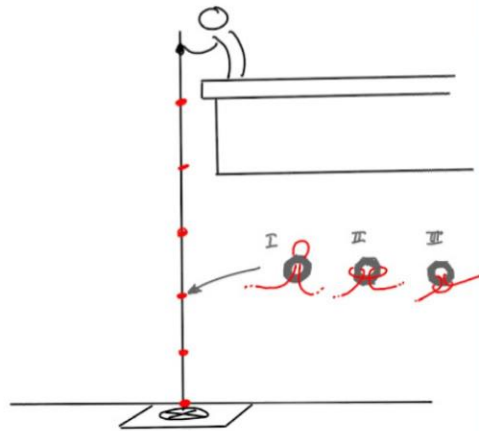




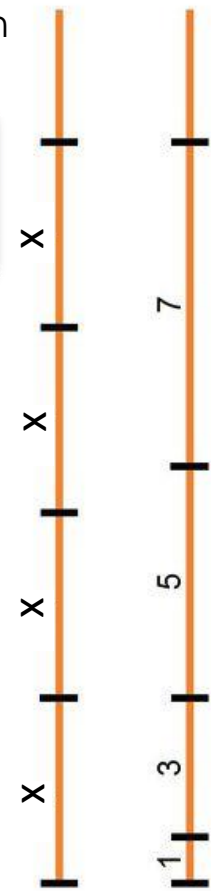
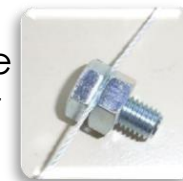
Material

- ✓ 2 Schnüre, je ca. 2m lang
- ✓ 10 Schrauben
- ✓ 10 Muttern
- ✓ 1 Backblech
- ✓ Mobiltelefon oder Tablet mit Stativ

Die Fallschnur

Schneide zwei Schnüre zu je 2 Meter Länge zurecht. Befestige 5 Gewichte entsprechend der Grafik an den beiden Schnüren. Beachte dabei das Verhältnis der Abstände.

Multipliziere die jeweilige Zahl beispielsweise mit 10cm. Bei der zweiten Schnur entspricht x einer gleichen Länge.



Halte die Schnüre mit dem untersten Gewicht nahe (5cm) über das Backblech und lasse sie nach einander auf das Backblech fallen.

Filme das Experiment mit der Kamera-App im Zeitlupen-Modus und betrachte die Aufnahmen. Höre genau hin und achte auf die zeitlichen Abstände der Aufschläge.

Diskutiere mit deinem Lernpartner nebenstehende Tabelle:

t	s	Δs	$\Delta(\Delta s)$
0	0		
1	1	1	2
2	4	3	2
3	9	5	2
4	16	7	

Fachbegriffe: Erdbeschleunigung, freier Fall, gleichmässige Beschleunigung, regelmässig, unregelmässig, Abstände



Der Reaktionsstab

Markiere den Stab vom Ende her gemessen an folgenden Stellen:

Fallhöhe (cm)	5	20	45	80	125
Falldauer (s)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5

Halte das Ende des Stabes über die wie ein «U» geformte Hand deines Lernpartners.

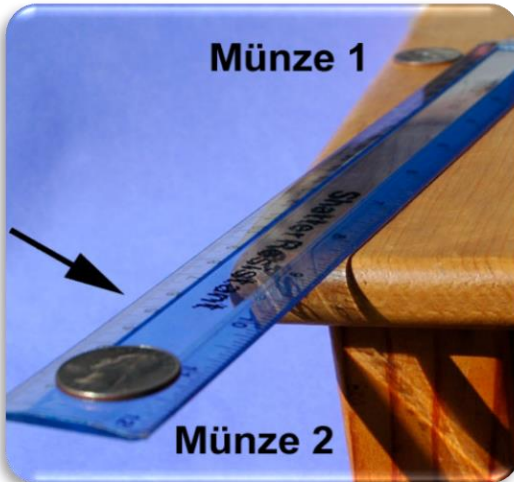
Lasse den Besenstiel ohne Vorwarnung fallen. Dein Partner versucht, den Stab möglichst schnell zu greifen.

An welcher Stelle gelingt es, den Stab festzuhalten? Tauscht die Rollen und vergleicht eure Reaktionszeiten.

Material

- ✓ 1 Stab, ca. 1,5m
- ✓ Filzstift
- ✓ Massband

Fachbegriffe: Erdanziehungskraft, freier Fall, gleichmässige Beschleunigung, Zeit, Strecke



Zwei fallende Münzen

Lege die eine Münze auf das Lineal und die zweite Münze auf die Tischkante, wie auf dem Bild zu sehen ist.

Schlage mit dem zweiten Lineal gegen die Stelle, die auf dem Bild mit einem Pfeil markiert ist. Wichtig ist dabei, dass das liegende Lineal ruckartig in Bewegung gesetzt wird.

Tipp: Damit das Lineal nicht wegfliegt, kannst du das Lineal am Drehpunkt in der Mitte ganz leicht festhalten. Idealerweise macht man den Versuch über einem harten Fussboden, auf dem man den Aufprall der Münzen gut hört.

Wiederhole den Versuch mehrere Male. Was kannst du beobachten?

Material

- ✓ 2 Münzen
- ✓ 2 Lineale



Fachbegriffe: *Erdanziehungskraft, freier Fall, gleichmässige Beschleunigung, unabhängige Bewegung*



Zwei fallende Kugeln



Nimm eine Kugel aus Holz und eine aus Stahl, beide mit gleichem Durchmesser.

Nimm beide Kugeln in die Hand und schätze ihr Gewicht. Welche Kugel wird schneller fallen, wenn du beide exakt gleichzeitig und aus gleicher Höhe fallen lässt?

Lege beide Kugeln auf eine schräge Unterlage an der Tischkante. Sorge dafür, dass die Kugeln auf das Backblech fallen und so beim Aufprall ein klar hörbares Geräusch verursachen. Fixiere beide Kugeln mit dem Lineal, so dass du diese durch schnelles Hochheben des Lineals exakt zeitgleich fallen lassen kannst.

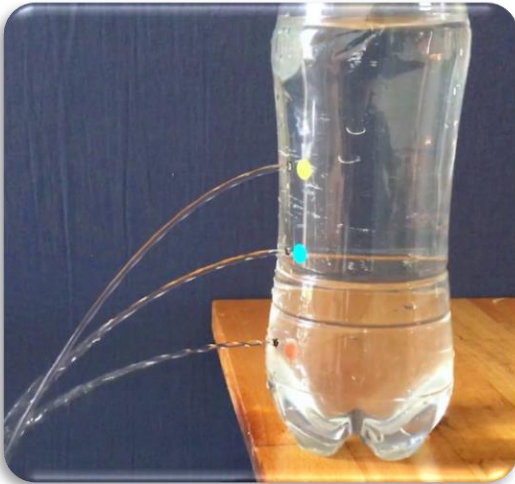
Wiederhole das Experiment 4-5 Mal. Was kannst du beobachten?

Zusatzfrage: Welche Person ist auf dem Bild dargestellt?

Material

- ✓ 1 Holzkugel
ø 10 -16 mm
- ✓ 1 Stahlkugel
ø 10 -16 mm
- ✓ Buch oder Holzbrett
- ✓ 1 Lineal
- ✓ 1 Backblech

Fachbegriffe: *Erdanziehungskraft, freier Fall, gleichmässige Beschleunigung, Dichte, Gewichtskraft*



Eine Sekunde Schwerelosigkeit



Stich drei kleine Löcher übereinander in die PET-Flasche. Fülle die Flasche mit Wasser. **Tipp:** solange du mit dem Daumen die Flaschenöffnung verschliesst, läuft kein Wasser heraus.

Stelle sie neben das Waschbecken und beobachte, wie das Wasser aus den Löchern fliesst.

Was kannst du beobachten?

Lasse nun die volle Flasche aus grosser Höhe fallen. Verschliesse dazu zuerst die Öffnung mit dem Daumen, damit vor dem «Start» kein Wasser herausfliesst.

Was kannst du während dem freien Fall beobachten?

Material

- ✓ 1 PET-Flasche
- ✓ Stechahle
- ✓ Wasser

Fachbegriffe: Erdanziehungskraft, Wasserdruck, freier Fall, Schwerelosigkeit



Material

- ✓ 1 Calliope mini
- ✓ 1 SD-Card Breakout
- ✓ Styropor
- ✓ Klebeband

Freier Fall mit dem «Calliope mini»

Baue eine Landekapsel für den «Calliope mini» aus Styropor und Klebeband.



Schliesse den SD-Card-Breakout an den «Calliope mini» an und programmiere ein Daten-Logging-Programm für den Beschleunigungssensor.

Teste das Programm, indem du den «Calliope mini» in der Hand schüttelst. Wenn alles funktioniert, wirf den sicher verpackten «Calliope mini» aus dem obersten Stockwerk.

Wiederhole das Experiment 4-5 Mal. Welche Werte kannst du messen? Was sagen diese Werte aus?

Fachbegriffe: *Erdanziehungskraft, freier Fall, gleichmässige Beschleunigung, Schwerelosigkeit*



Eggonaut



Konstruiere eine Landekapsel aus einfachen Materialien, die ein rohes Ei sicher vor einem Aufschlag auf den Boden bewahrt. Wirf deine Konstruktion aus dem ersten Stockwerk des Schulhauses.

