

Warum lässt sich Wasser nicht zusammendrücken?

Wie unterscheiden sich Luft und Wasser hinsichtlich ihrer Kompressibilität?

Wie funktioniert ein kartesianischer Taucher?

Flüssigkeiten können nicht komprimiert werden. Auch Wasser hat diese spezielle Eigenschaft, die sich die Menschen schon sehr lange zu Nutze machen.

Die Eigenschaft von Flüssigkeiten, nicht so zusammendrückbar zu sein wie Gase, wird durch einen vergleichenden Versuch mit Wasser und Luft sofort erfahrbar gemacht. Die daraus entstehenden technischen Anwendungen werden repräsentativ anhand eines selbst gebauten „kartesianischen Tauchers“ gezeigt und der physikalische Hintergrund wird durch das Darstellen im Raum leichter verständlich gemacht.



Ort

Klassenzimmer

Schulstufe

5.-8. Schulstufe

Gruppengröße

Klassengröße

Zeitdauer

1 Schulstunde

Lernziele

- Die einzigartigen physikalischen Eigenschaften von Flüssigkeiten erkennen
- Exaktes Beobachten und Interpretieren durch eigenständiges Experimentieren lernen
- Den Erfahrungsraum durch Darstellen von physikalischen Größen erweitern
- Einer Werkanleitung eigenständig folgen und diese umsetzen können

Sachinformation

Kompressibilität von Flüssigkeiten

Es ist eine physikalische Grundeigenschaft von Flüssigkeiten, dass sie sich im Gegensatz zu Gasen nicht komprimieren, also zusammendrücken lassen, ohne den Aggregatzustand zu verändern.

Flüssiges Wasser ist daher nur sehr schwer komprimierbar. Flüssigkeiten widersetzen sich so lange der Volumenänderung, bis der ausgeübte Druck hoch genug ist und ein Wechsel des Aggregatzustandes einsetzt.

Gase hingegen sind kompressibel, das heißt sie verändern ihre Ausdehnung, wenn man von allen Seiten Druck ausübt, lange bevor sie den Aggregatzustand ändern. Im energetisch günstigsten Zustand sind die einzelnen Moleküle in Gasen so weit voneinander entfernt, dass unter Aufbringung von Druck, also unter Energiezufuhr, ein Komprimieren möglich ist.

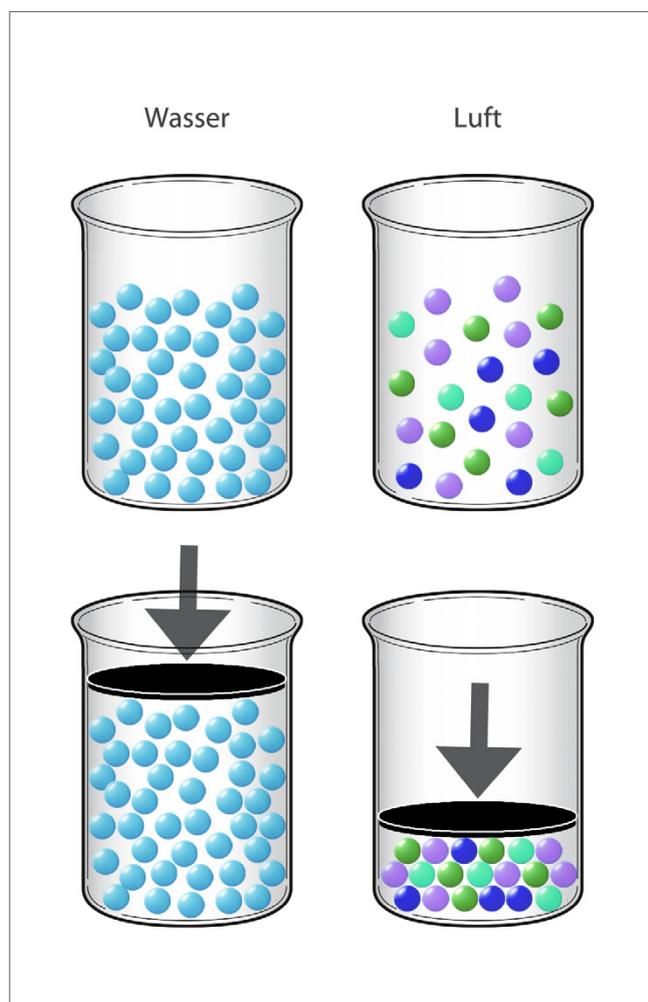


Abb. 1: Flüssiges Wasser ist nicht kompressibel.

