

# Anschreiben Mechanik

---

Sehr geehrte Physiklehrerin, sehr geehrter Physiklehrer,

Wir freuen uns, dass sie sich für einen Freihandkoffer entschieden haben, mit welchem ohne großen Aufwand Physikexperimente mit großer Wirkung und hoher Schüleraktivität möglich sind.

Im Koffer finden sich verschiedene Experimente zum Thema *Mechanik* für verschiedene Klassenstufen. Klassenstufen und Thema sind oben auf den Versuchsanleitungen vermerkt. Ebenso ist vermerkt, ob es sich um ein Lehrerversuch handelt oder der Versuch als Schülerversuch angedacht ist. Für Schülerversuche ist im Koffer ausreichend Material für 15 Zweiergruppen vorhanden. Bei Lehrerversuchen ist das Material nur in einfacher Ausführung vorhanden und diese Versuche sind für Schüler zu gefährlich oder ungeeignet.

Das im Koffer vorhandene Material ist als halber Klassenstanz enthalten und reicht für 15 2er Gruppen. Die meisten Materialien können immer wieder verwendet werden und müssen nicht nachgekauft werden. Bei manchen Versuchen ist es notwendig, dass die Schüler Material von zu Hause mitbringen, z. B. eine leere Saftflasche mit großer Öffnung. Es werden weiterhin Materialien vorausgesetzt, die zur Standardausstattung der Schule gehören (z. B. lange Holzlineale) oder die alle SuS immer dabei haben sollten (z. B. Radiergummi, Stift).

**Achtung**, da bei manchen Versuchen zusätzliches Material benötigt wird oder auch Arbeitsgeräte wie eine Schere benötigt werden, sollte sich rechtzeitig in der Versuchsanleitung über mögliche Vorbereitungen informiert werden.

Die Versuchsanleitungen sind wie ein fertiges Protokoll gestaltet und es empfiehlt sich, diese den SuS vor dem Versuch nicht komplett auszuhändigen. Es ist nur ein Satz vorhanden. Aufgabe, Material und Durchführung könnten den Schülern vorgegeben werden, jedoch ist der Lehrer in der Gestaltung frei. Zur Unterstützung der Lehrkraft sind mögliche Fehlvorstellungen der SuS, sowie Gefahrenstellen vermerkt. Auch eine Musterlösung mit Erklärung ist enthalten.

Wir wünschen allzeit gutes Gelingen und viel Freude mit dem Freihand- Experimentierkoffer!

# Materialliste Mechanik

## Im Koffer enthalten:

Beschreibung/ Material	Menge für einen Koffer
Arztspritzen durchsichtig	2x 50 ml und eine kleinere (20 ml)
Schlauch zur Verbindung der Arztspritzen	1
Filmdose	15
Faden/ Zwirn	ca. 1000m
Holzperlen	ca. 150
Holzklötze ca. 3 x 5 x 10 cm	15
Schleifpapier	2 Blätter mit verschiedenen Körnungen
Murmeln	50
Aluminiumfolie	1 Rolle
Klebeband	1 große Rolle
Holzräder	60
Zahnstocher, bzw. Schaschlikspieß	60, bzw. 30
Klappösen	15
kleine Nägel	30
leere Flasche mit großer Öffnung für Filmdose	1
Gummis, verschiedene Härten	ca. 150

## Zusätzlich zu besorgen:

Beschreibung/ Material	Menge für einen Koffer
Schere	15
Hammer	1, bzw. 15 wenn SuS nageln sollen
Untersetzer für Glas	15
Glas/ Becher	15

Münzen	Ca. 30 2€- Münzen
Radiergummis/ Stifte	Inhalt der Federtaschen der SuS reicht
Evtl. Smartphone	15 (Wenn SuS benutzen dürfen → App <i>PhyPhox</i> muss installiert werden)
Flasche mit großer Öffnung, z. B. Fruchstern-Saft (Filmdose muss hinein passen)	15
Langes Holzlineal (> 50cm) oder Gliedermaßstab	15
Stoppuhr oder Handy	15

**Verbrauchsmaterialien:**

Beschreibung/ Material	Menge für einen Koffer
Seife	1 Packung/ 1 Stück
Pappe, z. B. von Blockrückseite	15 Blatt
Tinte	1 Patrone

**Hinweis:** Statt aus Holzklötz, Zahnstochern/ Schaschlikspießern und Holzrädern einen Experimentierwagen zu bauen kann auch ein vorhandener aus der Materialsammlung der Schule verwendet werden.

# Kräfte - Reibung

Schülerversuch

Klassenstufe 7/ 8

Zeitlicher Umfang: 20 min

## Ziel des Versuches

Die Schüler kennen die Reibungskraft als eine die Bewegung hindernde Kraft

Die Schüler kennen die Unabhängigkeit der Reibungskraft von der Auflagefläche

Die Schüler kennen Einflussgrößen auf die Reibungskraft

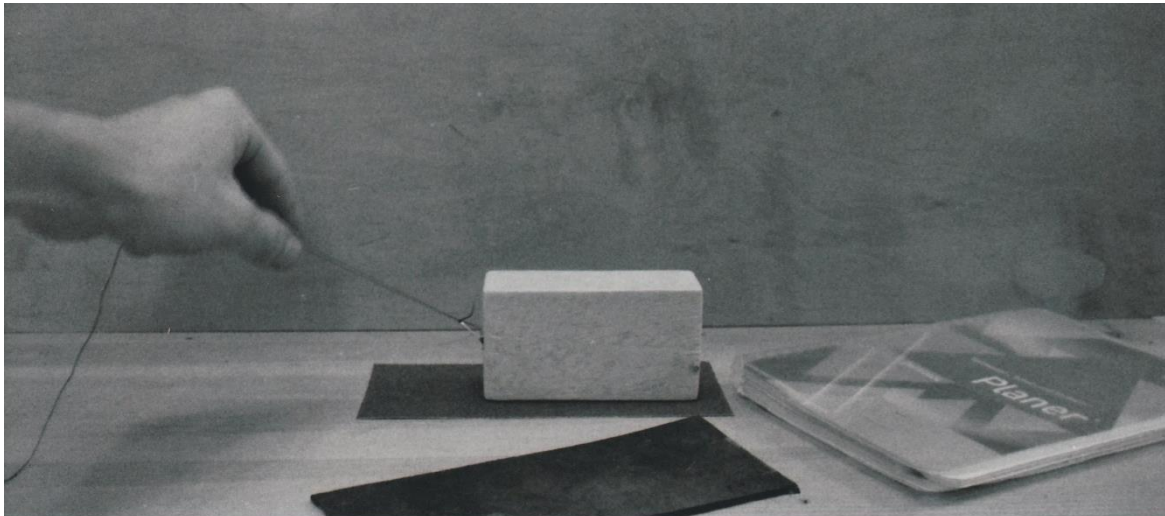
## Aufgabe

Untersuche Einflussfaktoren auf die Reibungskraft, indem du nacheinander die Auflagefläche, die Masse und den Untergrund/ das Material änderst.

## Material

- Verschiedene Untergrundmaterialien
- Holzklotz mit Klappöse und Schnur
- Alternativ aus dem Bestand der Schule ein Federkraftmesser zur Messung der Kräfte

## Aufbau und Durchführung



Am Holzklotz wird eine Schnur befestigt, der Körper wird an dieser langsam über den Tisch gezogen. Es kann das eingeschlagene Hausaufgabenheft/ LB, Schleifpapier, Gummi, die Tischplatte als Untergrund verwendet werden. Es werden für verschiedene Untergründe die zum Ziehen benötigten Kräfte verglichen. Dann wird der Körper jeweils mit einer anderen Fläche, über den Untergrund gezogen und die Kräfte zum Ziehen verglichen. Beim selben Material und gleich großer Fläche wird die Masse des Körpers erhöht, es können dazu beliebige Gegenstände auf den Klotz gelegt werden. Es kann auch das Schleifpapier wie in der Abb. unten geknickt werden und dann mit dem Holzklotz über den Tisch gezogen werden. Die Fläche des Schleifpapiers sollte der des Klotzes entsprechen.



Vor Holzklötz geknicktes Schleifpapier

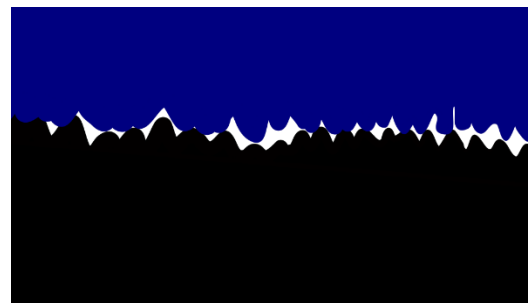
Zum Vergleich der aufzuwendenden Kräfte zum Ziehen sollte die Versuchsreihen jeweils ein Schüler durchführen und die Aussage treffen, wo er am meisten und wo am wenigsten Kraft aufbringen muss.

## Beobachtung

Je rauer der Untergrund ist, desto mehr Kraft muss man zum Ziehen des Körpers aufbringen. Die Größe der Fläche hat keinen Einfluss auf die aufzubringende Kraft. Je größer die Masse ist, desto größer ist auch die aufzuwendende Kraft.

## Physikalischer Hintergrund

Die Reibungskraft ist der Bewegung von Körpern immer entgegengerichtet. Sie tritt auf, da die Oberflächen von Körpern nicht glatt sind. Somit „verhaken“ sich diese bei der Bewegung aneinander vorbei. (Siehe Abb. rechts) Dabei ist die Oberflächenbeschaffenheit, bzw. das Material ein ausschlaggebender Einflussfaktor auf die Reibungskraft.



Makroskopische Betrachtung der Oberflächen zweier Körper

Auf einer waagerechten Oberfläche gilt für die Reibungskraft:  $F_R = \mu \cdot m \cdot g$ . Dabei ist  $\mu$  die Reibungszahl,  $m$  die Masse und  $g$  der Ortsfaktor. Die Reibungszahl ist materialabhängig, also eine Stoffkonstante. Weiterhin hat die Gewichtskraft ( $F_G = m \cdot g$ ) einen Einfluss auf die Reibungskraft, die Fläche kommt nicht in der Formel vor.

## Fehlvorstellungen

Die Reibungskraft ist von der Auflagefläche abhängig

## Gefahrenstellen

Auf sicheren Stand achten. Die SuS sollen mit verschiedenen Untergründen vorsichtig umgehen, damit sie sich nicht schneiden. Es ist darauf zu achten, dass nichts herunter fällt.

# Kraft - Schwimmen, Schweben und Sinken

Schülerversuch

Klassenstufe 7/8

Zeitlicher Umfang: 15 min

## Ziel des Versuches

Der Schüler kann die Begriffe Schwimmen, Schweben und Sinken unterscheiden  
Der Schüler kann begründen, warum ein Körper schwimmt, schwebt oder sinkt

## Aufgabe

Falte aus Alufolie ein Boot und bring es zum Schwimmen. Zerknülle dann das Boot, sodass es untergeht!

## Material

- Alufolie
- Waschbecken mit Stopfen/  
Schüssel mit Wasser
- Evtl. Holzklötz

## Aufbau und Durchführung

Schwimmen: Eine Wanne/ das Waschbecken wird mit Wasser gefüllt. Aus Aluminiumfolie wird ein Schiff oder Hohlkörper geformt und auf der Wasseroberfläche platziert. Dafür werden zwei Seiten der Aluminiumfolie verdreht (siehe Bild).