Falls das Ei den Fall überlebt, wiederhole das Experiment aus dem nächst höheren Stock. Falls das Ei zerbricht, verbessere deine Konstruktion und teste erneut. Fahre auf diese Weise fort, bis du den obersten Stock erreichst.

Wird das Ei in deiner Landekapsel den Aufschlag unbeschadet auch aus dem obersten Stockwerk des Schulhauses überstehen?

Zum Vergleich: Lasse ein rohes Ei ohne Schutzvorkehrung aus Stehhöhe in eine Pfanne oder Schüssel fallen.

Material

- ✓ 1 rohes Ei
- ✓ Styropor
- ✓ Karton, Papier
- ✓ Schnur
- ✓ Klebeband
- ✓ Seidenpapier
- ✓ Trinkhalme
- ✓ Ballone

Fachbegriffe: Beschleunigung, negative Beschleunigung, Wirkung (Verformung) durch Kräfte, abfedern



Die schwere Zeitung

Lege das Lineal so auf den Tisch, dass es zu einem Drittel über die Tischkante hinausragt.

Lege das Zeitungsblatt auf das Lineal.

Schlage mit der Hand auf den überstehenden Teil des Lineals. Vorsicht! Ein zu starker Schlag kann das Lineal brechen!

Was kannst du beobachten?

Material

- ✓ 1 Doppelseite aus einer Tageszeitung
- ✓ 1 Lineal aus Holz

Fachbegriffe: Luft, Gewicht, Fläche, Luftdruck



Papier stoppt Wasser

Fülle ein Glas ganz oder teilweise mit Wasser und lege ein Stück festes Papier oder Karton darauf.

Halte das Glas über das Waschbecken oder eine Schüssel. Drücke das Stück Papier oder Karton fest und drehe das Glas um.

Lass das Papier oder den Karton nun vorsichtig los.

Was beobachtest du?

Material

- ✓ 1 Glas
- ✓ 1 Stück Karton oder Papier
- ✓ Wasser



Fachbegriffe: Luftdruck, Kraft, Gewicht, Luft,



Gegen eine Zeitung rennen

Nimm ein Blatt aus einer Tageszeitung und halte sie vor deine Brust. Lass die Zeitung los.

Was passiert?

Halte die Zeitung erneut vor deine Brust und renne los. Lass die Zeitung los.

Was beobachtest du?

Material

✓ Tageszeitung

Fachbegriffe: Luftwiderstand, Geschwindigkeit, Luft, Kraft



Luft ist nicht Nichts

Binde den Faden mittig an den Holzstab und befestige je einen Ballon an den Enden des Stabes.

Halte das Ganze am Faden so, dass sich der Stab waagrecht hält. Verschiebe den Knoten des Fadens falls nötig.

Puste einen der Ballons auf und befestige ihn danach wieder am Stab.

Was kannst du beobachten?

Material

- ✓ 1 langer Holzstab
- ✓ 2 Party-Ballone
- ✓ Schnur
- ✓ 2 Papierklammern

Fachbegriffe: Luft, Gewicht, Luftdruck, Spannkraft (des Ballons)



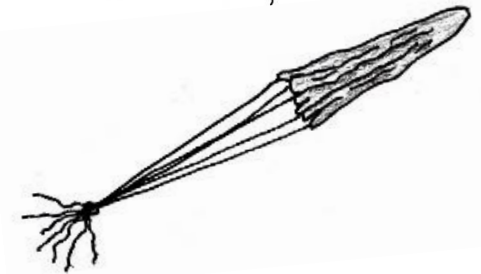
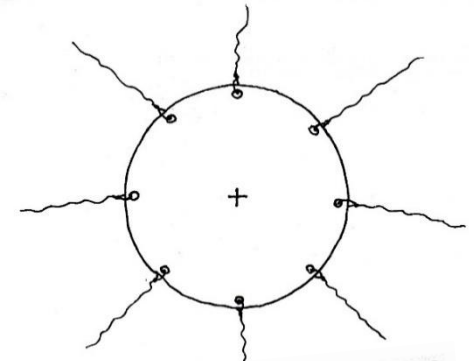
Papierfallschirme

Konstruiere 2-3 Testfallschirme aus Seidenpapier mit einem Durchmesser von 10-30 Zentimetern. Klebe acht Lochverstärkungsringe in regelmässigen Abständen an den Rand.

Knote acht Fäden durch die Verstärkungsringe. Die Fäden müssen etwa 20-40 Zentimeter lang sein.

Halte den Fallschirm in der Mitte und streiche mehrmals das Papier und die Fäden in eine Richtung. Wenn alle Fäden straff sind, kannst du sie verknoten.

Befestige verschiedene Gewicht an deinen Fallschirmen und teste diese. Was stellst du fest?



Material

- ✓ Seidenpapier
- ✓ Bindfaden
- ✓ Lochverstärkungsringe
- ✓ Div. Gewichte

Fachbegriffe: Luftwiderstand, fallen, bremsen, Verhältnis, Gewicht, Fläche



Heliumballone

Befülle 3-5 Party-Ballone mit Helium und binde sie an einem dünnen Bindfaden fest.

Nimm ein kleines Gewicht und befestige so viele Ballone daran, bis diese das Gewicht gerade noch leicht anheben können.

Wie viel Gewicht kann ein einzelner Ballon heben? Wie funktioniert das?

Material

- ✓ 3-5 Party-Ballone
- ✓ Helium
- ✓ dünner Faden
- ✓ Kleine Gewichte
- ✓ Evtl. Waage

Fermi-Fragen

1. Wie viele Ballone bräuchtest du, um die Etui in den Himmel steigen zu lassen?
2. Wie viele Ballone wären nötig, um dich durch die Luft zu tragen? Wie viel würde das etwa kosten?

Fachbegriffe: Dichte, Luft, Helium, Auftrieb, Kraft, Gewicht, Masse, Erdanziehungskraft



Schichtwechsel

Gib als erstes den Sirup in den Becher. Am besten lässt du ihn über den Rücken eines Esslöffels langsam in das Glas laufen, bis dieses zu einem Viertel gefüllt ist. Als nächstes kommt die selbe Menge Speiseöl und nun noch genauso viel Wasser. Warte bis sich die verschiedenen Flüssigkeiten in Schichten abgesetzt haben.

Lege vorsichtig die verschiedenen Gegenstände ins Glas, um herauszufinden, welche davon schwimmen, welche sinken und welche schweben.

Was kannst du beobachten?

Material

- ✓ 1 Glas (5dl)
- ✓ Speiseöl
- ✓ Sirup
- ✓ Wasser
- ✓ Schraube
- ✓ Traube
- ✓ Legostein
- ✓ Haselnuss

Fachbegriffe: *Flüssigkeit, Dichte, Gewichtskraft, schwimmen, sinken, schweben*



Die Eintauchwaage

Lege das kleine Gewicht in den Plastikbecher. Platziere den Becher vorsichtig im grossen, mit Wasser gefüllten Wasserbehälter.

Um die «Eintauchwaage» zu eichen, giesst du nacheinander 20ml (in der Summe 20ml, 40ml, 60ml, usw.) Wasser in den Plastikbecher und markierst die Eintauchtiefe jedes mal mit dem wasserfesten Filzstift.

Leere den Becher und lege das kleine Gewicht wieder hinein.

Wäge weitere kleine Gegenstände mit deiner Eintauchwaage. Vergleiche deine Ergebnisse mit einer richtigen Waage. Wie genau stimmen die Ergebnisse überein? Vergleiche!

Würde deine Waage auch im Toten Meer (Bild) oder einer anderen Flüssigkeit, z.B. Öl, funktionieren?

Material

- ✓ Plastikbecher
- ✓ Kleines Gewicht
- ✓ wasserfester Filzstift
- ✓ Grosser Glasbehälter
- ✓ Wasser
- ✓ Messbecher (100ml)
- ✓ Weitere Gegenstände

Fachbegriffe: *Flüssigkeit, Dichte, Eintauchtiefe, Gewichtskraft, Verdrängung*



Dichteanzeiger

Fülle das Reagenzglas soweit mit Sand, dass dieses zu etwa 2/3 ins Wasser eintaucht.

Wie tief taucht das Reagenzglas in andere Flüssigkeiten ein? Erstelle eine Tabelle und vergleiche die Eintauchtiefe in verschiedene Flüssigkeiten.

Wie funktioniert das?

Material

- ✓ 1 Reagenzglas
- ✓ Sand
- ✓ Hohe, Schlanke Gefässe
- ✓ Wasser
- ✓ Öl
- ✓ Sirup
- ✓ Glycerin

Fachbegriffe: Flüssigkeit, Dichte, Eintauchtiefe, Gewichtskraft, Verdrängung



Wärmeleitfähigkeit

Fülle die Schüssel mit heissem Wasser. Klebe je ein bisschen Wachs an die Stiele der Löffel. Knete das Wachs ein wenig, damit es weich und klebrig wird.

Lege die Löffel in die Schüssel mit dem heissen Wasser und warte.

Was kannst du beobachten?