Die molekulare Ebene betrachtet ...

Betrachtet man flüssiges Wasser auf molekularer Ebene, versteht man noch besser, warum es sich nicht komprimieren lässt.

Wasserstoffmoleküle (H_2O), bestehen aus 2 Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom, die zu einem gewinkelten Molekül verbunden sind, das noch dazu 2 Pole besitzt. Daher wirkt jedes Wassermolekül wie ein kleiner Magnet auf die anderen Wassermoleküle. Zwischen den Wassermolekülen entstehen so Anziehungskräfte, die sogenannten **Wasserstoffbrücken**. Diese halten die Moleküle in Verbindung, aber auch auf Distanz zueinander.

Je nach Aggregatzustand des Wassers (gasförmig - frei beweglich, flüssig - eingeschränkt beweglich, fest - unbeweglich) kann so mehr oder weniger Bewegung zwischen den Molekülen stattfinden. Im flüssigen Wasser, das für die Kompressibilität von Bedeutung ist, bilden die Moleküle bereits so viele Wasserstoffbrücken untereinander aus, dass sie gerade noch beweglich sind, aber nicht mehr beliebig auseinandergleiten oder zusammengedrückt werden können. Diese typischen Wassereigenschaften bezeichnen wir zum einen als Fließverhalten und zum anderen als Nicht-Kompressibilität von Wasser.

„Nicht komprimierbar“ kindgerecht erklärt

Eine ganz wichtige Eigenschaft von Wasser bzw. von Flüssigkeiten generell ist, dass man diese nicht zusammendrücken kann, da die einzelnen Wasserteilchen unbedingt ihren Platz und Abstand zu ihren Nachbarn beibehalten wollen. Luft bzw. andere Gase verhalten sich hier anders: Gasfritten pressen mit viel Druck eine große Menge Gas in kleine Gasbehälter, die man vom Campen kennt. Wenn man das Ventil später öffnet, strömt das Gas dann ganz von alleine mit demselben Druck wieder heraus. Es will wieder so viel Platz haben wie vor dem Hineinpressen. Mit genügend Druck von allen Seiten kann man dieselbe Menge Luft dazu bringen, dass sie weniger Platz braucht. Die einzelnen Teile der Luft rücken also näher zusammen. Wasserteilchen hingegen lassen das nicht zu. Sie wehren sich so lange es geht gegen das Platzmachen. Eine geschlossene Wasserflasche kann man daher fast gar nicht zusammendrücken.

Wie funktioniert der kartesianische Taucher?

Das physikalische Prinzip hinter dem Taucher ist ganz einfach. Der verwendete Trinkhalm (s. Bastelanleitung) dient als Behälter, der mit Luft gefüllt ist. Da Luft bekanntlich leichter ist - genauer gesagt eine geringere Dichte hat - als Wasser schwimmt der „Taucher“ in einer mit Wasser gefüllten PET-Flasche im Ausgangszustand oben. Durch den mit den Händen auf die verschlossene Flasche ausgeübten Druck verändert sich die Dichte der Luftblase im Strohhalm (sie wird komprimiert) und mehr Wasser kann in den Strohhalm eintreten. Der „Taucher“ wird dadurch schwerer und sinkt zu Boden. Der ausgeübte Druck wird vom nicht komprimierbaren Wasser also direkt auf die Luft übertragen. Wird der Druck verringert, steigt der Taucher wieder nach oben.

Übrigens gibt es eine lustige Verwechslung bezüglich des Namens „kartesianischer Taucher“. Man glaubte lange Zeit, der Erfinder sei René Descartes gewesen, tatsächlich erfand ihn aber Raffaello Magiotti 1648.



Abb. 2: Beim Zusammendrücken der Flasche kann man gut erkennen, dass die Luft im Strohhalm komprimiert wird.

Alltagsbezug

Im Alltag nutzen wir diese Kombination der „Komprimierbarkeit“ von Gasen und „Nicht-Komprimierbarkeit“ von Flüssigkeiten vor allem dann, wenn wir Auftrieb erzeugen oder viel Kraft übertragen wollen, wie in der Hydraulik.