Als Boot gefaltete Aluminiumfolie zeigt "schwimmen"

Sinken: Danach wird der Körper zusammengedrückt. Ein einfaches Zusammenknüllen reicht jedoch nicht, man muss die Alufolie sehr dicht zusammendrücken, damit diese wie ein Vollkörper ohne Hohlräume wird. Dann wieder auf der Wasseroberfläche platzieren und loslassen (siehe unteres Bild).



Dicht geknüllte Aluminiumfolie zeigt "sinken"

Schweben: Ein Holzklötz kann einige Tage in Wasser eingetaucht werden, damit dieser sich vollsaugt. Dann kann dieser ebenfalls im Wasser platziert werden. Es bietet sich an, diesen einige cm unter der Wasseroberfläche zu platzieren. Alternativ kann auch versucht werden, die Aluminiumfolie etwas weniger stark als beim Sinken zusammenzuknüllen. Die Alufolie muss schrittweise dichter geknüllt werden, bis die Kugel schwebt.

## Beobachtung

Schwimmen: Der Hohlkörper wird auf der Wasseroberfläche schwimmen, zu seinem Volumen zählt auch die eingeschlossene Luft, deren Dichte wesentlich geringer als die des Wassers ist. Wenn der Hohlkörper beim Untertauchen nicht mit Wasser vollläuft, wird er wieder steigen. Das Boot wird wieder höher steigen, wenn man es etwas nach unten drückt.

Sinken: Der Vollkörper wird nach dem Loslassen auf der Wasseroberfläche bis zum Boden des Gefäßes sinken.

Schweben: Der Holzklotz wird seine Höhe im Wasser kaum verändern (bestenfalls auf gleicher Höhe bleiben)

## Physikalischer Hintergrund

Die Dichte eines Körpers gibt das Verhältnis von Masse  $m$  zu dessen Volumen  $V$  an. Ist die Dichte eines Körpers größer als die einer Flüssigkeit, so wird dieser sinken, sobald man ihn in der Flüssigkeit loslässt. Bei gleicher Dichte von Flüssigkeit und Körper schwebt der Körper. Dieser wird dementsprechend weder aufsteigen noch sinken. Bei geringerer Dichte des Körpers, als der Flüssigkeit wird dieser aufsteigen, sofern man ihn unter der Oberfläche loslässt und dann an der Oberfläche schwimmen. Auf den Körper in der Flüssigkeit wirkt die Gewichtskraft des Körpers ( $F_G$ ), wobei  $V$  das Volumen des Körpers ist und  $\rho$  die Dichte des Körpers. Die Auftriebskraft ( $F_A$ ) wirkt der Gewichtskraft entgegen, wobei  $V$  das Volumen der verdrängten Flüssigkeit ist und  $\rho$  deren Dichte.

Formelzeichen	Größe	Einheit	Formel
$\rho$	Dichte	$\frac{g}{m^3}$	$\rho = \frac{m}{V}$
$F_G$	Gewichtskraft	N	$F_G = m \cdot g = V \cdot \rho \cdot g$
$F_A$	Auftriebskraft	N	$F_A = V \cdot \rho \cdot g$

## Fehlvorstellungen

Die Luft im Boot zählt nicht zu dem Körper, demzufolge wäre die Dichte von Boot und Vollmaterial gleich  $\rightarrow$  das Boot müsste auch sinken

## Gefahrenstellen

An der Alufolie kann man sich schneiden. Bei einem Glasgefäß auf Sicherem Stand achten. Elektrogeräte vom Wasser fernhalten. Möglichst Handtücher oder ähnliches zum Abtrocknen der Hände bereitlegen.

# Kräfte - Oberflächenspannung

Schülerversuch

Klassenstufe 7/ 8

Zeitlicher Umfang: 10 min

## Ziel des Versuches

Die SuS können die Oberflächenspannung als Kraftwirkung beschreiben

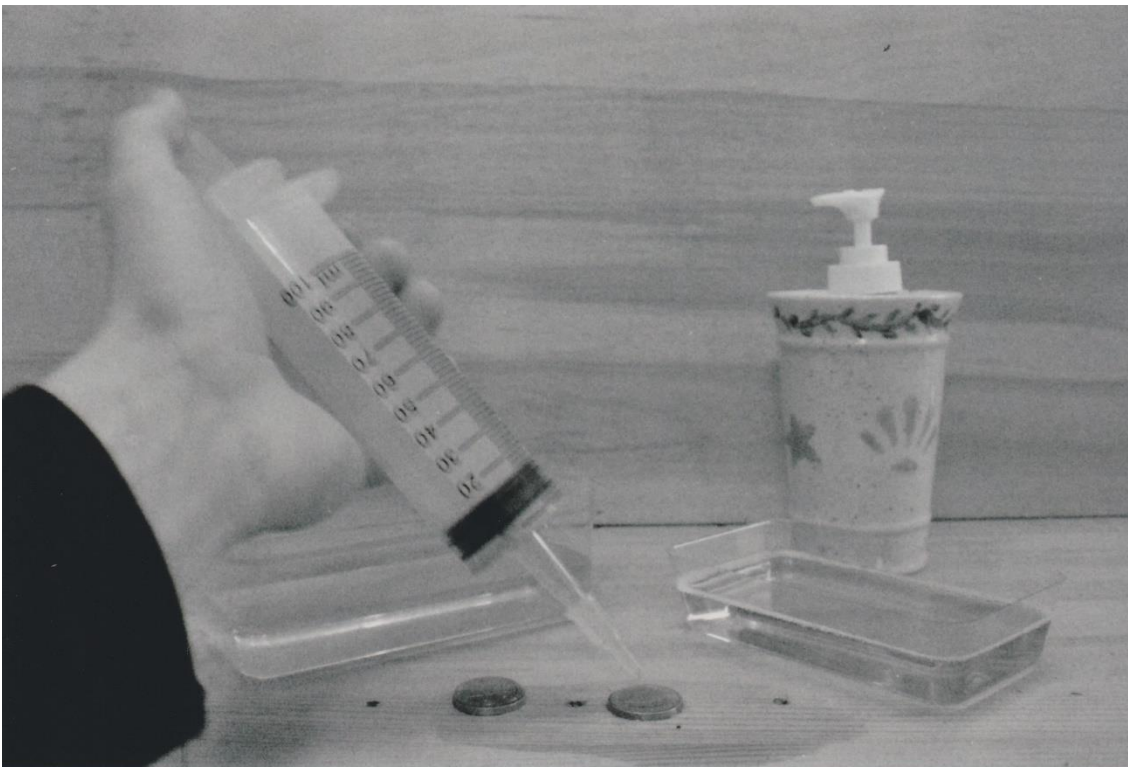
## Aufgabe

Überprüfe, ob mehr Tropfen Leitungswasser oder Seifenwasser auf eine 2€- Münze passen.

## Material

- Wasser
- Seife
- 2 €- Münze
- Kleine Spritze

## Aufbau und Durchführung



Es wird mit der kleinen Spritze Wasser auf die Münze getropft. Es können auch die Tropfen gezählt werden. Es wird solange Wasser auf die Münze getropft, bis diese „ausläuft“. Das selbe wird mit Seifenwasser wiederholt.



## Beobachtung

Im ersten Versuchsteil bildet sich ein großer Tropfen auf der Münze. Wenn der Versuch mit Seifenwasser durchgeführt wird, passen deutlich weniger Tropfen auf die Münze.

## Physikalischer Hintergrund

Ursache der Oberflächenspannung sind die zwischen den Molekülen der Flüssigkeit wirkenden, anziehenden Kohäsionskräfte. Sie sind nach allen Seiten gleich stark und heben sich daher im Innern der Flüssigkeit gegenseitig auf. An der Oberfläche aber wirken sie nur in Richtung des Flüssigkeitsinnern, weswegen die Oberflächenmoleküle eine geringere Anziehung und daher auch eine geringere Bindungsenergie spüren. Die Bindungsenergie wird also am größten (und damit die Gesamtenergie des Systems am niedrigsten!), wenn die Oberfläche so klein wie möglich wird. Aus diesem Grund nehmen beispielsweise Tropfen oder Seifenblasen (annähernd) kugelförmige Gestalt an.

Je mehr Tropfen vorhanden sind, umso größer ist die Gewichtskraft, welche nach unten wirkt und somit das Gleichgewicht der Kohäsionskräfte (Wechselwirkungskräfte) im Inneren der Flüssigkeit zerstört. Wenn die Gewichtskraft größer, als die Kohäsionskräfte ist, reißt die Verbindung zwischen den Teilchen und der große Tropfen auf der Münze beginnt zu zerfließen.

Wenn das Wasser mit Seife versetzt ist, sind die Anziehungskräfte der Wasserteilchen von vorne herein verringert. Daher überwiegt die Schwerkraft schon bei einer viel geringeren Größe des Tropfens.

## Fehlvorstellungen

---

## Gefahrenstellen

Die Münzen sollten auf einem Handtuch liegen. Das Wasser sollte nicht getrunken werden.

# Druck – Schweredruck vs. Luftdruck

Schülerversuch

Klassenstufe 7/ 8

Zeitlicher Umfang: 10 min

## Ziel des Versuches

Die SuS kennen die Allseitigkeit des Druckes

Die SuS können das Zustandekommen des Schweredruckes beschreiben

Die SuS kennen den Luftdruck

## Aufgabe

Untersuche, ob der am Untersetzer wirkende Luftdruck der Umgebung größer ist, als Schweredruck der Flüssigkeit!

## Material

Die Schüler sollten in der Stunde vor dem Versuch aufgefordert werden, für die nächste Stunde ein Glas oder Becher mitzubringen und einen Untersetzer. Statt des Bechers kann auch eine Trinkflasche verwendet werden. Statt es untersetzters kann auch eine Pappe verwendet werden.

- Alle Materialien sind **nicht im Koffer** enthalten
- Glas
- Untersetzer
- Wasser

## Aufbau und Durchführung

Das Glas wird mit Wasser gefüllt (der Füllstand spielt keine Rolle). Danach wird der Untersetzer auf die Öffnung gelegt, festgehalten (etwas andrücken, die Glasöffnung muss vollständig verschlossen sein) und dann das Glas vorsichtig umgedreht. Wenn die mit dem Untersetzer verschlossene Öffnung nach unten zeigt, kann der Untersetzer vorsichtig losgelassen werden.

Zum Beenden des Versuches bietet es sich an beim Zurückdrehen des Glases, den Untersetzer wieder festzuhalten.

Der äußere Luftdruck kann z. B. am Barometer einer Wetterstation abgelesen werden oder es wird der Normdruck von 101300 Pa verwendet. ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ )

## Beobachtung

Nach dem Umdrehen des Glases fließt das Wasser nicht heraus und der Untersetzer bleibt haften.



## Physikalischer Hintergrund

Der Druck in Gasen und Flüssigkeiten wirkt allseitig. (Im Gegensatz dazu wirkt der Auflagedruck nur in Richtung der Fläche, auf der der Körper aufliegt). Je höher die Füllstandshöhe eines Gefäßes, desto höher ist der Druck – auch als Schweredruck bezeichnet – am Boden dieses.

Der Schweredruck kann berechnet werden mit  $p = \rho \cdot g \cdot h$ . (wobei  $\rho$  die Dichte der Flüssigkeit ist).

Der Luftdruck wirkt von allen Seiten auf das Glas, so auch von unten gegen den Untersetzer. Gegen den äußeren Luftdruck wirkt der Schweredruck der Flüssigkeit im Glas. Dieser ist geringer als der entgegenwirkende Luftdruck. Daher wird der Untersetzer gegen das Glas gedrückt und verschließt dieses.