Material

- ✓ Schüssel
- ✓ Löffel aus Metall, Holz und Plastik
- ✓ Wachs
- ✓ Heisses Wasser
- ✓ Stoppuhr od. Timer
- ✓ evtl. Kamera

Fachbegriffe: Materialien, hohe Dichte, geringe Dichte, Wärmeleitfähigkeit



Wärmeisolation

Fülle zwei Dosen mit warmem Wasser (50°C) und verschliese beide sorgfältig.

Baue aus den restlichen Materialien eine Wärmeisolation, die das Wasser möglichst gut vor Wärmeverlust schützt.

Um die Wirksamkeit der Isolation besser vergleichen zu können, lasse die zweite Dose als Referenzprobe ungeschützt stehen.

Miss nach einer bestimmten Zeit die Temperatur von beiden Proben.

Was stellst du fest?

Material

- ✓ 2 oder mehr verschliessbare Dosen
- ✓ Styropor, Seidenpapier, Stoffe, Rettungsdecke, etc.
- ✓ Warmes Wasser
- ✓ Thermometer
- ✓ Stoppuhr od. Timer

Fachbegriffe: Wärmeleitung, luftige Materialien, feste Materialien.



Wärmestrahlung

Stelle einen Rahmen als Aufhängung für verschiedene Textilien und Materialien vor eine Infrarotlampe. Stelle sicher, dass der Temperatursensor durch den Rahmen hindurch von der Infrarotlampe direkt angestrahlt wird.

Schreibe mit mBlock ein Datenlogging-Programm mit einem Intervall von 1-10 Sekunden und speichere die Messwerte in einer Liste ab.

Führe eine Messung über einen bestimmten Zeitraum, z.B. 5 Minuten, durch. Exportiere die Daten als Text-File.

Wiederhole dieses Experiment mit verschiedenen Materialien, die du in den Rahmen hängst. Vergleiche die Messwerte. Welches Material stoppt die Infrarotstrahlung am effektivsten?

Tipp: Lasse den Temperatursensor zwischen den Versuchen jeweils abkühlen.

Material

- ✓ Infrarot-Lampe
- ✓ 1 Arduino
- ✓ 1 analoger Temperatursensor
- ✓ Div. Textilien
- ✓ Div Papiere
- ✓ Haushaltfolie
- ✓ Rettungsdecke

Fachbegriffe: Infrarot-Strahlung, Energie, Wärme, absorbieren, reflektieren



CO₂ aus der Flasche



Stelle die Rechaud-Kerze in den Becher und zünde sie an.

Schütte einen halben Beutel Backpulver in die PET-Flasche.

Giesse ein wenig Essig dazu.

Beobachte, was in der Flasche geschieht.

Warte eine Minute und «giesse» nun ganz langsam und vorsichtig die «Luft» aus der Flasche in den Becher.

Was passiert?

Material

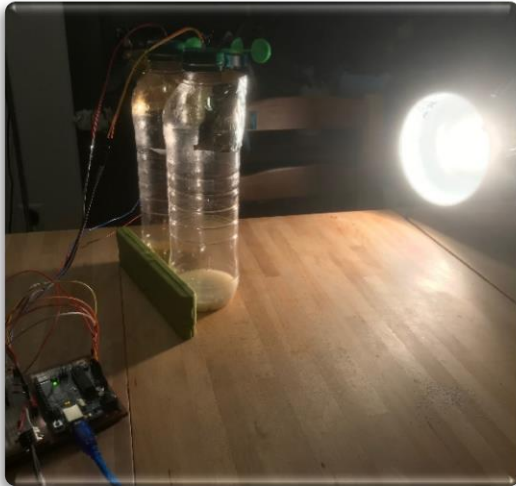
- ✓ 1 PET-Flasche
- ✓ 1 Becher
- ✓ 1 Rechaudkerze
- ✓ Backpulver
- ✓ Essig
- ✓ Streichhölzer
- ✓ CO₂-Sensor
- ✓ Arduino

Arduino-Zusatzaufgabe



Hänge einen CO₂-Sensor in die Flasche, nachdem du das Essig hineingegossen hast. Schreibe mit mBlock ein Programm für den Arduino, welches die Messwerte des Sensors direkt am Bildschirm anzeigt und in eine Liste speichert. Exportiere die Liste als Text-File.

Fachbegriffe: Kohlendioxid, chemische Reaktion, Sauerstoff, Flamme (Feuer)



CO₂ und Infrarot-Strahlung



Schneide in beide Milchpackungen je zwei grosse, runde Löcher auf den gegenüberliegenden Seiten. Klebe auf alle Löcher ein Stück Haushaltfolie, so dass die Öffnungen wieder luftdicht verschlossen sind. Du solltest jetzt durch die Milchpackungen hindurchsehen können. Montiere in beiden Packungen je einen Temperatursensor und stelle sicher, dass die Kabeldurchführung luftdicht ist.

Fülle in eine der beiden Milchpackungen Backpulver und wenig Essig, in die andere nur etwas Essig. Jetzt sollte sich die erste Packung mit CO₂ füllen. Verschliesse beide Milchpackungen. Montiere wieder je einen Temperatursensor auf der von der Infrarotlampe abgewandten Seite der Milchpackung, aber vor dem Haushaltfolien-Fenster.

Schreibe mit mBlock ein Datenlogging-Programm mit einem Intervall von 1-10 Sekunden und speichere die Messwerte in einer Liste ab. Stelle beide Packungen mit gleichem Abstand vor die Infrarot-Lampe und führe eine Messung über einen bestimmten Zeitraum, z.B. 15 Minuten, durch. Schalte die Infrarotlampe nach der Hälfte der Zeit aus. Exportiere die Daten als Text-File.

Welche Unterschiede in und hinter den Packungen kannst du feststellen?

Tipp: Lasse den Temperatursensor zwischen den Versuchen jeweils abkühlen.

Material

- ✓ Infrarot-Lampe
- ✓ 1 Arduino, 4 analoge Temperatursensoren
- ✓ Backpulver, Essig
- ✓ 2 Milchpackungen mit Schraubverschluss
- ✓ Haushaltfolie



Wolken machen

Fülle eine Plastikflasche mit gerade genug warmem Wasser, um den Boden zu bedecken

Zünde ein Streichholz an. Puste es nach 3-5 Sekunden aus und senke den Kopf des Streichholzes in den oberen Teil der Flasche. Lass den Rauch des Streichholzes die Flasche füllen, wo er zu verschwinden scheint. Wirf das Streichholz hinein.

Schraube die Kappe auf die Flasche. Drücke die Seiten nicht, bevor die Flasche fest verschlossen ist - dies verhindert, dass der Rauch oder die Luft entweicht.

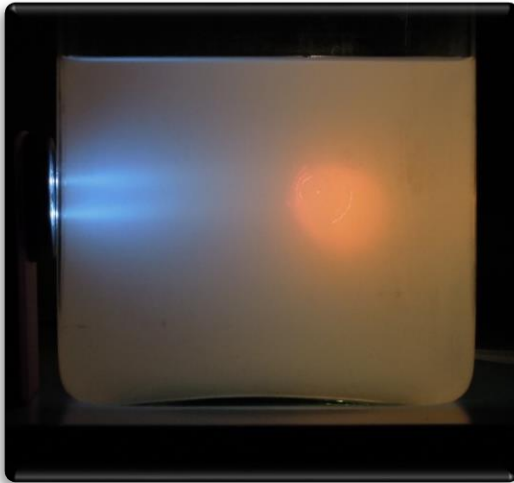
Presse die Seiten der Flasche fest. Tu dies drei- oder viermal. Warte einige Sekunden, und drücke die Flasche wieder und halte diesmal die Flasche länger fest vor dem Loslassen.

Was beobachtest du?

Material

- ✓ PET-Flasche 1.5 L
- ✓ Streichhölzer
- ✓ lauwarmes Wasser

Fachbegriffe: Russpartikel, Wasserdampf, Moleküle, kondensieren, Kondensationskern, Luftdruck



Himmelsblau

Fülle den Glasbehälter mit Wasser. Gib wenige Tropfen Milch hinzu, bis das Wasser leicht getrübt ist.

Leuchte mit einer Taschenlampe von hinten durch den Behälter. Wie verändert sich das Licht der Lampe?

Leuchte von der Seite in den Behälter. Wie verändert sich das Licht der Lampe?

Was kannst du beobachten?

Nimm die Grafik auf der Zusatzkarte für deine Erklärung zu Hilfe.

Material

- ✓ Grosser Glasbehälter
- ✓ Wasser
- ✓ Milch
- ✓ 2 Taschenlampen
- ✓ Evtl. Tageslicht-Lampen (falls vorhanden)

Fachbegriffe: Lichtspektrum, Streuung, Wellenlänge, Farbe, Himmel, Sonnenuntergang, Winkel



Klimafaktor CO₂

Klimawandelzweifler kritisieren immer wieder, dass der geringe Anteil CO₂ in der Atmosphäre gar keinen Einfluss haben könne. 415 ppm (Parts per Million) klingt tatsächlich nach wenig.

Fülle den rechteckigen Glasbehälter mit Wasser. Berechne das Wasservolumen in Litern und Kubikzentimeter.

Simuliere den vorindustriellen CO₂-Gehalt der Luft von **280 ppm**, indem du diesen Anteil Färbemittel (Uranin) dem Wasser zufügst.

Leuchte mit einer normalen Taschenlampe längs durch den Behälter und fotografiere das Experiment von der gegenüberliegenden Seite.