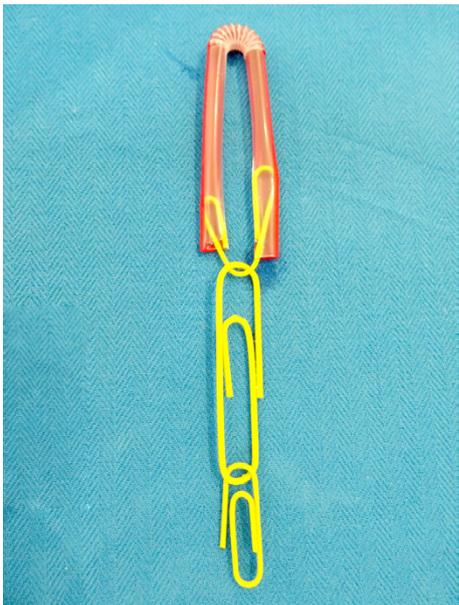
Beispiele dafür sind zB Schwimmflügel oder hydraulische Pumpen. Erst wenn Schwimmflügel mit Luft gefüllt sind, haben sie genügend Auftrieb, um ein Kind über Wasser zu halten. Hydraulische Pumpen übertragen die benötigte Kraft über mit Flüssigkeit gefüllten Schläuchen und wurden schon im 19. Jahrhundert bei Schmiedepressen eingesetzt. Sogar in alten Musikinstrumenten wurden mit Hilfe der Kraftübertragung durch Wasser Ventile und Klappen gesteuert. Heute kommen die Pumpen in Baggern oder hydraulischen Scheren der Feuerwehr sowie bei vielen anderen Anwendungen zum Einsatz, allerdings werden sie jetzt nicht mehr nur mit Wasser, sondern auch mit speziellen Flüssigkeiten auf Ölbasis betrieben.



Abb. 3 und 4: Alltagsbeispiele für die Anwendung der Kompressibilität von Flüssigkeiten und Gasen

Didaktische Umsetzung

Die Unterrichtseinheit startet mit einem einfachen Versuch, der es sofort erfahrbar macht, dass Gase und Wasser, wenn sie identisch behandelt werden, unterschiedlich reagieren. Laut Anleitung wird eigenständig ein „kartesianischer Taucher“ gebastelt. Dieser Taucher dient als Anschauungsobjekt für die weiteren Versuche, die in der Gruppe und einzeln durchgeführt werden. Die Beobachtungen und die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden zur Festigung in Arbeitsblättern eingetragen und mit der Gruppe im Raum dargestellt.

Inhalte	Methoden
10 Minuten	
<p><i>Lässt sich Luft im Vergleich zu Wasser anders zusammendrücken?</i></p> 	<p><u>Material</u> Beilage „Experiment: Wasser-Luft-Spritzen“ 2 Spritzen (6 ml), Glas mit Wasser</p> <p>Der Einstieg ins Thema erfolgt über eine Übung im Sesselkreis.</p> <p>Es wird eine Spritze mit 5 ml Luft und eine mit 5 ml Wasser gefüllt und im Kreis herumgegeben. Um den SchülerInnen die Möglichkeit zu bieten, eigene Erkenntnisse zu gewinnen, sollte einleitend nur gefragt werden: „Spürst du einen Unterschied zwischen der Wasser- und der Luftspritze wenn du die Spritzen gut zuhältst und versuchst, sie zusammenzudrücken?“</p> <p>Die SchülerInnen notieren ihre Beobachtungen am Arbeitsblatt.</p> <p>Aus Erfahrung wird immer wieder etwas Wasser verspritzt. Es empfiehlt sich daher, nur 6 ml-Spritzen zu verwenden.</p>
10 Minuten	
<p><i>Selbstständiges Basteln eines kartesianischen Tauchers nach Anleitung</i></p> 	<p><u>Material</u> Beilage: „Bastelanleitung: Kartesianischer Taucher“</p> <p>Die SchülerInnen folgen den Anweisungen am Arbeitsblatt und basteln einen Taucher.</p> <p>Das Basteln des Tauchers erfordert etwas Feingefühl und es sollte zu Beginn darauf hingewiesen werden, dass mit Sorgfalt Schritt für Schritt gearbeitet werden soll, um zB unnötige Löcher im Strohhalm zu vermeiden, die ein Schwimmen des Tauchers unmöglich machen.</p>