## Fehlvorstellungen

Der Druck wirkt nur nach unten oder nur zu einer Seite

Der Luftdruck ist viel zu gering, um den Deckel am Glas zu halten

## Gefahrenstellen

Es ist auf Glasbruch zu achten, und der Versuch sollte über dem Waschbecken probiert werden.



# Druck – einfacher Flaschenteufel

Schülerversuch

Klassenstufe 7/ 8

Zeitlicher Umfang: 20 min

## Ziel des Versuches

Der Schüler kann den Auftrieb als eine Folge des Schweredruckes beschreiben.

Der Schüler kann beschreiben, wann Körper schwimmen, schweben, sinken oder steigen.

Der Schüler kann die Kompressibilität von Gasen in Verbindung mit der Änderung ihrer Dichte bringen.

## Aufgabe

Baue einen einfachen Flaschenteufel, tue ihn in eine Flasche und versuche ihn durch unterschiedlich starkes Drücken zum Untergehen, bzw. wieder Aufsteigen zu bringen.

## Material

- Filmdose
- Mehrere Münzen (nicht im Koffer enthalten)
- Flasche mit großer Öffnung und Deckel (z. B. Fruchtsaftflasche)
- Wasser
- Anstatt der Filmdose mit Münzen kann auch ein gekaufter Flaschenteufel verwendet werden

## Aufbau und Durchführung

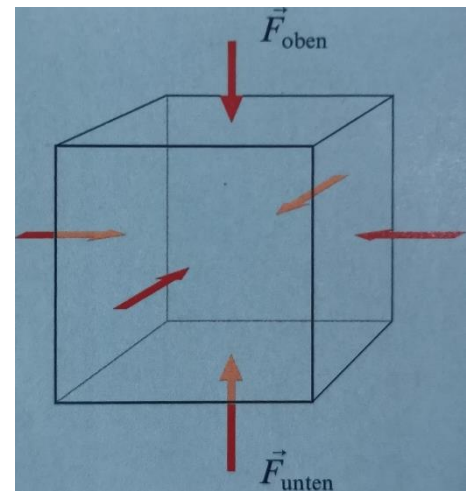
Stich mit einer Nadel oder der Zirkelspitze in den Boden der Filmdose ein kleines Loch. Lege die zwei 2€ Stücke in die Filmdose und fülle sie zu ca.  $\frac{2}{3}$  mit Wasser. Es können auch mehr Münzen in die Dose gelegt werden und diese dafür weniger voll mit Wasser gefüllt werden. Tue die Dose dann in die randvollgefüllte Flasche (möglichst über dem Waschbecken) und verschließe die Flasche fest. Durch unterschiedlich starkes Drücken an der Flasche wird die Dose in Bewegung versetzt.



**Beobachtung:** Beim Zusammendrücken der Flasche bewegt sich die Dose nach unten. Wenn man wieder loslässt, bewegt sich die Dose zurück nach oben. Wenn man mit etwas weniger Kraft drückt, kann man es schaffen, dass die Dose in der Mitte „stehen bleibt“.

## Physikalischer Hintergrund

Wie beim Versuch „Schwimmen, schweben, sinken“. Jedoch ist noch wichtig, dass Gase kompressibel sind, also mit steigendem Druck ihr Volumen geringer wird, bzw. man durch äußere Krafteinwirkung ihr Volumen verringern kann. Bei Flüssigkeiten (und Feststoffen) ist das nicht möglich.



*Wirkende Kräfte auf einen Körper in einer Flüssigkeit aufgrund des Schweredruckes. (Die Gewichtskraft ist nicht eingezeichnet)*

Mit zunehmender Tiefe steigt in Flüssigkeiten der Schweredruck  $p_s$ . Wenn ein Körper in eine Flüssigkeit eingetaucht ist, wirkt von vorne, hinten, links und rechts aufgrund des Schweredruckes eine Kraft. Die Kräfte an diesen Seiten (siehe Abb. rechts) sind gleich groß und heben sich aufgrund der entgegengesetzten Richtung auf. Auf die untere Seite des Körpers wirkt jedoch eine größere Kraft ( $F_{\text{unten}}$ ) als auf die obere Seite ( $F_{\text{oben}}$ ), (siehe Abb. rechts), da der Schweredruck mit zunehmender Tiefe steigt. Somit ist die an der unteren Seite nach oben gerichtete Kraft ( $F_{\text{unten}}$ ) größer, als die an der oberen Seite nach unten wirkende Kraft ( $F_{\text{oben}}$ ). Dies führt in Summe zu einer nach oben gerichteten Kraft, der Auftriebskraft  $F_A$ . Zusätzlich zu den durch den Schweredruck entstandenen Kräften wirkt noch die Gewichtskraft nach unten, der Auftriebskraft entgegen. Die Auftriebskraft ist im Allgemeinen so groß wie die Gewichtskraft der durch den Körper verdrängten Flüssigkeit.

## Fehlvorstellungen

Beim Sinken wirkt nur eine Kraft von oben und beim Steigen nur eine von unten, bzw. beim Schweben wirken keine Kräfte. Hier muss man darauf eingehen, dass bei der Addition von Kräften ihre Richtung zu beachten ist (Kraft als Vektorgröße)

Je weiter der Körper unter Wasser ist, desto größer ist die Auftriebskraft. Das kann man gut durch Rechnung für zwei verschiedene Eintauchtiefen widerlegen.

## Gefahrenstellen

Es besteht Schnittgefahr beim Umgang mit der Nadel. Beim Experimentieren mit Wasser sind elektrische Geräte fern zu halten und es ist auf Rutschgefahr zu achten. Man sollte nicht zu stark an der Flasche drücken, damit diese nicht platzt

Bildquelle:

Helmut F. Mikelskis und Hans- Joachim Wilke (Hrsg.): Physik Plus, Gymnasium Klasse 8, Sachsen; 1. Auflage 2005 (S. 21).

# Druck – Hydraulische Anlage mit Arztspritzen

Lehrerversuch

Klassenstufe 7/ 8

Zeitlicher Umfang: 15 min

## Ziel des Versuches

Die SuS können den Aufbau einer hydraulischen Anlage beschreiben

Die SuS kennen den Zusammenhang zwischen Fläche und Hubstrecke, sowie zwischen Fläche und Kraft an einer hydraulischen Anlage

## Aufgabe

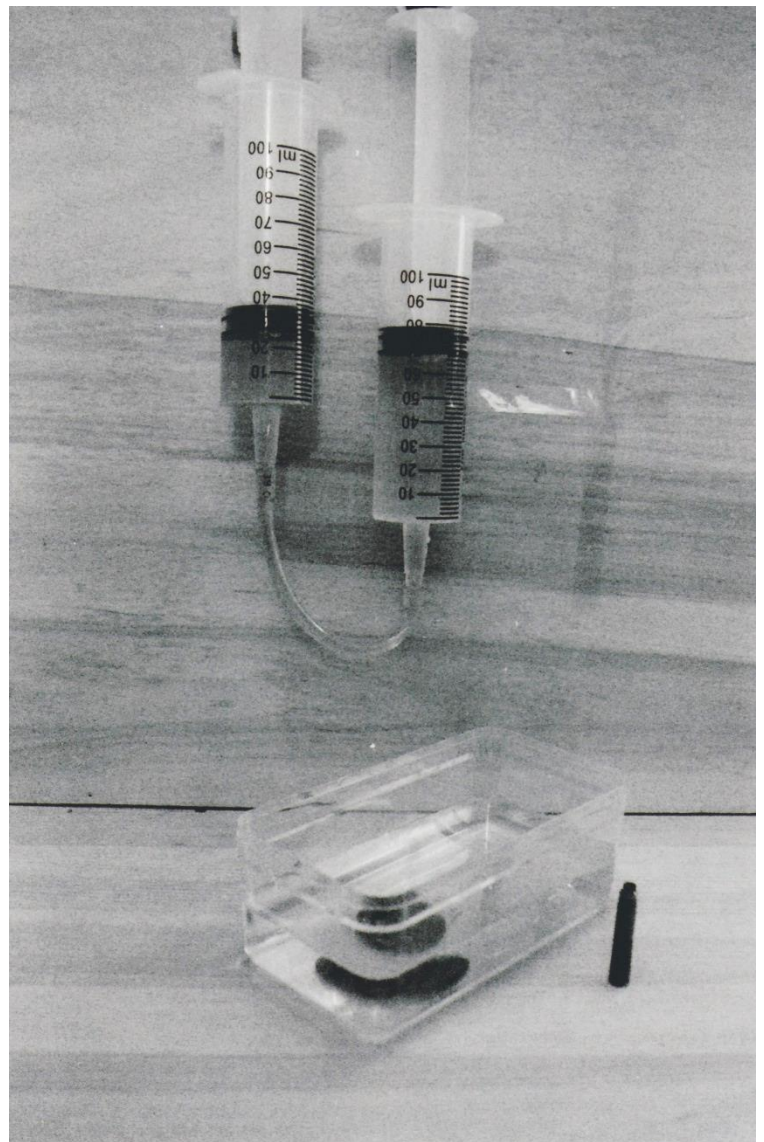
Untersuche den Einfluss des Durchmessers der Spritze auf die wirkende Kraft und den Hub.

## Material

- 2 gleiche Spritzen
- Spritze mit geringerem Durchmesser
- (Spritze mit größerem Durchmesser)
- Schlauch
- Eingefärbtes Wasser (z. B. mit Tinte)

## Aufbau und Durchführung

Der Durchmesser der Spritzen wird gemessen, dazu kann auch der Schieber herausgezogen werden. Die zwei gleich großen Spritzen werden zur Hälfte mit Wasser gefüllt (es darf keine Luft in der Spritze sein). Dazu kann das Wasser mit der Spritze angesaugt werden. Anschließend wird die Spritze mit der Öffnung nach oben gedreht und die restliche Luft herausgedrückt. Der Verbindungsschlauch wird ebenfalls mit Wasser gefüllt und mit diesem die Spritzen verbunden. Die Spritzen werden gut sichtbar an der Tafel befestigt (mit Magneten oder ausreichend Klebeband). Die ml- Markierungen können zum Messen der Strecke benutzt werden.



Man schiebt den Schieber einer Spritze um einige cm herein und misst die Längendifferenz. Dann liest ein Schüler Längendifferenz an der

anderen Spritze ab. Nun zieht man an der ersten Spritze und der Schüler liest wieder die Längenänderungen ab. Selbes wird nun mit Spritzen unterschiedlicher Querschnittsflächen durchgeführt, indem man einmal an der Spritze mit größerer Querschnittsfläche drückt und dann zieht und dies dann an der Spritze mit geringerer Querschnittsfläche wiederholt. Es kann auch das verdrängte Wasservolumen der Spritzen verglichen werden. Ebenso kann man einen Schüler oder mehrere auffordern, an den Spritzen zu schieben oder zu ziehen.

*Hinweis:*

große Spritze: 1 ml entspricht 0,15 cm; Durchmesser = 2,9 cm

kleine Spritze: 1 ml entspricht 0,31 cm; Durchmesser = 2 cm

Es kann für jedes Spritzenpaar das Produkt  $l \cdot A$  gebildet werden ( $A = 2\pi r$ ,  $l$  ist die Längenänderung an der Spritze).