Stelle den UV-Sensor auf und leuchte mit der UV-Lampe längs durch den Behälter.

Erhöhe den Uraningehalt im Wasser auf **415 ppm**, was dem heutigen CO₂-Gehalt der Luft entspricht. Berechne, wie viel Farbstoff du noch zusätzlich in den Wasserbehälter schütten musst.

Wiederhole nun die Versuche mit dem gewöhnlichen und dem UV-Licht.

Beschreibe, was du beobachten kannst.

Material

- ✓ grosser Glasbehälter
- ✓ Wasser
- ✓ Uranin (Farbstoff)
- ✓ 1 Taschenlampe
- ✓ 1 UV-Taschenlampe
- ✓ 1 analoger UV-Sensor und Lichtsensor
- ✓ 1 Arduino

Fachbegriffe: Parts per Million, Strahlung, UV-Licht, absorbieren, CO₂, Infrarot-Spektrum



Material

- ✓ 3 Massbänder

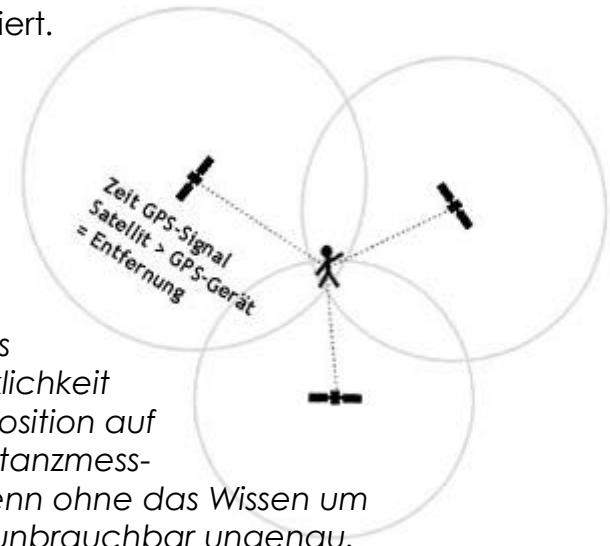
Global Positioning System

Für dieses Experiment müsst ihr zu viert sein; eine Person ist «das GPS-Gerät», die drei anderen stellen jeweils einen GPS-Satelliten dar. Die drei GPS-Satelliten stellen sich um den GPS-Empfänger herum verteilt auf und halten je ein Massband in der Hand. Der GPS-Empfänger in der Mitte hält vorerst nur ein Massband eines Satelliten fest. Der Empfänger kann sich jetzt an jedem beliebigen Punkt auf einem Kreis rund um den Satelliten befinden, solange das Massband gespannt bleibt. Mit dem zweiten Massband reduziert sich der mögliche Aufenthaltsort auf die beiden Schnittpunkte der Kreise um die Satelliten. Mit der dritten Distanz ist der Aufenthaltsort klar definiert.

Jede Position des GPS-Empfänger lässt sich jetzt durch ein Zahlentripel der drei Distanzen zu den drei Satelliten genau bestimmen.

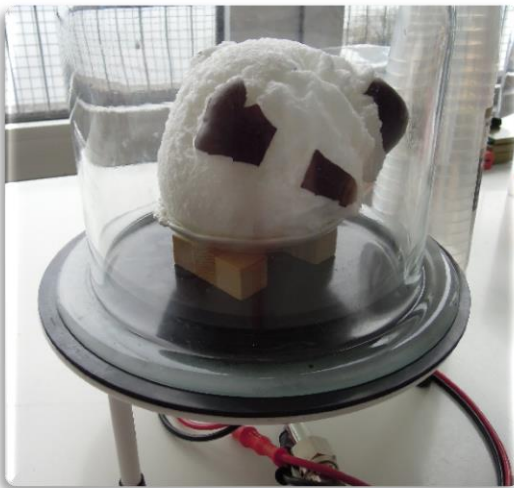
Bestimmt die Zahlentripel von je drei unterschiedlichen Positionen

Dieses Experiment veranschaulicht das Prinzip der Satellitennavigation. In Wirklichkeit sind jeweils 4 Satelliten nötig, um die Position auf der Erde genau zu bestimmen. Die Distanzmessung ist auch nicht ganz so einfach, denn ohne das Wissen um Einsteins Relativitätstheorie wäre GPS unbrauchbar ungenau.



Fachbegriffe: Distanz, Kreis, Schnittpunkt, Empfänger, Satellit





Dessert im Weltraum

Installiere den Vakuumpumpenstand nach dem Schema auf der Zusatzkarte.

Lege einen Schokokuss auf einen Teller und diesen auf den Vakuumteller. Stelle die Vakuumglocke darauf.

Evakuire die Glocke komplett.

Was kannst du beobachten?

Schalte die Pumpe aus. Lasse die Luft vorsichtig wieder in die Glocke strömen, indem du das Ventil langsam öffnest.

Material

- ✓ Vakuumpumpe, -glocke und -teller
- ✓ 1 kleiner Teller
- ✓ Schokoküsse

Fachbegriffe: Luft, Vakuum, ausdehnen, Schaum, porös



Immer grösser?

Installiere den Vakuumpumpenstand nach dem Schema auf der Zusatzkarte.

Lege die Ballons auf den Vakuumteller und stelle die Vakuumglocke darauf.

Evakuire die Glocke komplett.

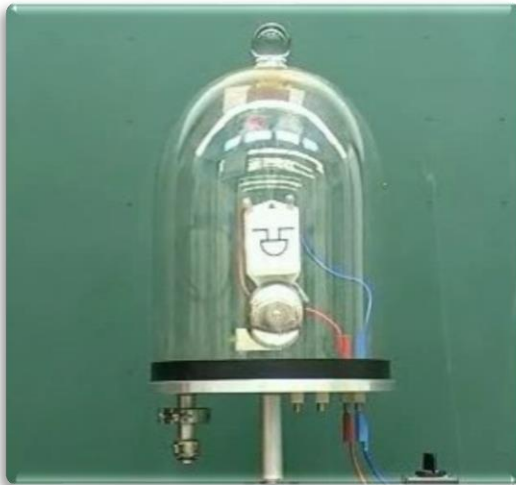
Was kannst du beobachten?

Schalte die Pumpe aus. Lasse die Luft vorsichtig wieder in die Glocke strömen, indem du das Ventil langsam öffnest.

Material

- ✓ Vakuumpumpe, -glocke und -teller
- ✓ Kleine Ballone

Fachbegriffe: Luft, Vakuum, Moleküle, ausdehnen, Ballonhülle



Schall im Weltraum?

Installiere den Vakuumpumpenstand nach dem Schema auf der Zusatzkarte.

Stelle oder lege einen elektronischen Wecker auf das Schaumstoffstück auf den Vakuumteller. Schalte den Wecker ein, so dass das Alarmsignal ertönt. Stelle die Vakuumglocke auf den Vakuumteller.

Was kannst du beobachten?

Evakuieren Sie die Glocke komplett. Schließen Sie das Ventil und schalten Sie die Pumpe aus.

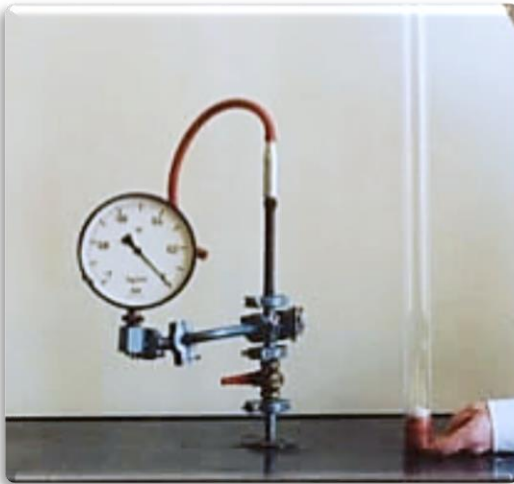
Was kannst du jetzt beobachten?

Lassen Sie die Luft vorsichtig wieder in die Glocke strömen, indem Sie das Ventil langsam öffnen.

Material

- ✓ Vakuumpumpe, -glocke und -teller
- ✓ Elektronischer Wecker
- ✓ 1 Stück Schaumstoff

Fachbegriffe: Luft, Vakuum, Ton, hörbar, Schallwellen, Moleküle, ausbreiten



Die Fallröhre

Installiere den Vakuumpumpenstand mit angeschlossener Fallröhre.

In der Fallröhre befinden sich eine Stahlkugel und eine Feder (ein Papierschnipsel). Halte die Fallröhre senkrecht und drehe sie dann ruckartig um 180° , so dass die Gegenstände nach unten fallen.

Was kannst du beobachten?

Evakuire die Fallröhre komplett und schliesse das Ventil. Schalte die Pumpe aus.

Wiederhole den obigen Versuch. Was kannst du beobachten?

Material

- ✓ Vakuumpumpe, Fallröhre
- ✓ Stahlkugel, Feder (Papierschnipsel)

Fachbegriffe: Luftwiderstand, Vakuum, Beschleunigung, freier Fall, Erdanziehungskraft



Die Kraft des Luftdrucks

Installiere den Vakuumpumpenstand mit angeschlossener Fallröhre.

Fülle ein grosses Becken mit Wasser und färbe dieses mit Lebensmittelfarbe.

