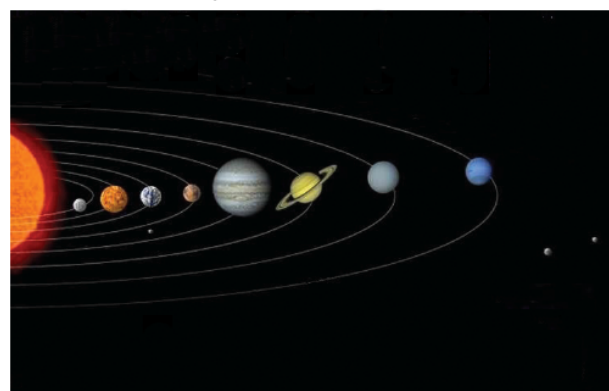
Gieße fünf oder sechs Esslöffel Wasser in den Becher und verschließe ihn mit dem Schraubdeckel. Fasse ihn nun am Griff an der Schnur und lasse ihn an der Schnur wie in nachfolgender Abb. gezeigt kreisen.



Du wirst bemerken, dass das Wasser während der Kreisbewegung nicht aus dem Becher herausläuft. Das ist so, weil die Gewichtskraft durch die Zentrifugalkraft ausgeglichen wird. Diese Kraft wirkt bei sich rotierenden Körpern immer in dieselbe Richtung. Die Richtung ist der Kraft, die den Körper auf der Kreisbahn hält, entgegengesetzt. In unserem Beispiel ist die Muskelkraft die Kraft, die den Körper auf der Kreisbahn hält. Bei dem Umlauf des Mondes um die Erde ist die Gravitationskraft die Kraft, die den Mond auf der Bahn um die Erde hält. Analog verhält es sich mit den Planetenbahnen um die Sonne.



Planetensystem mit Umlaufbahnen



**Hinweis:**

Die tatsächliche Ausstattung des Versuchssets kann von der Abbildung in dieser Dokumentation leicht abweichen, da unsere Geräte ständig weiterentwickelt werden.