## Beobachtung

Bei den Spritzen mit gleicher Querschnittsfläche sind die Längenänderungen gleich, egal ob man drückt oder zieht. An welcher Spritze man eine Kraft aufwendet spielt auch keine Rolle.

Bei unterschiedlichen Spritzen muss man an der kleineren weniger Kraft aufwenden, um den Schieber an der Spritze mit größerer Querschnittsfläche zu bewegen. Dafür ist die Strecke, die der Schieber zurücklegt an der größeren Spritze wesentlich geringer. An der großen Spritze muss man wesentlich mehr Kraft aufwenden, dafür ist auch die Längenänderung der Spritze mit geringerem Querschnitt größer. Das Volumen an Flüssigkeit, was an einer Spritze verdrängt wurde, ist in der anderen Spritze zusätzlich hineingeflossen.

Das Produkt  $l A$  ist bei jedem Spritzenpaar für beide Spritzen gleich.

## Physikalischer Hintergrund

Hydraulik nutzt die Eigenschaft von Flüssigkeiten aus, nicht kompressibel zu sein. Durch den Flüssigkeitsstrom wird Energie übertragen. Es werden zwei Hydraulikzylinder benötigt. An einem wird eine Kraft ausgeübt, die einen Druck in der Flüssigkeit aufbaut. Dadurch wird die Flüssigkeit zum zweiten Hydraulikzylinder gepresst. Der gleiche Druck wirkt auch am zweiten Zylinder. Entscheidend ist das Verhältnis der Querschnittsflächen der Hydraulikzylinder. Auch hier gilt die goldene Regel der Mechanik (Was man an Kraft einspart, muss man an Weg mehr zurücklegen).

Durch die Bewegung des Schiebers in der Spritze wird ein Volumen verdrängt oder angesaugt. Diese Volumenänderung muss durch eine Bewegung des Schiebers in der zweiten Spritze ausgeglichen werden (Es kann kein Wasser im System verloren gehen oder neu hinzukommen). Mit  $l \cdot A$  wurde die Volumenänderung in der Spritze berechnet, die bei beiden Spritzen im Paar gleich war. Für gleiche Volumen muss bei größerer Längenänderung damit die Querschnittsfläche kleiner sein, also auch der Radius/ Durchmesser. Der Druck ist überall im System gleich. Mit der Formel für den Druck  $p = F/A$  lässt sich erkennen, dass mit Doppelter Querschnittsfläche am Zylinder auch die doppelte



Kraft wirkt. Durch die doppelte Querschnittsfläche muss die Längenänderung halbiert werden, damit das Volumen ( $V = l \cdot A$ ) gleich bleibt. Das lässt sich für alle beliebigen Verhältnisse berechnen.

### Fehlvorstellungen

Die wirkende Kraft ist nicht von der Fläche der Spritze abhängig

Bei beiden Spritzen muss unabhängig vom Querschnitt der gleiche Hub zu beobachten sein

Das Wasser wird komprimiert

Die Spritzen müssen gleich angeordnet sein, damit die Gesetzmäßigkeiten gelten. Um das zu widerlegen, kann man eine Spritze um  $90^\circ$  oder einen beliebigen Winkel drehen und den Versuch wiederholen.

### Gefahrenstellen

Beim Experimentieren mit Wasser muss Abstand zu elektrischen Einrichtungen gehalten werden. Es sollten Hefter/ Vorbereitungsmaterialien bei Seite gelegt werden und Handtücher bereitgelegt werden. Auf Spritzer beim Umgang mit der Tinte achten, die lassen sich schlecht aus der Kleidung entfernen





# Bewegungen – gleichförmige Bewegung

Schülerversuch	Klassenstufe 9/ 10	Zeitlicher Umfang: 45 min
----------------	--------------------	---------------------------

## Ziel des Versuches

Die SuS kennen den linearen Zusammenhang zwischen Weg und Zeit bei einer gleichförmigen Bewegung.

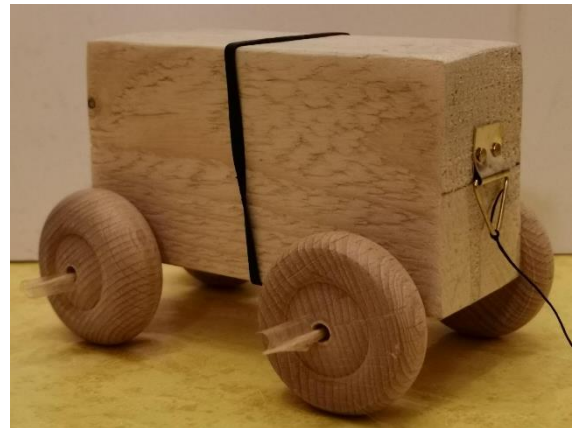
## Aufgabe

Baue einen Experimentierwagen und ziehe diesen möglichst gleichförmig über den Tisch. Miss alle 3 s die zurückgelegte Strecke.

Zeichne zu deinen Messwerten ein  $s-t$ -Diagramm!

## Material

- Holzquader
- 4 Holzräder
- 4 Zahnstocher
- Klebeband
- Langes Lineal/  
Gliedermaßstab (**nicht** im Koffer)
- Stoppuhr (Handy)
- Faden



Fertig gebauter Experimentierwagen

## Aufbau und Durchführung



Unterseite des Experimentierwagens

Aus dem Holzklotz wird ein Experimentierwagen gebaut: Mittig an die kleinste Seite wird mit zwei Nägeln die Klappöse befestigt und an dieser der Faden verknotet. Dann werden die Zahnstocher als Achsen an der langen, dünnen Seite des Holzklotzes mit langen Streifen Klebeband befestigt. Die Zahnstocher sollten möglichst straff mit Klebeband befestigt werden und exakt senkrecht zur Fahrtrichtung stehen, damit der Wagen gerade fährt. Ein späteres Feinjustieren ist noch möglich. Es können



Radhalterung

auch mit der Ständerbohrmaschine passend Löcher für die Achsen in den Klotz gebohrt werden. In diese können die Zahnstocher nun hereingesteckt werden. Es empfiehlt sich aber, diese nicht einzukleben, da der Klotz noch für andere Versuche benötigt wird. Es werden die Räder auf die Zahnstocher gesteckt und an den Enden der Zahnstocher großzügig Klebeband gewickelt, damit die Räder nicht herunterrutschen.

Der Holzquader wird gleichmäßig entlang eines Gliedermaßstabes gezogen. Dabei wird mit einer Stoppuhr oder Handy die Zeit gestoppt und alle 3 s die zurückgelegte Strecke abgelesen und in eine Tabelle eingetragen, bzw. mit abwischbarem Folienstift am Gliedermaßstab markiert. Man kann anschließend mit  $v = \frac{s}{t}$  die Geschwindigkeit ausrechnen. Wenn man den Wagen über eine längere Strecke hinweg zieht, kann man zur Überprüfung der errechneten Geschwindigkeit mittels der App PhyPhox die Geschwindigkeit des Wagens messen. Das ist allerdings sehr ungenau. Dazu muss die Standortfunktion aktiviert sein. In der App dazu die Funktion „Standort (GPS)“ aufrufen, das Menü „Einfach wählen“ und das Smartphone auf dem Wagen platzieren. Dann mit dem Pfeil (▶) starten. Es kann einige Sekunden dauern, bis das Smartphone bereit zur Messung ist. Nach ca. 2m Fahrstrecke kann man eine Geschwindigkeit ablesen.

Ebenso ist es möglich, mit der PhyPhox- Funktion „Beschleunigung (ohne g)“ im Menü „Betrag“ die Beschleunigung zu messen. Dazu das Handy auf den Klotz legen und mit ▶ die Messung starten.

## Beobachtung

Der Wagen legt in gleich langen Zeitabständen gleich lange Strecken zurück. Die am Smartphone abgelesene Geschwindigkeit ist nahezu konstant. Die am Smartphone abgelesene Beschleunigung ist nahe  $0 \frac{m}{s^2}$  (Jedoch kommt es durch unruhiges Fahren des Wagens zu großen Abweichungen).

## Physikalischer Hintergrund

Bei der gleichförmigen Bewegung ist die Beschleunigung  $a = 0 \frac{m}{s^2}$  und damit bleibt die Geschwindigkeit konstant ( $v = \text{konst.}$ ). Das entspricht auch der Aussage des 1. Newtonschen Axiomes (Trägheitsgesetz): Solange die Summe der auf einen Körper einwirkenden Kräfte gleich null ist, bleibt dieser in Ruhe oder gleichförmiger Bewegung ( $F = m \cdot a$  und  $a = 0$ ). Die Kraft, die man zur gleichförmigen Bewegung eines Körpers aufbringen muss, gleicht die bewegungshemmende Reibungskraft aus (genügt dem 3. Newtonschen Axiom/ Wechselwirkungsgesetz).

Das Weg- Zeit- Gesetz lautet:  $s = v \cdot t$ .

Aus dem Weg- Zeit- Gesetz folgt ein linearer Zusammenhang zwischen zurückgelegter Strecke und Zeit. In einem Zeitintervall von 1s wird immer die gleiche Strecke zurückgelegt, egal wie lange die Bewegung schon andauert. Die ungenaue Messung der Geschwindigkeit mit PhyPhox kommt durch die Messung mittels GPS zustande. Dass die angezeigte Beschleunigung nicht exakt  $0 \frac{m}{s^2}$  ist, kommt durch kleine Erschütterungen des Klotzes während der Bewegung zustande, der Sensor ist sehr sensibel.

## Fehlvorstellungen

Im  $s$ -  $t$ - Diagramm muss eine Gerade mit dem Anstieg Null entstehen.

## Gefahrenstellen

Darauf achten, dass der Holzklötz nicht vom Tisch herunterrollt oder das Handy herunterfällt. Auch könnten sich die SuS am Holzklötz einen Schiefer einziehen oder an den Zahnstochern stechen.

# Bewegungen - Fallschnur

Schülerversuch

Klassenstufe 9/ 10

Zeitlicher Umfang: 30 min

## Ziel des Versuches

Die SuS können den quadratischen Zusammenhang zwischen Weg und Zeit an freien Fall anwenden

## Aufgabe

Überprüfe mittels selbst gebauter Fallschnüre, den Zusammenhang zwischen Weg und Zeit. Baue dafür zunächst eine Schnur für einen linearen Zusammenhang und dann eine für  $s \sim t^2$ .

## Material

Faden

Perlen

Lineal/ Gliedermaßstab

## Aufbau und Durchführung

Es werden nacheinander die Fallschnüre fallen gelassen, dabei sollte die erste Kugel den gleichen Abstand zum Boden haben. Beim Fall wird auf die Abstände der Geräusche beim Auftreffen der Kugeln auf den Boden geachtet. Es bietet sich an, erst die Schnur fallen zu lassen, bei der die Kugeln im gleichen Abstand geknotet sind und danach die mit quadratisch wachsendem Kugelabstand.

### Lineare Fallschnur:

<b>Kugel</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Abst. Zur ersten in cm</b>	0	20	40	60	80	100

### Quadratische Fallschnur:

<b>Kugel</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Abst. Zur ersten in cm</b>	0	10	40	90	160	250

## Beobachtung

Bei der Schnur mit gleichen Kugelabständen werden die Abstände zwischen den Geräuschen immer kürzer. Bei der Schnur mit quadratischen Kugelabständen bleiben die Abstände zwischen den Geräuschen gleich lang.