Evakuire die Fallröhre komplett und schliesse das Ventil. Schalte die Pumpe aus. Ziehe den Schlauch ab.

Halte die Öffnung in das mit gefärbtem Wasser gefüllte Becken. Öffne das Ventil, aber halte die Fallröhre weiter gut fest!

Was kannst du beobachten?

Material

- ✓ Vakuumpumpe, Fallröhre
- ✓ Grosses Plastikbecken
- ✓ Lebensmittelfarbe
- ✓ Wasser

Fachbegriffe: Luftdruck, Kraft, Wasser, Gewicht, Atmosphäre, Druck, drücken



Die Vakuumverpackung



Ein mutiger Freiwilliger steigt als Proband in einen grossen Plastiksack. **ACHTUNG:** Der Kopf des Probanden befindet sich zu jeder Zeit ausserhalb des Plastiksackes!

Stecke das Staubsaugerrohr oder den Pumpenschlauch in den Sack und schliesse die Öffnung vorsichtig um den Hals.

Schalte den Staubsauger oder die Vakuumpumpe ein und beobachte, was passiert.

Lass den Probanden von seinen Erfahrungen berichten. Schalte den Staubsauger oder die Pumpe aus. Warte nicht zu lange und lasse wieder Luft in den Plastiksack. Tauscht die Rollen.

Wie ist es dir dabei ergangen und was konntest du beobachten?

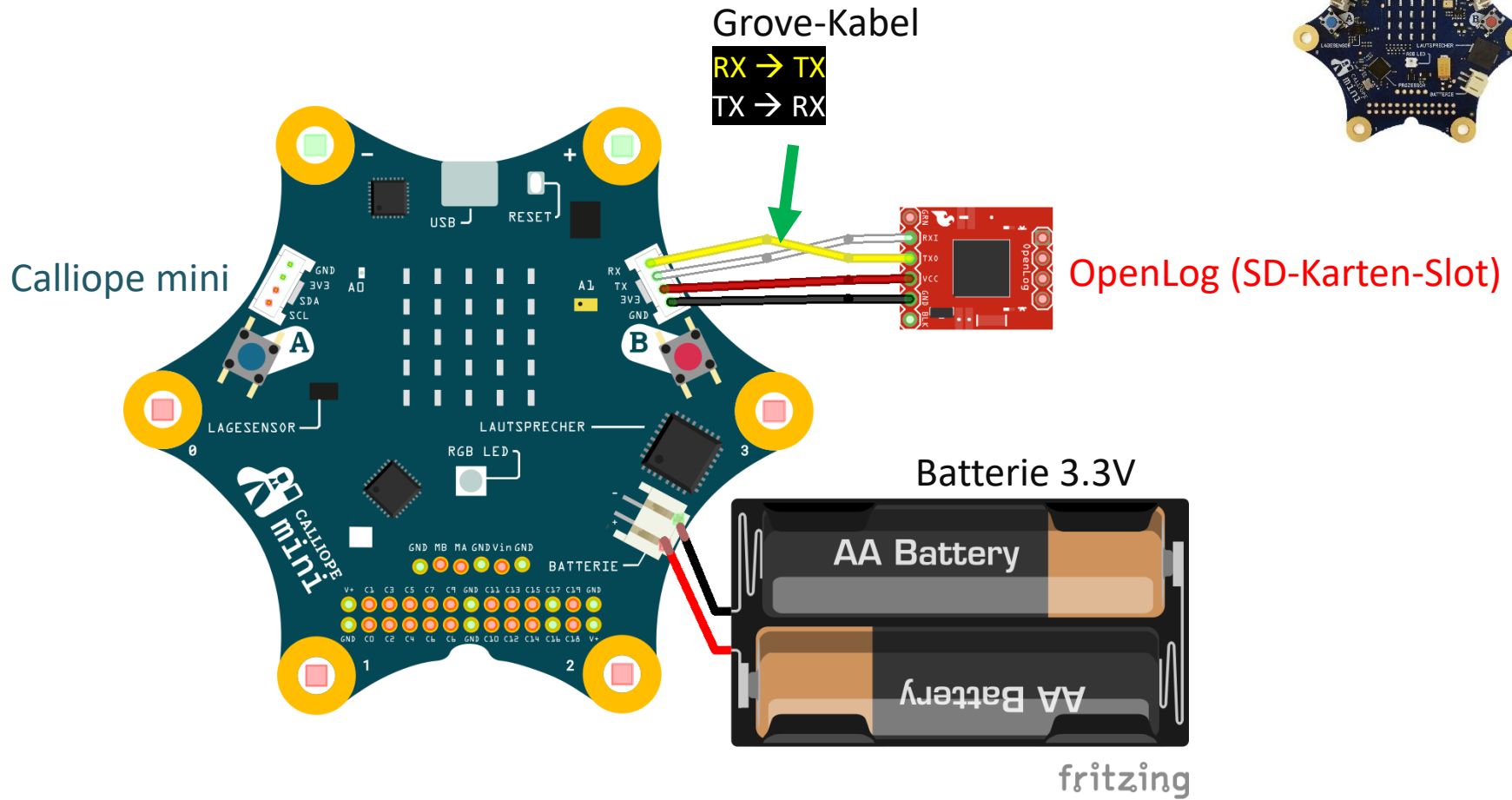
Material

- ✓ Vakuumpumpe oder Staubsauger
- ✓ Grosser Plastiksack

Fachbegriffe: Luftdruck, Kraft, Vakuum, Gewicht, Atmosphäre



«Calliope mini» - Zusatzkarte





«Calliope mini» - Zusatzkarte



beim Start

seriell

umleiten auf

TX C17

RX C16

mit Baudrate 9600

Leitet die Kommunikation auf den Anschluss A1 um

3

-mal wiederholen

Gibt ein akustisches Signal...

mache

Klingelton (Hz)

Hohes A#

zeige Symbol



pausiere (ms)

1/16 Schlag

zeige Symbol



... Setup erfolgreich abgeschlossen

zeige LEDs

Löscht das Display

dauerhaft

setze LED-Farbe auf

0

pausiere (ms)

700

seriell Zahl ausgeben

analoge Werte von Pin C4

seriell Text ausgeben

“, ”

seriell Zahl ausgeben

analoge Werte von Pin C5

seriell Text ausgeben

“, ”

seriell Zahl ausgeben

analoge Werte von Pin C6

seriell Text ausgeben

“, ”

seriell Zahl ausgeben

Temperatur (°C)

Sendet einen Wert seriell an den SD-Slot

seriell Text ausgeben

“, ”

seriell Zahl ausgeben

Beschleunigung (mg) x

seriell Text ausgeben

“, ”

Fügt ein Komma und Leerzeichen hinzu

seriell Zahl ausgeben

Beschleunigung (mg) y

seriell Text ausgeben

“, ”

seriell Zahl ausgeben

Beschleunigung (mg) z

seriell Text ausgeben

“, ”

seriell Zahl ausgeben

Beschleunigung (mg) Stärke

seriell Zeile ausgeben

“, ”

Bricht auf eine neue Zeile um!

setze LED-Farbe auf

Grün

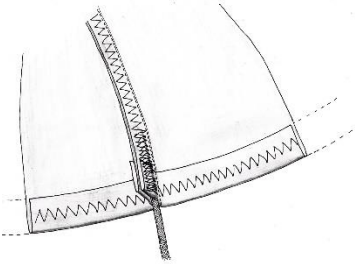
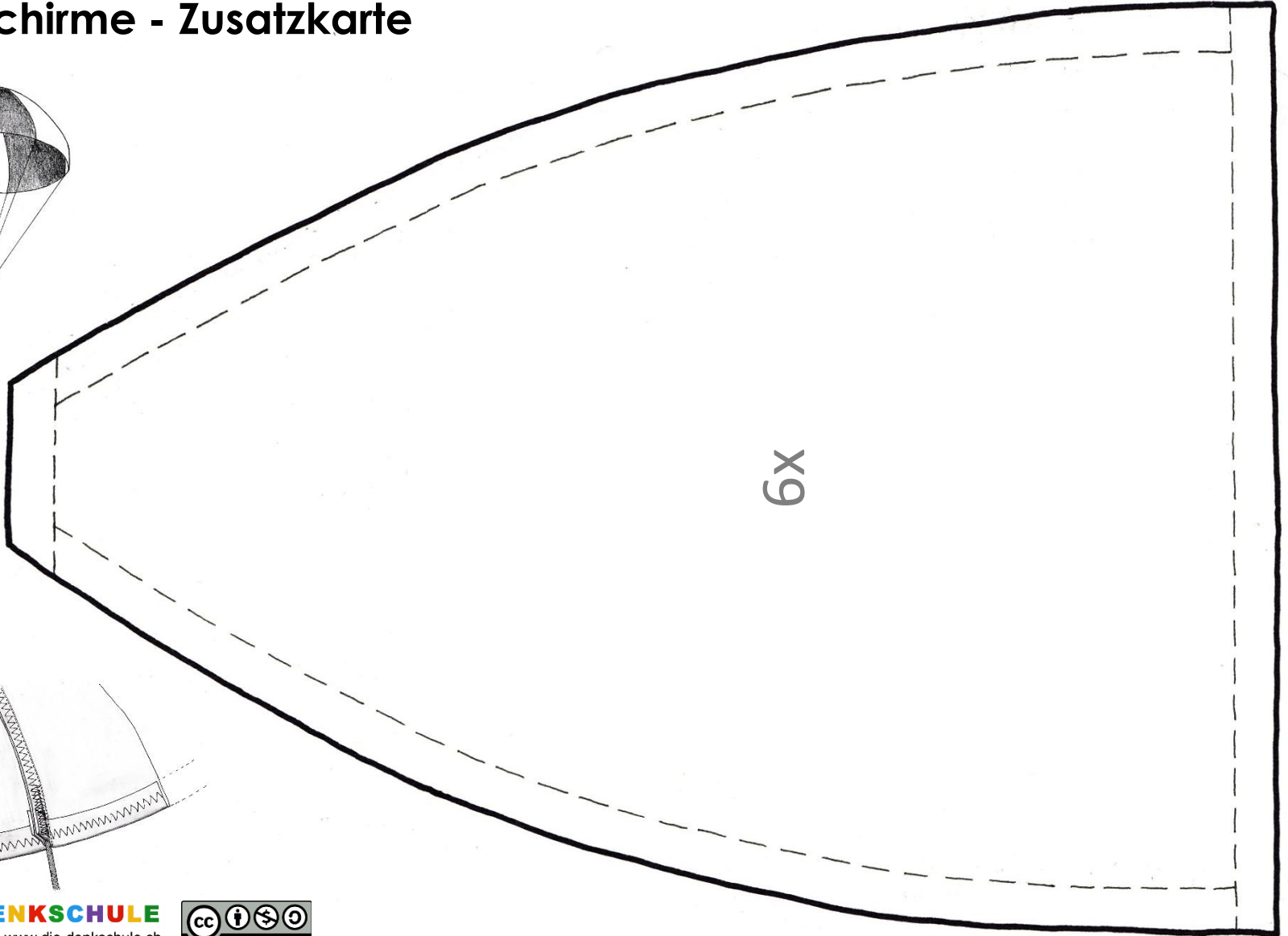
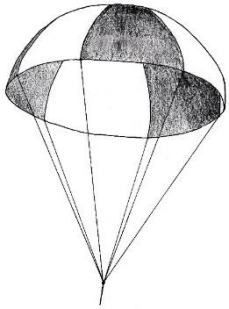
pausiere (ms)