Experimentieren mit dem Taucher	15 Minuten
<p><i>Warum schwimmt und taucht der Taucher?</i></p> 	<p><u>Material</u> 2 PET-Flaschen (1,5 l) fertig gebastelte Taucher Beilage „Experiment: Kartesianischer Taucher“</p> <p>Im Klassenverband wird hinter das Geheimnis des Tauchers geblickt. Die mit Wasser randvoll gefüllten PET-Flaschen werden in der Mitte des Sesselkreises aufgestellt.</p> <p>Zwei ausgewählte SchülerInnen treten in die Mitte des Kreises, lassen im ersten Schritt den eigenen Taucher in je einer Flasche schwimmen, schrauben diese dann gut zu und versuchen, ihre Taucher zum Tauchen zu bringen. Alle beobachten!</p> <p>Drei Fragen werden gestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was tust du, um den Taucher zum Tauchen zu bringen? • Was kannst du beim Tauchen und Schwimmen im Strohhalm beobachten? • Wie erklärst du dir, dass der Taucher bei Druck sinkt und beim Verringern des Drucks steigt?“ <p>Die Unterschiede werden im Arbeitsblatt eingezeichnet und die Erklärungen notiert.</p> <p>Im Anschluss werden die PET-Flaschen weitergereicht und jede/r darf seinen Taucher testen.</p>
Vertiefen des Gelernten und herstellen eines Alltagsbezugs	15 Minuten
<p><i>Durch ein Darstellspiel werden die physikalischen Grundlagen verdeutlicht und es werden Alltagsbeispiele gesammelt.</i></p>	<p><u>Material</u> Beilage „Anleitung: Darstellung von kompressiblen Gasen und nicht kompressiblen Flüssigkeiten“</p> <p>Die SchülerInnen werden ermutigt, ihre Erklärungsideen auszutauschen. Gegebenenfalls ergänzt die Lehrperson fehlende Informationen zur Kompressibilität von Gasen und der Nicht-Kompressibilität von Flüssigkeiten.</p> <p>Das Darstellspiel dient zur Vertiefung, wie sich Gase und Flüssigkeiten unter Druck verhalten. Dabei stellen die Kinder Gas- bzw. Wasserteilchen dar und führen die Übungen laut Anleitung durch.</p> <p>Abschließend wird von der Lehrperson noch nach Alltagsanwendungen gefragt und ergänzt.</p>

Beilagen

- ▶ Experiment: Wasser-Luft-Spritzen
- ▶ Bastelanleitung: Kartesianischer Taucher
- ▶ Experiment: Kartesianischer Taucher
- ▶ Anleitung: Darstellung von kompressiblen Gasen und nicht kompressiblen Flüssigkeiten

Weiterführende Themen

- ▶ Oberflächenspannung
- ▶ Dichte
- ▶ Aggregatzustände
- ▶ Lösen und Mischen

Weiterführende Informationen

Praxismaterialien

- **Unterrichtsmappe „Experimentierwerkstatt Wasser. Das Wassermolekül und seine Eigenschaften“**
Die Mappe richtet sich an Lehrende der 1.-6. Schulstufe, die durch das Ermöglichen von „forschendem und entdeckendem Lernen“ und anhand von einfachen Experimenten den SchülerInnen grundlegende Erkenntnisse über die Eigenschaften von Wasser näherbringen wollen.
Die Mappe (79 Seiten) kann beim UBZ um 17 Euro (zzgl. Versandkosten) erworben werden.
www.ubz-stmk.at/materialien-service/fachliche-und-didaktische-publikationen/wasser/
- **Stundenbilder**
Weitere Stundenbilder zum Thema Wasser, wie zB
- Experimentieren mit der Oberflächenspannung (5.-8. Schulstufe)
- Physik am Bach (ab 9. Schulstufe)
Um auf die Stundenbilder zugreifen zu können, ist eine einmalige Registrierung erforderlich.
Anschließend stehen Ihnen alle Stundenbilder zu verschiedenen Themen kostenlos zur Verfügung.
www.ubz-stmk.at/stundenbilder



Noch Fragen zum Thema?

Mag.ª Denise Sprung
Telefon: 0043-(0)316-835404-9
denise.sprung@ubz-stmk.at



Wasser-Luft-Spritzen

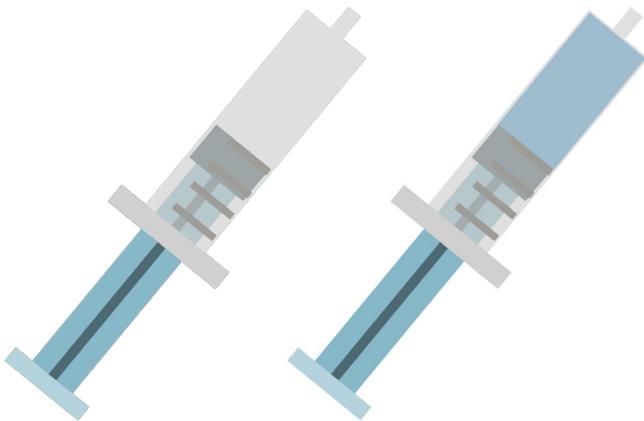
Für den Versuch benötigst du:

- ◆ 2 Spritzen (6 ml)
- ◆ Wasser

So wirds gemacht!