## Physikalischer Hintergrund

Der freie Fall ist eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit der Beschleunigung  $a = g$ . Dabei ist  $g$  der Ortsfaktor oder die Fallbeschleunigung, die abhängig vom Ort ist. Man kann annehmen:  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ . Das Weg- Zeit- Gesetz lautet:  $s = \frac{g}{2} * t^2$  für einen Körper , den man aus dem Stillstand fallen lässt. Wenn man den Körper bei der Höhe  $h = 0$  fallen lässt, und die Strecke nach oben positiv definiert, muss man für  $g = -9,81 \frac{m}{s^2}$  einsetzen und erhält immer eine negative Strecke, das Minus gibt die Richtung (nach unten) an. Wenn man eine positive Fallbeschleunigung einsetzt, erhält man den Betrag der zurückgelegten Strecke.

Durch die wirkende Fallbeschleunigung wird die Geschwindigkeit der Fallschnur während des Falls immer weiter erhöht. Im Weg- Zeit- Gesetz sieht man, dass der zurückgelegte Weg quadratisch mit der Zeit größer wird. Oder auch: der während 1s zurückgelegte Weg wächst nach jeder vergangenen Sekunde im Fall immer stärker an. Der Gesamtweg wächst quadratisch Dies wird durch die quadratisch größer werdenden Abstände der Kugeln an der zweiten Fallschnur ausgeglichen.

## Fehlvorstellungen

- Oftmals wird der Zusammenhang zwischen Weg- und Zeit als linear angenommen
- Die Abstände werden mit der Zeit quadratisch größer (es ist aber die Gesamtstrecke, die zurückgelegt wurde)
- Positiver Wert von  $g$

## Gefahrenstellen

Da man eine lange Schnur bauen muss, sollte man zum Fallen lassen auf eine sichere Leiter gehen und dabei auf sicheren Stand achten. Auf Drehstühle sollte man sich nicht stellen. Beim Steigen auf einen Stuhl oder Tisch sollte auch dieser nicht kippen und eine zweite Person absichern.



# Bewegungen - Kreisel

Schülerversuch

Klassenstufe 9/10

Zeitlicher Umfang: 20 min

## Ziel des Versuches

Die Schüler sollen zwischen Zentrifugal- und Zentripetalkraft unterscheiden können.  
Die Schüler sollen den Einfluss der Drehzahl/ Winkelgeschwindigkeit auf die Zentrifugalkraft kennen.

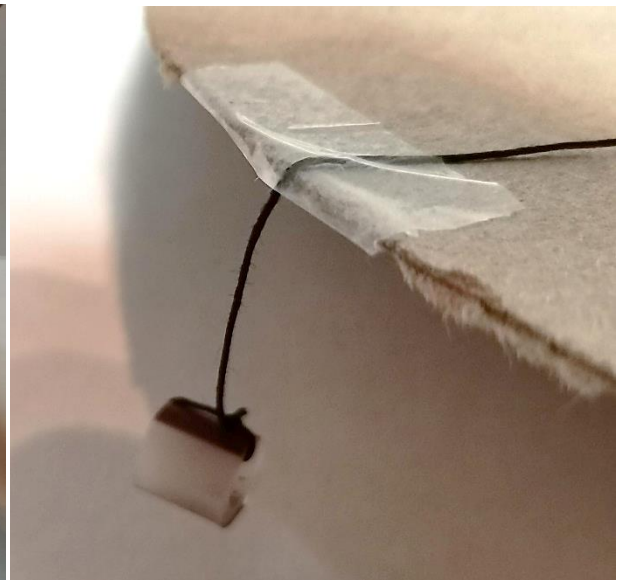
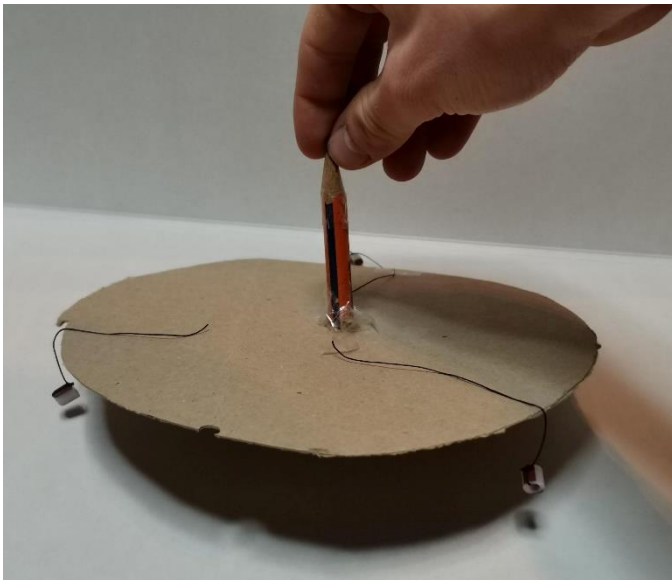
## Aufgabe

Baue ein Kreisel und untersuche die Auslenkung von herangehängten Körpern in Abhängigkeit von der Drehgeschwindigkeit.  
Unterschiedliche Schüler können Kreisel mit deutlich unterschiedlichem Durchmesser bauen.  
Untersuche dann den Einfluss des Radius bei gleicher Drehgeschwindigkeit auf die Zentrifugalkraft.

## Material

- Pappe (z. B. vom Schreibblock) (**nicht** im Koffer enthalten)
- Gespitzter Stift
- Unterlage
- Kleine Kunststoffringe/ Holzperlen mit Loch
- Klebeband

## Aufbau und Durchführung



Aus der Pappe der Rückseite eines Schreibblockes wird eine Scheibe mit möglichst großem Durchmesser (ca. 20cm) geschnitten. In der Mitte wird ein Loch gestochen und durch dieses ein gespitzter Bunt- oder Bleistift gesteckt. Alternativ kann auch ein Schaschlikspieß verwendet werden. Die Pappscheibe sollte etwa 3 cm über der Spitze angebracht werden und kann mit Klebestreifen fixiert werden. Von den Röhrcen werden drei kleine Stücke (ca. 4 mm) verwendet und

ein paar cm Schnur daran befestigt. Die Schnüre werden mit Klebeband außen an der Pappscheibe befestigt, sodass sie ganz knapp über dem Boden hängen (siehe Bilder).

Um den Tisch nicht zu beschmutzen, sollte ein Schmierblatt unter den Kreisel gelegt werden! Dann wird der Kreisel in verschiedenen Geschwindigkeiten gedreht und die Auslenkung der Schnüre beobachtet.

## Beobachtung

Die Kugeln bewegen sich beim angedrehten Kreisel nach außen und oben. Je schneller der Kreisel angedreht ist, desto weiter nach außen bewegen sich die Kugeln.

Bei mehreren Kreiseln mit deutlich unterschiedlichem Radius bewegen sich die Kugeln am Kreisel mit größerem Radius weiter nach außen.

## Physikalischer Hintergrund

Eine Kreisbewegung ist keine gleichförmige Bewegung. Es wird dazu eine neue Größe, die Winkelgeschwindigkeit ( $\omega$ ) eingeführt. Sie berechnet sich aus der Winkeländerung pro Zeit. Bei gleichmäßiger Rotation kann zwar der Betrag der Geschwindigkeit gleich bleiben, dennoch ändert sich ständig die Richtung. Es handelt sich also um eine beschleunigte Bewegung, bei der Kräfte wirken. Nach außen wirkt die Zentrifugalkraft und nach innen die Zentripetalkraft. Die Zentripetalkraft hält den Körper auf seiner Kreisbahn. Zentrifugal- und Zentripetalkraft sind vom Betrag gleich groß (folgt auch dem dritten Newtonschen Axiom), aber in ihrer Richtung entgegengesetzt.

Durch die Drehbewegung wirkt auf die Kugeln die Zentrifugalkraft. Diese zieht die Kugeln nach außen. Entgegen wirkt die Gewichtskraft der Kugeln als rückstellende Kraft. Die rückstellende Kraft ist umso größer, je größer die Auslenkung ist. Die Position der Kugel ist in der Höhe, in der die rückstellende Kraft gleich dem Betrag der Zentrifugalkraft ist. Bei schnellerer Drehung des Kreisels oder größerem Radius ist die Zentrifugalkraft größer, somit kann die Kugel weiter ausgelenkt werden, bis ihre rückstellende Kraft wieder gleich dem Betrag der Zentrifugalkraft ist.

*Tipp:* Eine fehlende Zentripetalkraft kann man darstellen, indem man einen Kunststoffring oben auf den Kreisel legt. Dieser wird beim Andrehen nach außen rutschen. Oder man lässt einen Kunststoffring auf den sich drehenden Kreisel fallen.

## Fehlvorstellungen

Eine gleichmäßige Drehbewegung ist nicht beschleunigt  
Schwierigkeiten bei Unterscheidung von Zentripetal- und Zentrifugalkraft

## Gefahrenstellen

Es muss auf eine Unterlage unter den Kreisel geachtet werden, damit der Tisch nicht durch den Stift bemalt wird. Die Schüler könnten sich mit der Schere oder am Papier schneiden.

# Bewegungen - Fadenpendel

Schülerversuch

Klassenstufe 9/ 10

Zeitlicher Umfang: 30 min

## Ziel des Versuches

Die Schüler kennen die Einflüsse auf die Periodendauer eines Fadenpendels.

Die Schüler können Energieumwandlungen am Fadenpendel beschreiben.

Die Schüler können anhand des Fadenpendels eine mechanische Schwingung charakterisieren.

Die Schüler können anhand des Fadenpendels den Energieerhaltungssatz begründen.

## Aufgabe

2. Untersuche die Anhängigkeit der Masse bei konstanter Fadenlänge auf die Periodendauer.
3. Untersuche die Abhängigkeit der Fadenlänge bei konstanter Masse auf die Periodendauer
4. Untersuche die Energieerhaltung, indem du die potenzielle Energie an den Umkehrpunkten mit der kinetischen Energie nahe der Ruhelage vergleichst.

**Zusatz:** Untersuche die Übertragung der Schwingung eines Fadenpendels auf ein anderes durch Verbindung dieser mit einem Faden. Untersuche auch den Einfluss des Verhältnisses der Fadenlängen der verbundenen Fadenpendel.

## Material

Faden, ca. 1m

Mehrere gleiche Stifte oder Radiergummis (als Ersatz für Massestücke)

Stoppuhr (Smartphone)

## Aufbau und Durchführung

Den Faden kann man oben mit Klebeband am Tisch befestigen oder am Tragegriff des Koffers (NACHDEM das benötigte Material entnommen ist). An den Faden wird zunächst ein Stift gebunden, sodass dieser möglichst waagrecht hängt.