300

Blinken der LED zeigt an, dass das Datenlogger-Programm läuft.



Fallschirme - Zusatzkarte





Volumen, Masse und Dichte bestimmen - Zusatzkarte

Archimedes, ein griechischer Mathematiker, lebte um 250 v. Chr. in Syrakus in Sizilien. Er machte wichtige Entdeckungen über Hebel und Flüssigkeiten, ist aber wohl am bekanntesten wegen seiner klugen Lösung eines Problems, mit dem ihn der König von Syrakus beauftragt hatte.

Der König hatte seinem Goldschmied etwas Gold gegeben, um eine Krone daraus zu gießen. Aber als die Krone ausgeliefert wurde, war der König misstrauisch. Vielleicht hatte der Goldschmied etwas von dem Gold gestohlen und stattdessen billigeres Silber hinzugemischt. Der König bat Archimedes, die Krone zu untersuchen. Archimedes wusste, dass die Krone die selbe Masse hatte, wie eine Krone aus purem Gold. Er wusste auch, dass Silber eine geringere Dichte als Gold hat. Also müsste eine Krone mit beigemischtem Silber ein größeres Volumen haben, als eine Krone aus purem Gold.

Aber wie könnte er das Volumen messen? Als er in seine Badewanne stieg - so erzählt die Legende - bemerkte Archimedes den Anstieg des Wasserspiegels. Das war die Antwort! Er war so aufgeregt, dass er aus seinem Bad sprang, nackt durch die Straßen rannte und "Eureka!" rief, was soviel bedeutet wie: "Ich habe es gefunden!"

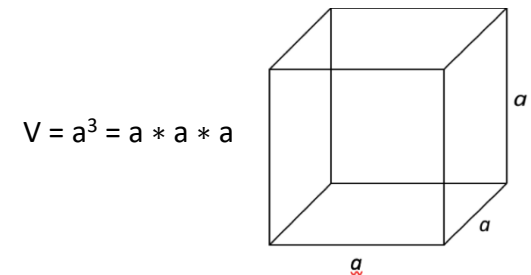
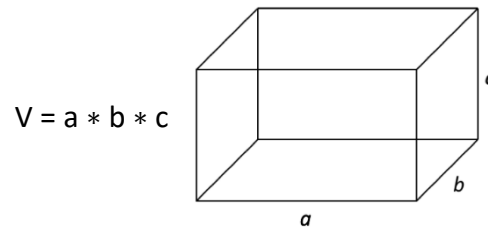
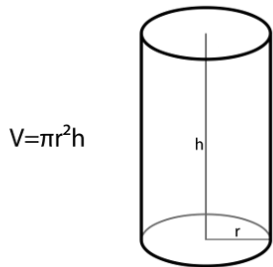
Später setzte Archimedes die Krone in einen Wasserbehälter und maß den Anstieg des Wasserspiegels. Dann tat er das gleiche mit einer gleichen Masse von reinem Gold. Der Anstieg des Wasserspiegels war anders. Also konnte die Krone nicht aus reinem Gold bestanden haben.



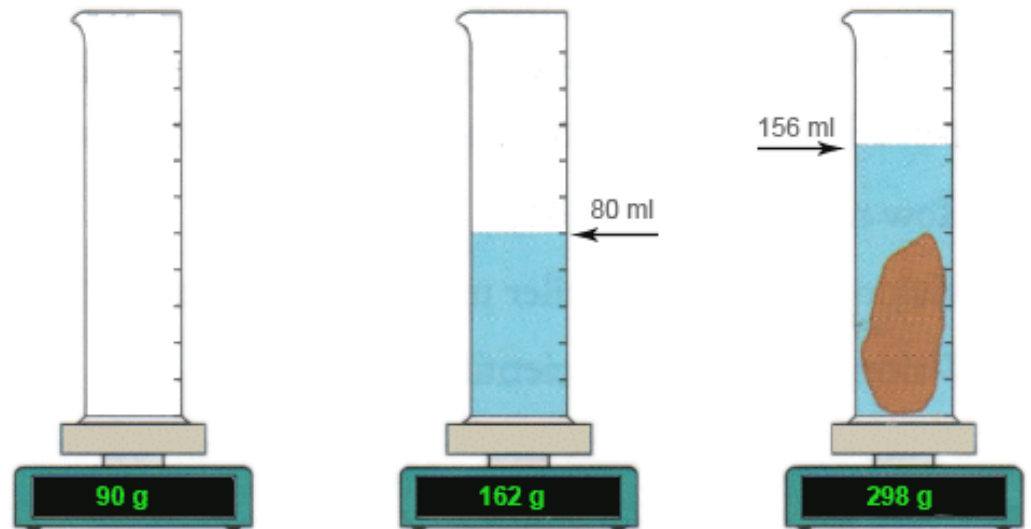


Volumen, Masse und Dichte bestimmen - Zusatzkarte

Die Dichte eines Materials kann man berechnen, sobald die Masse und das Volumen bestimmt wurden. Die Masse eines kleinen Festkörpers oder einer Flüssigkeit kann mit einer Waage bestimmt werden. Im Falle einer Flüssigkeit muss man daran denken, die Masse des Behälters zu berücksichtigen.