1. Der Faden wird möglichst lang gelassen ( $l > 50$  cm). Das Fadenpendel wird ausgelenkt und mindestens eine Schwingung abgewartet (Einschwingen). Dann werden mindestens 10 Perioden gemessen, dazu eignet sich als Marke ein Umkehrpunkt. Bei Beginn der Messung wird mit „Null“ angefangen zu zählen und die Messung bei „zehn“ gestoppt. Dies wiederholt man mindestens 5 mal für einen Stift. Das Verfahren wird nun mit mehreren angebundenen Stiften (größere Masse) wiederholt. Statt der Stifte kann auch der Holzklötz an das Fadenpendel gehangen werden und der Versuch mit 1 bis 5 Klötzen durchgeführt werden. Die Holzklötze können mit Gummis aneinander befestigt werden oder mit Klebeband. Für jede Messreihe (jede Masse/ Anzahl an Stiften) wird der Mittelwert der Periodendauer ausgerechnet. Die gemessene Zeit auf der Stoppuhr entspricht der zehnfachen Periodendauer. Die Masse eines Stiftes kann man z. B. mit einer Küchenwaage ermitteln. Folgende Messwerttabelle ist sinnvoll:

**Anzahl an Stiften:** \_\_\_\_\_

Messung Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
10 $T$ in s						
1 $T$ in s						



Mehrere Holzklötze am Fadenpendel, befestigt mit Gummis und Klebeband

2. Der Aufbau ist identisch mit 1. Nur wir bei der Versuchsdurchführung immer der selbe Stift, bzw. die selbe Anzahl an Stiften verwendet und diese nicht variiert. Es bietet sich eine große Masse an, da die Reibungsverluste und somit die Dämpfung geringer ist. Es wird jetzt die Fadenlänge für jede Messreihe variiert. Es bieten sich möglichst große Fadenlängen an. Die Fadenlängen sollten sich deutlich unterschiedlich sein. Die Messwerttabelle aus 1. kann wieder verwendet werden. Statt der zugehörigen Masse muss die Fadenlänge darüber vermerkt werden.

3. Es empfiehlt sich, den Faden möglichst lang zu lassen, die Masse des angehängten

Körpers hat keinen Einfluss auf die Schwingungsdauer. Es werden verschiedene Höhen markiert, zu welchen das Pendel ausgelenkt wird. Daraus kann die maximale potenzielle Energie berechnet werden. Die Geschwindigkeit kann durch Abschätzen der Strecke, die das Pendel in 1s zurücklegt grob geschätzt werden. Die Strecke sollte möglichst symmetrisch um die Gleichgewichtslage sein. Je länger die Fadenlänge ist, desto besser klappt der Versuch.

Wenn auf dem Smartphone die App Phyphox heruntergeladen ist, kann mit der „Fadenpendel“-Funktion auch die Periodendauer und Frequenz gemessen werden. Dazu muss die Messung gestartet werden und das Smartphone z. B. in einer 1l Gefriertüte am Fadenpendel befestigt werden.

**Zusatz:**

Es können zwei gleichlange Fadenpendel verwendet werden und verschiedene Massen an ihnen befestigt werden. Auch kann bei gleichen Massen die Fadenlänge variiert werden.

Für den Resonanzversuch können die zwei Fadenpendel mit einem Faden, etwa in der Mitte ihrer Fadenlänge verbunden werden. Die Verbindungsschnur sollte mit einem leichten Massestück (z. B. Radiergummi) gestrafft werden. Es wird dann nur ein Fadenpendel ausgelenkt (Erregerpendel) und die Amplitude (maximale Auslenkung) des anderen beobachtet oder z. B. mit einem Lineal gemessen. Die Fadenlänge des Erregerpendels wird variiert. Bei maximaler Auslenkung des angeregten Pendels werden die Fadenlängen beider Pendel gemessen.



## Beobachtung

**Aufgabe 1 und 2:** Nach einer Auslenkung schwingt das Fadenpendel symmetrisch um seine Gleichgewichtslage, die Amplitude nimmt jedoch mit der Zeit ab. Die angehängte Masse/ Anzahl an Stiften hat keinen Einfluss auf die Schwingungsdauer, jedoch die Fadenlänge. Je länger die Fadenlänge ist, desto größer ist auch die Schwingungsdauer.

**Aufgabe 3:** Beispielmessung (Fadenlänge = 136cm): ACHTUNG: Das ist nur eine Abschätzung!

$$\Delta h = 4,5 \text{ cm}$$

$$\Delta s = 20 \text{ cm}$$

$$\Delta t = \text{ca. } 2,5 \text{ s}$$

$$\rightarrow \underline{E_{\text{kin}} = 0,016\text{J}}$$

$$\rightarrow \underline{E_{\text{pot}} = 0,022\text{J}}$$

Es sollten viele Zeitmessungen gemacht werden. Dabei immer darauf achten, dass die Amplitude gleich bleibt. Größter Fehler ist die persönliche Reaktionszeit.

**Zusatz:** Wenn die beiden gekoppelten Fadenpendel die selbe Länge (also auch gleiche Periodendauer) haben, tritt beim angeregten Pendel die maximale Amplitude auf.

## Physikalischer Hintergrund

Am Anfang befindet sich das Fadenpendel in der Ruhelage. Lenkt man dieses aus und lässt es dann los, führt es eine Schwingung aus. D. h. Der Angehängte Körper führt eine räumlich- zeitlich periodische Bewegung um seine Ruhelage aus. Dabei finden ständig Energieumwandlungen statt. Wenn der Körper maximal ausgelenkt ist, steht er zur Umkehr seiner Bewegungsrichtung einen Augenblick still. Zu diesem Zeitpunkt ist seine kinetische Energie gleich Null ( $E_{\text{kin}} = \frac{m}{2} * v^2$ ), dafür ist seine potenzielle Energie ( $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot \Delta h$ ,  $\Delta h$  ist die Höhendifferenz zur Ruhelage) maximal. Bei der Bewegung von der maximalen Auslenkung zur Ruhelage wird diese potenzielle Energie in kinetische Energie umgewandelt. Beim Durchgang durch die Ruhelage ist die Geschwindigkeit und damit auch die kinetische Energie am größten, dafür die potenzielle Energie am geringsten/ gleich null.

Die Formel für die Periodendauer beim Fadenpendel lautet:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

Resonanz tritt auf, wenn zwei gekoppelte Schwinger die gleiche Eigenfrequenz haben, d. h. wenn man sie sich selbst überlässt (einmalige Anregung von außen), schwingen diese mit der gleichen Periodendauer. Wenn diese verbunden werden und nur ein Schwinger angeregt wird, wird am anderen die Amplitude maximal. Die Energie des angeregten Schwingers wird auf den vorher stillstehenden übertragen

Die Schwingung um die Gleichgewichtslage erfüllt den Energieerhaltungssatz, was sich durch Vergleichen der potenziellen Energie bei maximaler Auslenkung und der kinetischen Energie beim Durchgang durch die Gleichgewichtslage abschätzen lässt. Die Amplitude nimmt jedoch mit der Zeit ab, da durch die Reibung des Fadens und Körpers mit der Luft ein Teil der Energie in Wärme umgewandelt wird.

Mit den Daten aus der App PhyPhox lässt sich der Zusammenhang  $T = \frac{1}{f}$  überprüfen.

Die Abhängigkeiten der Periodendauer von verschiedenen Größen lassen sich mit der Formel  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  nachprüfen.

Bei gleichen Fadenlängen sind auch die Periodendauern der gekoppelten Fadenpendel gleich, somit tritt Resonanz auf. Das angeregte Fadenpendel wird periodisch entlang seiner Bewegungsrichtung angeregt.

### Fehlvorstellungen

Die Periodendauer des Fadenpendels ist von der Masse abhängig. (Kommt auch bei kleinsten Abweichungen der Messwerte bei konstanter Fadenlänge vor. Da hilft eine ausführliche Fehlerbetrachtung)

Fadenlänge hat keinen Einfluss auf Periodendauer. Hier hilft wieder eine ausführliche Fehlerbetrachtung.

Die Energieerhaltung gilt nicht, da die Schwingung nach einiger Zeit zur Ruhe kommt. Hier muss auf die Reibungskraft eingegangen werden. Ebenso muss thematisiert werden, dass die Reibungskraft keinen Einfluss auf die Periodendauer hat.

### Gefahrenstellen

Es muss auf sicheren Stand möglicher Stative geachtet werden. Das Fadenpendel sollte nicht zu weit ausgelenkt werden, damit angehängte Gegenstände nicht vom Faden abfallen. Dann könnten die Schüler auch noch darauf ausrutschen.

# Kräfte – Schwerpunkt einer Dose

Schülerversuch

Klassenstufe 9/ 10

Zeitlicher Umfang: 20 min

## Ziel des Versuches

Die Schüler können aus verschiedenen Kräften eine resultierende bilden  
Die Schüler können Kräfte als Größen mit Betrag und Richtung charakterisieren  
Die Schüler kennen Einflüsse auf die Lage des Schwerpunktes eines Körpers

## Aufgabe

Untersuche den Einfluss der Position eines 2€ Stückes auf die Schräglage, bei der die Dose kippt.

## Material

- Filmdose
- 2€ Stück
- Holzlineal oder andere kippbare Auflagefläche

## Aufbau und Durchführung

Das 2€ Stück wird mit Klebeband an dem Boden der Filmdose befestigt. Die Dose wird mit Geldstück nach oben auf das Lineal/ ein Holzbrett/ eine Pappe gestellt und die Neigung der Fläche immer weiter erhöht, bis die Dose kippt (siehe Bilder rechts).

Im weiteren Versuchsteil wird die Dose so hingestellt, dass das Geldstück unten ist und die Fläche wieder soweit geneigt, bis die Dose umkippt. Es bietet sich an, z. B. Einen Bleistift oder anderes kleines Lineal/ Geodreieck mit Klebeband vor der Dose auf die Fläche zu kleben, damit die Dose nicht rutscht.

## Beobachtung

Die Dose kippt schon bei geringer Neigung, wenn das Geldstück oben ist. Wenn das Geldstück unten ist, kann man die Ebene viel weiter neigen, bis die Dose umkippt.

## Physikalischer Hintergrund

Der Schwerpunkt ist der Punkt, in dem man die gesamte Masse eines Körpers annimmt. Der Schwerpunkt wird auch Massenmittelpunkt bezeichnet. Wenn nur in diesem Punkt Kräfte angreifen, kommt es zu keiner Rotation des Körpers. Als Rotation kann schon das Kippen eines Körpers gesehen werden. Wenn die Kraft nur am Schwerpunkt angreift, kann sich der Körper nur entlang der

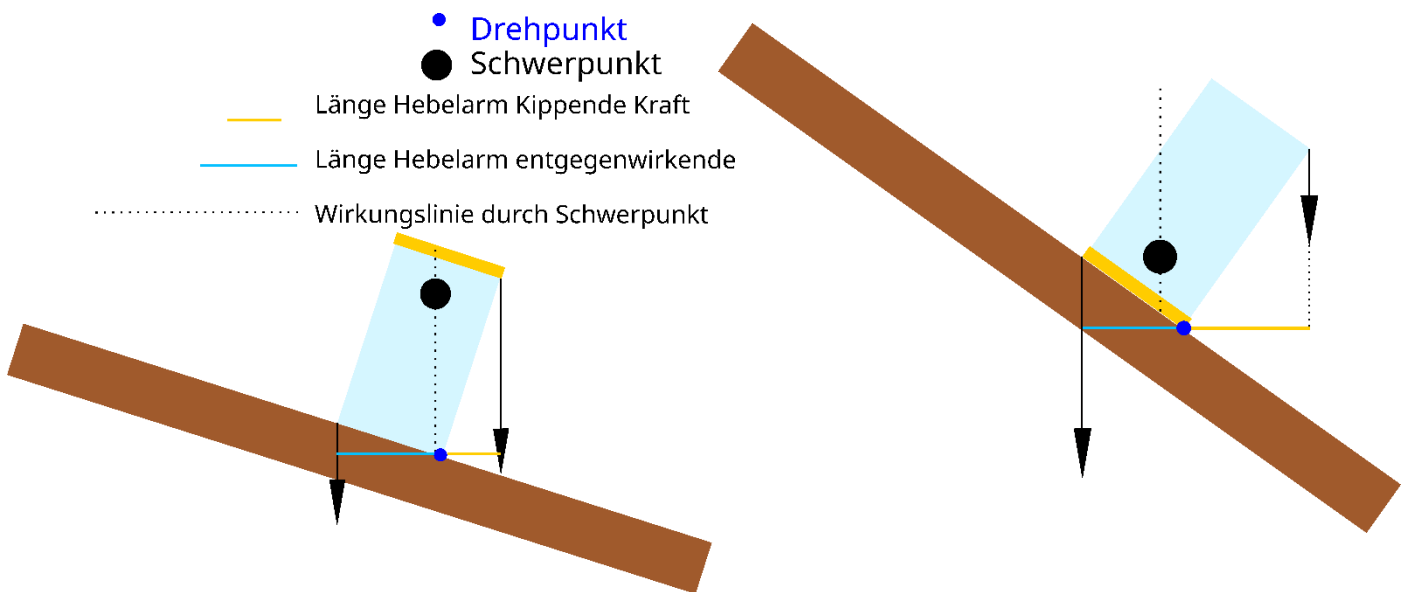


oben: Dose mit Münze oben  
unten: Dose mit Münze unten  
und Fixierung mit zwei Nägeln  
gegen Wegrutschen

Wirkungslinie mit einer Translationsbewegung bewegen. Kräfte, die außerhalb des Schwerpunktes angreifen führen zur Drehung eines Körpers.

Durch die Münze ist der größte Teil der Masse am oberen Teil der Dose. Der Schwerpunkt liegt folglich weit oben. Die Gewichtskraft, die auf der Seite hangabwärts wirkt ist deutlich größer, als jene, die die Dose vor dem Kippen bewahrt. Für genaue Berechnungen müssten noch die Abstände der Wirkungslinien der Kräfte vom Kippunkt beachtet werden und das Hebelgesetz angewendet werden.

Wenn die Münze unten an der Dose ist, liegt der Großteil der Masse unten und folglich der Schwerpunkt sehr weit unten. Die auf der hangabwärts gerichteten Seite wirkende Gewichtskraft ist sehr klein, da auch die Masse auf dieser Seite sehr klein ist. Auf der Bergseite ist ein Großteil der Masse und somit auch eine deutlich größere Gewichtskraft, die dem Kippen der Dose entgegen wirkt.



### Fehlvorstellungen

Es wirkt nur eine Kraft  
Masse ist im Körper gleich verteilt

### Gefahrenstellen

Beim Versuch ist auf Sicherem Stand zu achten

# Kräfte – Newtonsches Grundgesetz

Schülerversuch

Klassenstufe 9/ 10

Zeitlicher Umfang: 45 min

## Ziel des Versuches

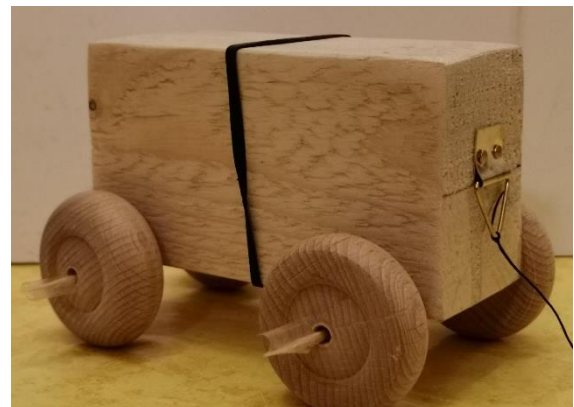
Die Schüler können eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung charakterisieren.  
Die Schüler kennen Einflussgrößen auf die Beschleunigung eines Körpers.

## Aufgabe

Untersuche den Einfluss der Kraft auf die Beschleunigung, indem du unterschiedlich große Massen an einen Faden hängst, der mit dem Experimentierwagen verbunden ist.  
Untersuche den Einfluss der Masse des Wagens bei gleicher angehängter Masse am Faden auf die Beschleunigung.

## Material

- Mehrere gleiche Stifte
- Ca. 1m Faden
- Holzklotz mit Klappöse und Nägeln
- 4 Holzräder
- 4 Zahnstocher oder 2 Schaschlikspieße
- Klebeband
- Smartphone



Fertig gebauter Experimentierwagen

## Aufbau und Durchführung



Unterseite des Experimentierwagens

Aus dem Holzklotz wird ein Experimentierwagen gebaut: An der kleinsten Seite des Holzklotzes wird mit zwei Nägeln die Klappöse befestigt und an dieser die Schnur befestigt. Dann werden die Zahnstocher als Achsen an der langen, breiten Seite des Holzklotzes mit mehreren langen Streifen Klebeband befestigt (siehe Abb. Links). Die Zahnstocher sollten möglichst straff mit Klebeband befestigt werden und exakt senkrecht zur Fahrtrichtung stehen, damit der Wagen gerade fährt. Ein späteres Feinjustieren ist noch möglich. Es können auch mit der Ständerbohrmaschine passend Löcher für die Achsen in den Klotz gebohrt werden. In diese können die Zahnstocher nun hereingesteckt werden. Es empfiehlt sich aber, diese nicht einzukleben, da der Klotz noch für andere Versuche benötigt wird. Es werden die Räder auf die Zahnstocher



Radhalterung

gesteckt und an den Enden der Zahnstocher großzügig Klebeband gewickelt, damit die Räder nicht herunterrutschen (siehe Abb. Rechts).

Am Wagen wird mit einer ca. 1m langen Schnur ein oder mehrere Stifte angehängt. Der Wagen wird so auf den Tisch gestellt, dass nur ein kurzer Teil der Schnur mit angehängten Stiften herunterhängt. Auf dem Tisch wird eine Strecke, z. B. 70cm markiert. Der Wagen wird am Anfang dieser losgelassen und die Zeit gemessen, die er zum zurücklegen dieser Strecke braucht. Durch Einsetzen in das *Weg-Zeit-Gesetz* kann die Beschleunigung ermittelt werden. Am Faden eignen sich die Massen zwischen 10g und 20g besonders gut, z. B. ein recht massiver Kugelschreiber (ist jedoch abhängig von der Masse des Wagens).

Es kann auch die Zeit zum Zurücklegen einer Strecke (z. B. 25cm) am Anfang der Gesamtstrecke und am Ende der Gesamtstrecke gemessen werden und diese verglichen werden.

Der Versuch kann mit verschiedener Anzahl an Stiften am Faden wiederholt werden, es kann auch die Masse des Wagens durch Auflegen von beliebigen Gegenständen erhöht werden.

Um die Beschleunigung zu berechnen wird mit  $F_B = m_{\text{Stifte}} \cdot g$  die beschleunigende Kraft durch die Stifte berechnet. Zur Ermittlung der Gesamtbeschleunigung muss die Masse der Stifte mit der des Wagens addiert werden. ( $m_{\text{Ges}} = m_{\text{Stifte}} + m_{\text{Wagen}}$ ). Die Masse des Fadens ist so gering, dass sie vernachlässigt werden kann. Bei Beladung des Wagens muss dessen Masse auch noch mit berücksichtigt werden.  $F = m \cdot a$  wird nach  $a$  umgestellt

$\rightarrow a = \frac{F_B}{m_{\text{ges}}}$  und man erhält die Beschleunigung, die der Wagen (und das Massestück) erfahren.

Die Messung der Beschleunigung kann auch mit der App PhyPhox auf dem Smartphone erfolgen. Damit das Smartphone auf den Wagen gelegt werden kann, muss dieses mit einem Gummiband oder Schnur auf dem Wagen fixiert werden. Es muss in der App die Funktion „Beschleunigung (ohne g)“ aufgerufen werden und dann das Menü „Betrag“. Mit ► wird die Messung gestartet. Somit kann während der Bewegung des Wagens der Wert als Zahlenwert abgelesen werden. Nach der Bewegung kann mit || die Messung pausiert werden. Im Diagramm kann der Verlauf der Beschleunigung angezeigt werden. Durch Reinzoomen kann man genauer ablesen. ACHTUNG: die Masse des Smartphones muss im Versuch berücksichtigt werden.

## Beobachtung

Je größer die angehängte Masse ist, desto größer ist die Beschleunigung. Je größer die Masse des Wagens ist, desto geringer ist die Beschleunigung. Die Zeit zum Zurücklegen einer Teilstrecke ist am Anfang der Bewegung größer als am Ende. Der errechnete Wert für die Gesamtbeschleunigung ist etwas größer als der gemessene.

Der Auf PhyPhox angezeigte Wert für die Beschleunigung sollte während der Messung ungefähr konstant sein. (Es entstehen jedoch unruhige Fahrt des Wagens sehr große Abweichungen).

## Physikalischer Hintergrund

Das zweite Newtonsche Axiom/ Newtonsches Grundgesetz sagt aus, dass die auf einen Körper wirkende Kraft umso größer ist, je höher die Beschleunigung ist. Weiterhin ist ablesbar: je größer die Masse eines Körpers ist, desto kleiner ist die Beschleunigung bei gleicher aufgewendeter Kraft.

Wenn man ein Massestück mit größerer Masse an die Schnur hängt, ist die beschleunigende Kraft  $F_B$  größer und damit auch die Gesamtbeschleunigung  $a$ . Durch die beschleunigte Bewegung wird die Geschwindigkeit im Verlauf dieser größer und somit die Zeit zum Zurücklegen einer bestimmten Strecke kleiner. Wenn man die Masse des Wagens erhöht, wird auch die Gesamtmasse des Systems  $m_{\text{Ges}}$  größer. Bei gleicher beschleunigender Kraft  $F_B$  wird damit die Gesamtbeschleunigung  $a$  kleiner.

Die Gesamtbeschleunigung ist konstant, da das Massestück am Faden durch seine Gewichtskraftkraft das System beschleunigt. Die Gewichtskraft ändert sich während es Versuches nicht und damit die beschleunigende Kraft für das System.

Der gemessene Wert für  $a$  ist durch die bewegungshemmende Reibungskraft etwas geringer als der errechnete.

Die Ausschläge im Diagramm in der PhyPhox App entstehen durch Erschütterungen bei der Rollbewegung des Wagens.

## Fehlvorstellungen

Die Masse des Wagens hat keinen Einfluss auf die Beschleunigung des Wagens  
Beschleunigung durch das Massestück in vertikale Richtung wird nicht in Verbindung mit der Beschleunigung des Wagens in horizontale Richtung gebracht.

## Gefahrenstellen

Es muss darauf geachtet werden, dass die Stifte und der Holzklotz nicht herunterfallen oder dass der Experimentierwagen versehentlich vom Tisch rollt. Beim Experimentieren mit dem Smartphone kann dieses z. B. mit einem Gummiband gegen Herunterfallen gesichert werden. Die Schüler könnten sich am Holzklotz Schiefer einziehen, darauf ist vor dem Versuch hinzuweisen. Die Schüler könnten sich an den Spitzen der Zahnstocher stechen.