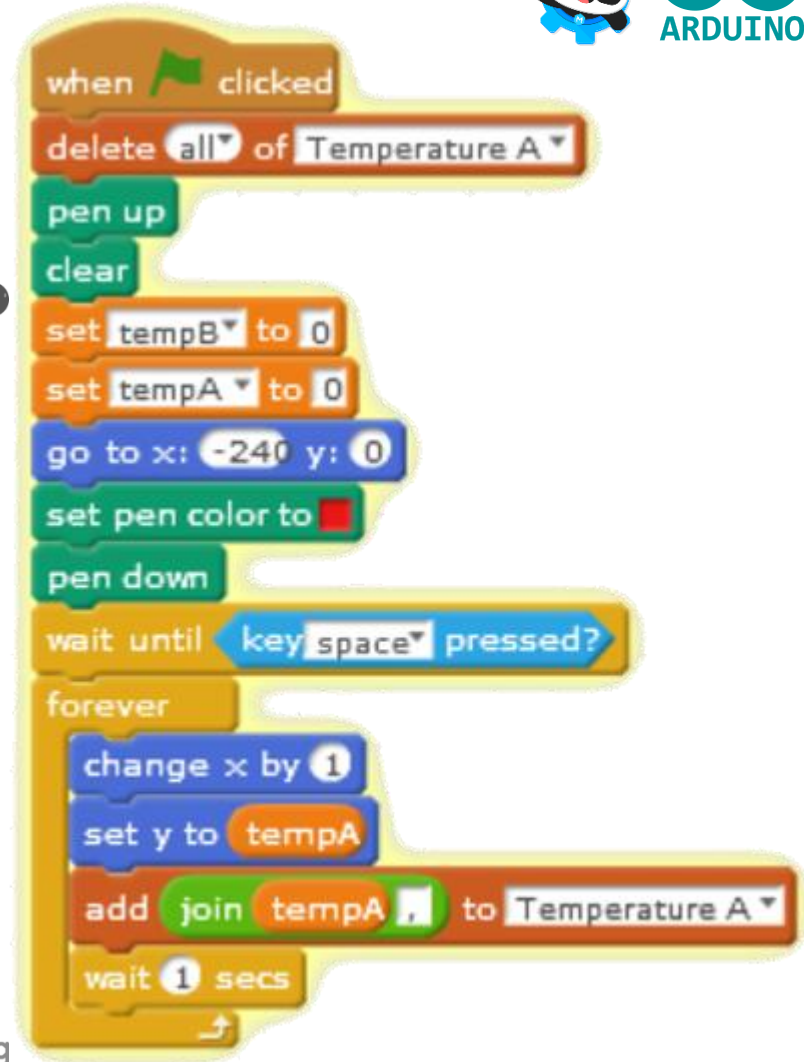
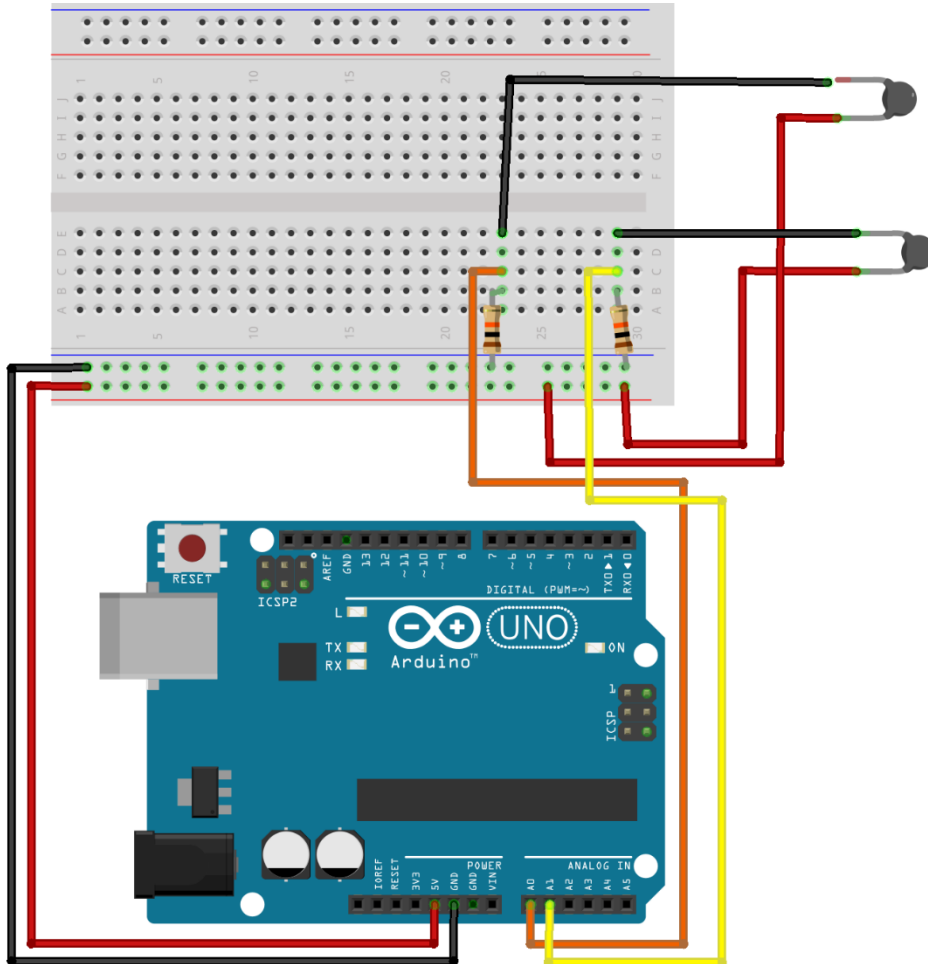


Wenn die Form eines Festkörpers zu ungünstig ist, um das Volumen zu berechnen, kann er in einen teilweise mit Wasser gefüllten Messzylinder abgesenkt werden, wie unten gezeigt. Der Anstieg des Pegels auf der Volumenskala ergibt sein Volumen.





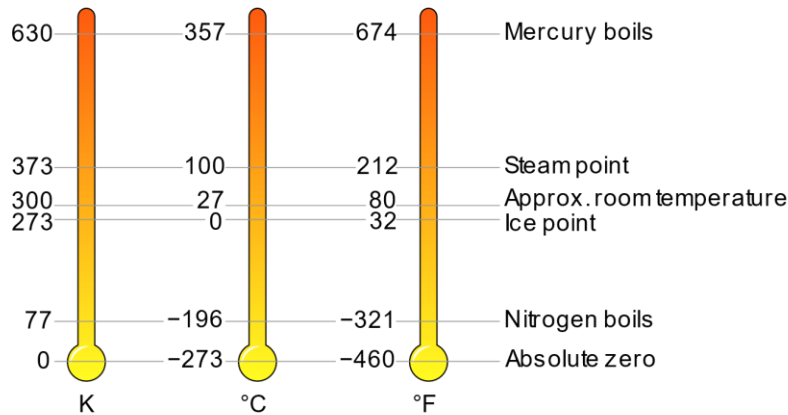
Temperaturmessung - Zusatzkarte



fritzing



Temperaturmessung - Zusatzkarte



Später wurde erkannt, dass die Temperatur ein Maß für die kinetische Energie aller Atome und Moleküle eines Körpers ist. Ist diese kinetische Energie null, ist die niedrigste mögliche Temperatur, der absolute Nullpunkt (engl. [absolute zero](#)) erreicht.

Wenn es aber eine niedrigste Temperatur gibt, ist es sinnvoll, diese Temperatur auch als null zu bezeichnen. Daher wurde das Kelvin (absolute Temperaturskala) als SI-Einheit aufgenommen. Bei dieser Skala wird die Gradeinteilung der Celsius-Skala übernommen und nur der Nullpunkt auf den absoluten Nullpunkt verschoben. Es gibt keine negativen Temperaturwerte auf der Kelvin-Skala! Daher ergibt sich eine einfache Umrechnung der beiden Temperaturskalen (KK Temperaturwert in Kelvin; CC Temperaturwert in Grad Celsius)

Um 1800 wurde untersucht, wie stark sich Gase mit steigender Temperatur ausdehnen. Dabei ergibt sich zwischen Temperatur und Gasvolumen der lineare Zusammenhang in Bild [13.4](#). Verlängerst du die Gerade im negativen Temperaturbereich, findest du einen Schnittpunkt mit der Temperaturachse. Ein negatives Volumen ist physikalisch unsinnig, daher kannst du vermuten, dass es eine kleinste Temperatur gibt.

Nach der Erkenntnis, dass es einen absoluten Nullpunkt gibt, hat ein regelrechter Wettlauf danach begonnen, diese niedrigste Temperatur auch experimentell zu erreichen. Heute können Temperaturen von nur einem Milliardstel Grad über dem absoluten Nullpunkt erreicht werden! Die Experimente haben aber auch gezeigt, dass der absolute Nullpunkt nicht erreicht werden kann (also beliebig Nahe, ohne ihn je zu erreichen).