# Kräfte - Trägheitsgesetz

Schülerversuch	Klassenstufe 9/ 10	Zeitlicher Umfang: 5 min
----------------	--------------------	--------------------------

## Ziel des Versuches

Die SuS können ein bekanntes Phänomen mit einem physikalischen Gesetz in Verbindung bringen  
 Die SuS können Alltagsbeispiele mit dem Trägheitsgesetz erklären

## Aufgabe

Untersuche, unter welchen Bedingungen die kleine Dose vom Untersetzer in das Glas fällt

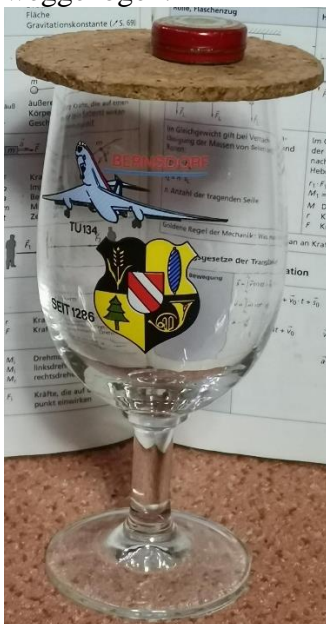
## Material

Die Schüler sollten in der Stunde vor dem Versuch aufgefordert werden, für die nächste Stunde ein Glas oder Becher mitzubringen und einen Untersetzer. Statt des Bechers kann auch eine Trinkflasche verwendet werden. Statt es Untersetzters kann auch eine Pappe verwendet werden.

- Alle Materialien sind **nicht im Koffer enthalten!!!**
- Kleine Dose/ Gegenstand (z. B. Radiergummi) oder Münze
- Glas
- Untersetzer/ Stück Pappe (z. B. von Blockrückseite)

## Aufbau und Durchführung

Der Untersetzer wird auf das Glas gelegt, darauf die Münze/ Dose/ Radiergummi. Zuerst wird der Deckel langsam weggezogen. Beim zweiten Mal wird der Deckel ruckartig und möglichst geradlinig weggezogen.



Glas vorher



beim langsamen Ziehen



beim schnellen Ziehen



## Beobachtung

Beim ersten Durchgang bleibt die Münze auf dem Untersetzer liegen. Im zweiten Durchgang fällt die Münze ins Glas. Das ist im besten Fall auch zu hören (die Münze wird von den hinteren Reihen möglicherweise nicht gesehen).

## Physikalischer Hintergrund

Das erste Newtonsche Axiom ist auch als Trägheitsgesetz bekannt: Ein Körper bleibt solange in gleichförmiger Bewegung ( $v = 0$  zählt auch dazu), solange die Summe der auf ihn einwirkenden Kräfte gleich Null ist. Das heißt, dass Kräfte wirken können, diese sich aber in ihrer Wirkung aufheben müssen. Da die Kraft eine Vektorgröße ist, gilt das Superpositionsprinzip (siehe auch Schülerkräftesuperposition). Um den Bewegungszustand eines Körpers zu ändern (d. h. ihn zu Beschleunigen) muss laut dem Newtonschen Grundgesetz ( $F = m \cdot a$ ) eine Kraft auf ihn wirken.

Im ersten Fall wirkt eine kleine Kraft, die die Münze beschleunigt. Die Haftreibungskraft zwischen Bierdeckel und Münze ist dabei größer als die der beschleunigenden Kraft entgegenwirkende. Hier findet das 3. newtonsche Axiom (Wechselwirkungsgesetz Anwendung): Zu jeder Kraft muss eine gleich große, entgegengerichtete Kraft wirken.

Beim zweiten Durchgang ist die Beschleunigende Kraft viel größer und somit auch die entgegenwirkende Kraft, die als Trägheit des Körpers wahrgenommen werden kann. Diese ist nun größer als die Haftreibungskraft zwischen Münze und Untersetzer. Somit wird die Münze nicht durch die Haftreibungskraft „mitgezogen“, sondern durch die der beschleunigenden Kraft entgegenwirkende Trägheit „festgehalten“. Solange der Untersetzer unter der Münze ist, wirkt die Schwerkraft der Münze entgegen (Wechselwirkungsgesetz). Nachdem der Untersetzer unter der Münze weggezogen ist, wirkt der Schwerkraft keine Kraft mehr entgegen und sie kann herunterfallen.

## Gefahrenstellen

Es ist auf einen sicheren Stand des Glases zu achten und es besteht die Gefahr von Glasbruch. Beim schnellen Wegziehen des Untersetzers sollte auf ausreichend Platz geachtet werden, damit die SuS nichts umstoßen.



# Erhaltungssätze – elastischer Stoß mit Murmeln

Schülerversuch

Klassenstufe 9/ 10

Zeitlicher Umfang: 15 min

## Ziel des Versuches

Die SuS können einen elastischen Stoß charakterisieren.

Die SuS können aus dem Versuch die Impuls- und Energieerhaltung folgern.

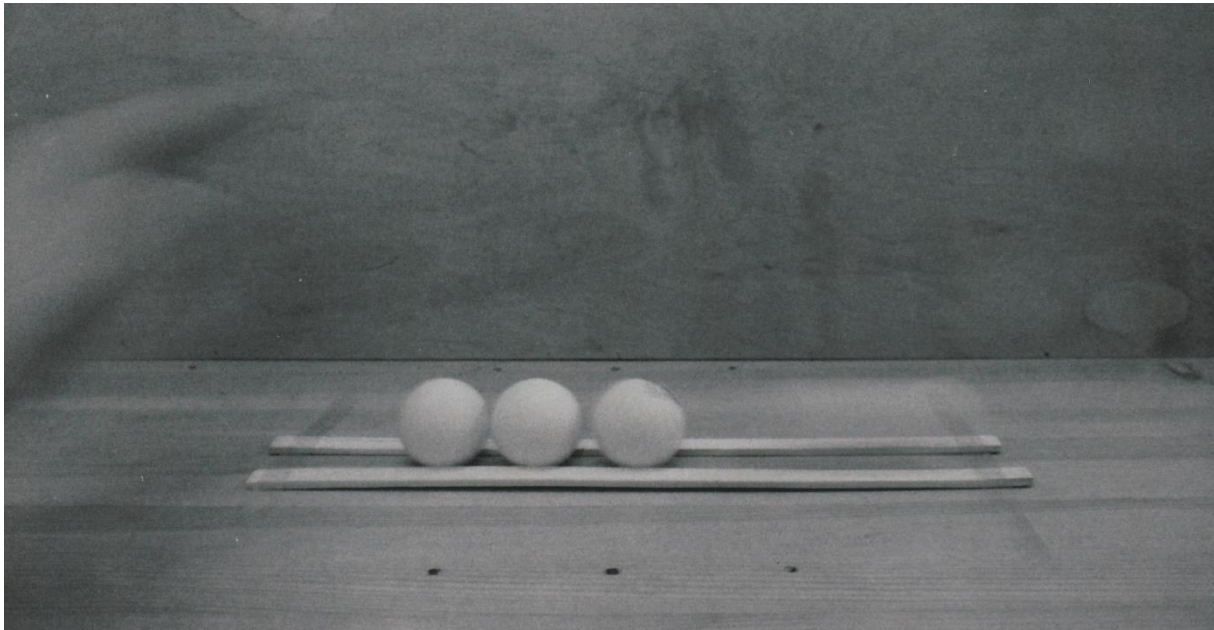
## Aufgabe

Baue mit zwei Linealen eine Führung für die Murmeln und rolle zunächst eine Murmel gegen mehrere ruhende. Wiederhole den Versuch mit mehreren rollenden Murmeln, die du gegen mehrere ruhende rollst.

## Material

- 2 Holzlineale (mind. 30 cm) (**nicht** im Koffer enthalten)
- Mehrere Murmeln
- Klebeband

## Aufbau und Durchführung



Es werden zwei Holzlineale nebeneinander auf den Tisch gelegt, sodass zwischen diesen eine Murmel hindurchrollen kann. Die Lineale dienen als Führung und können vorne und hinten jeweils mit einem Streifen Klebeband fixiert werden. Eine Murmel wird in die Mitte der „Bahn“ gelegt. Die andere wird am Anfang in Richtung der ruhenden Murmel angestoßen. Die Anzahl der ruhenden Kugeln kann beliebig erhöht werden. Zuletzt kann auch die Anzahl der bewegten Kugeln erhöht werden. Die Ausrichtung der Lineale ist wichtig: Die Murmeln dürfen nicht zu viel Spiel haben, sollten aber auch

nicht auf dem Lineal aufliegen. Mit Fineliner oder nicht permanentem Folienstift kann auf einem Kunststofflineal oder einem mit Farbe behandeltem Holzlineal eine Startlinie in der Mitte (bei der ruhenden Kugel) markiert werden, die nach dem Versuch wieder weggewischt werden kann. Der Tisch sollte für den Versuch möglichst waagrecht sein. Das kann man probieren, indem man eine Murmel auf dem Tisch loslässt. Diese sollte nicht wegrollen. Wenn der Tisch nicht ganz waagrecht steht und das nicht zu beheben ist, empfiehlt es sich, den Versuch in Richtung bergauf durchzuführen.

Statt der Murmeln können auch Tischtennisbälle oder Flummis verwendet werden.

## Beobachtung

Die vorher bewegte Kugel bleibt nach dem Stoß stehen. Es bewegt sich nur die letzte Kugel wenn mehrere ruhende Kugeln von einer Kugel angestoßen wurden. Es bewegen sich immer so viele von den ruhenden Kugeln nach dem Stoß, wie es anstoßende Kugeln gab. Es bewegen sich immer die letzten Kugeln fort. Die angestoßenen Kugeln bewegen sich nach dem Stoß etwa mit der Geschwindigkeit (etwas langsamer), mit der sie angestoßen wurden.

## Physikalischer Hintergrund

Es gilt als Voraussetzung der Energieerhaltungssatz: Es kann weder Energie vernichtet noch hergestellt werden. Energie kann immer nur von einer Form in eine andere umgewandelt werden. Hier wird angenommen, dass keine thermische Energie aufgrund von Reibung entsteht und für das System verloren geht. Ebenso gilt der Impulserhaltungssatz: die Summe aller Impulse ( $p = m \cdot v$ ) vor dem Stoß ist gleich der Summe der Impulse nach dem Stoß.

Die kinetische Energie der bewegten Kugel wird auf die ruhende Kugel übertragen. Da Energieerhaltung gilt und die anstoßende Kugel nach dem Stoß keine kinetische Energie mehr besitzt, muss ihre gesamte Energie auf die angestoßene Kugel übertragen worden sein. Daher bewegt sich diese auch mit der gleichen Geschwindigkeit weiter. Wenn eine Kugel gegen mehrere stößt, kann sich wiederum nur eine fortbewegen, da für die Bewegung einer weiteren Energie entstehen müsste, dies widerspricht aber dem Energieerhaltungssatz. Wenn zwei Kugeln anstoßen, muss die kinetische Energie zweier Kugeln übertragen werden, diese reicht wiederum, um genau zwei Kugeln in Bewegung zu versetzen.

Neben dem Prinzip der Energieerhaltung, gilt auch das Prinzip der Impulserhaltung. Die Summe aller Impulse vor und nach dem Stoß muss gleich sein.

Impuls:  $p$ ;  $p = m \cdot v$  ( $m$  = Masse des Körpers;  $v$  = Geschwindigkeit).

## Fehlvorstellungen

Es rollen nicht so viele von den ruhenden Kugeln weg, wie rollende Kugeln diese angestoßen haben. Die Energie geht verloren, weil die Kugeln nach dem Stoß langsamer rollen. Hier ist auf die Reibung einzugehen!

**Gefahrenstellen:** Darauf achten, dass die SuS die Murmeln nicht durchs Zimmer werfen. Aufpassen, dass die Murmeln nicht vom Tisch rollen, dann besteht die Gefahr von Glasbruch und die Schüler könnten darauf ausrutschen.