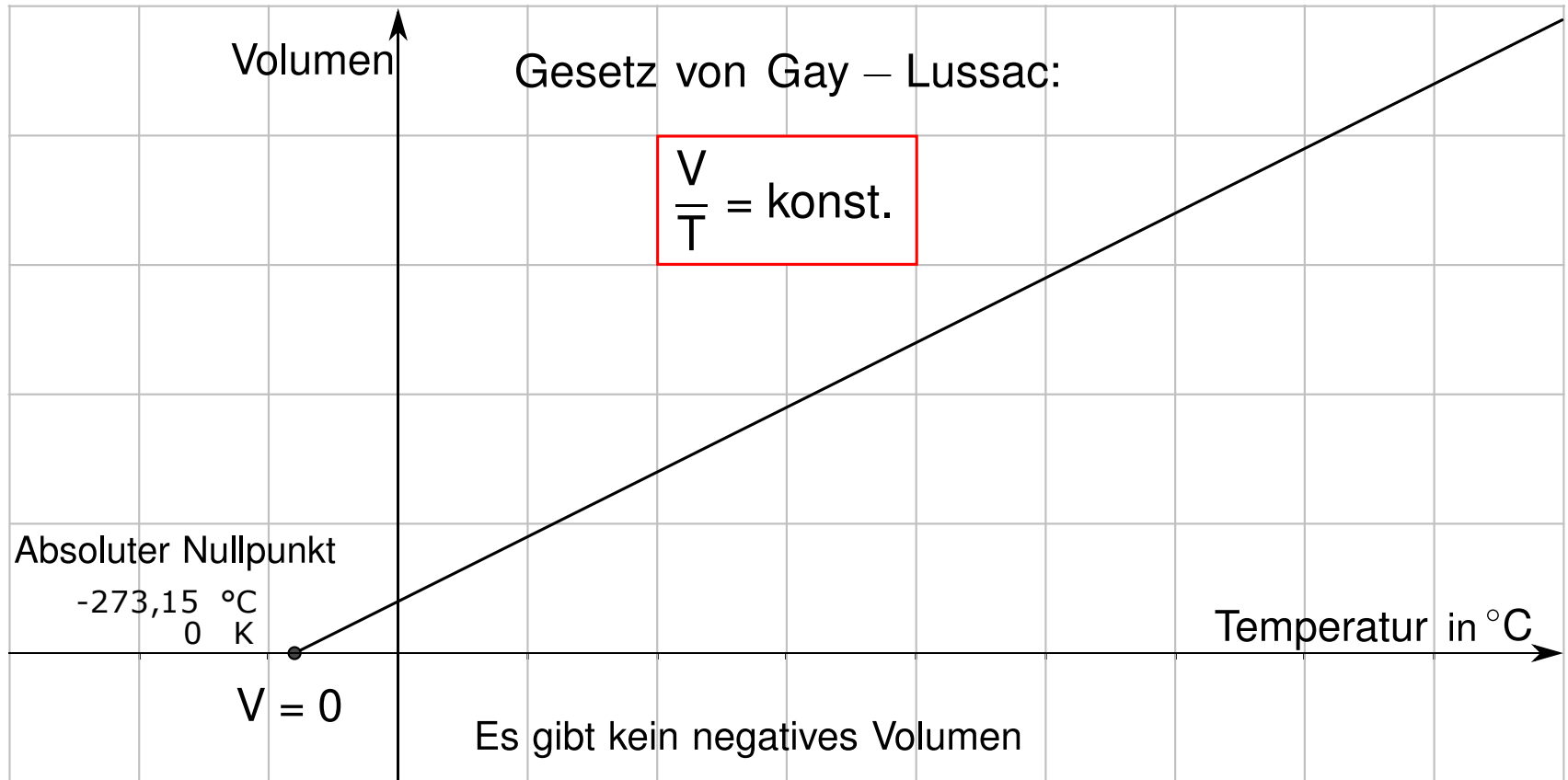
$$K = C + 273,15$$

$$C = K - 273,15$$



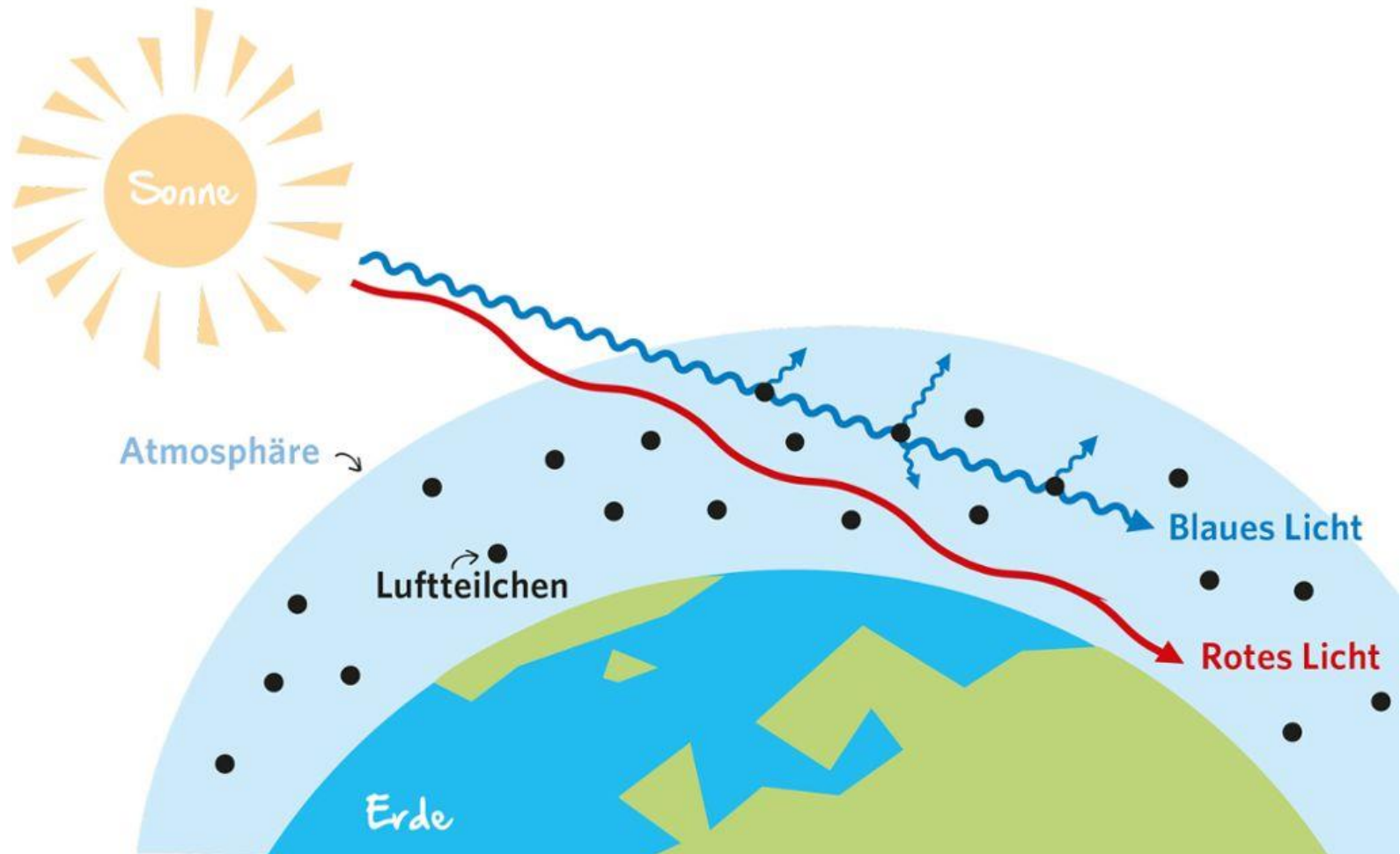


Temperaturmessung - Zusatzkarte





Himmelsblau - Zusatzkarte





GPS - Zusatzkarte

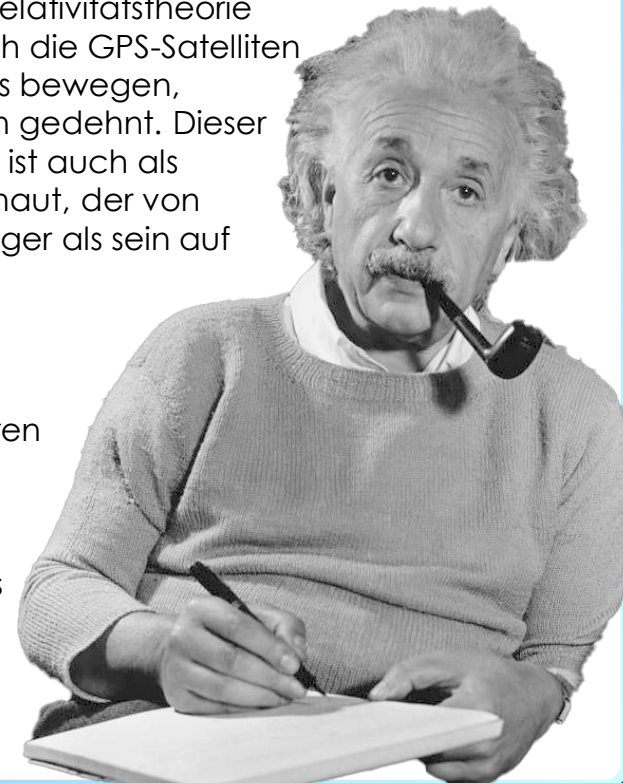
So einfach, wie im Experiment zum Funktionsprinzip dargestellt, liegen die Verhältnisse in Wirklichkeit nicht. Da die Signale mit Lichtgeschwindigkeit (im Vakuum 299792,5 km/s) übertragen werden, sind die Anforderungen an die Genauigkeit enorm: Ein Laufzeitfehler von einer tausendstel Sekunde würde einen Distanzfehler von 300 km bewirken und damit das System unbrauchbar machen. Die erforderliche Präzision lässt sich nur mit Atomuhren erreichen. An Bord der Satelliten werden daher Cäsium- und Rubidium-Atomuhren verwendet, die regelmässig von fünf Bodenstationen kontrolliert und nachgeregelt werden. Aber selbst diese Genauigkeit reicht noch nicht aus.



Ohne Berücksichtigung von Einsteins Relativitätstheorie würde das Verfahren versagen. Da sich die GPS-Satelliten mit einer Geschwindigkeit von 3,9 km/s bewegen, erscheint die Zeit an Bord der Satelliten gedehnt. Dieser Effekt der Speziellen Relativitätstheorie ist auch als Zwillingsparadoxon bekannt: Ein Astronaut, der von einer Weltraumreise zurückkehrt, ist jünger als sein auf der Erde verbliebener Zwillingsbruder.

Dieser Effekt wird jedoch mehr als ausgeglichen durch den Einfluss der Allgemeinen Relativitätstheorie: Der Gang einer Uhr erfolgt nämlich umso langsamer, je grösser das Gravitationspotential am Ort der Uhr ist. Die Uhren am Erdboden gehen also langsamer als die in den Satelliten. Deshalb werden die Atomuhren in den Satelliten verlangsamt und auf eine etwas niedrigere Grundfrequenz eingestellt.

Prinzipiell benötigt man im Empfänger die gleiche Genauigkeit; allerdings wird man dort keine Atomuhr zur Verfügung haben. Man muss daher ein Verfahren ersinnen, das den Uhrenfehler des Empfängers korrigiert.



Vakuumpumpe - Zusatzkarte