1. Ziehe 5 ml Luft mit der Spritze auf, halte das Loch mit einem Finger zu und versuche die Luft zusammenzudrücken.
Zeichne ein, was passiert!
2. Ziehe nun 5 ml Wasser mit der Spritze auf, halte das Loch mit einem Finger zu und versuche das Wasser zusammenzudrücken.
Zeichne ein, was passiert!

Beobachte, was passiert und zeichne ein!



Konntest du die Luft zusammendrücken?

- ja nein

Konntest du das Wasser zusammendrücken?

- ja nein

Notiere deine Vermutung, warum das so ist:

Kartesianischer Taucher

Für den Versuch benötigst du:

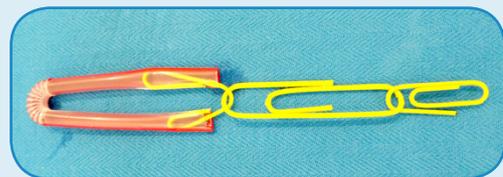
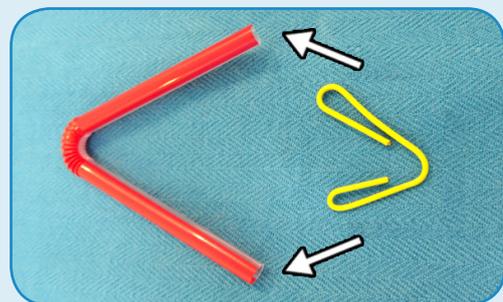
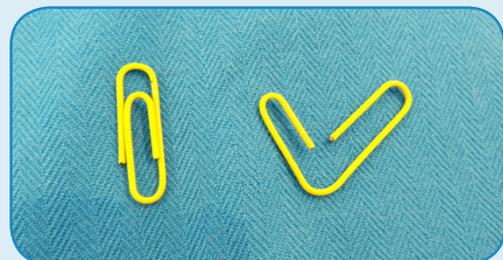
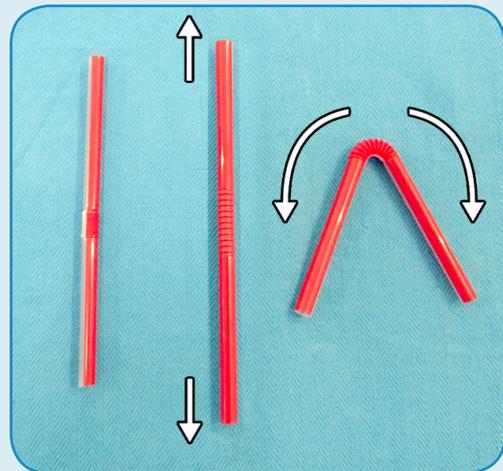
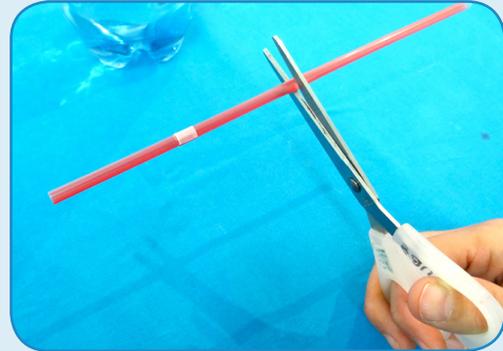
- 1 durchsichtigen Trinkhalm mit Knick
- 2 kleine Büroklammern
- 1 große Büroklammer
- Schere

So wirds gemacht!

1. Schneide den Trinkhalm so zurecht, dass die beiden Röhrcchen links und rechts vom Knick gleich lang sind.
2. Ziehe den zugeschnittenen Trinkhalm ein wenig in die Länge und biege ihn am Knick so, dass ein umgedrehtes V entsteht.
3. Biege eine der beiden kleinen Büroklammern zu einem V auseinander.
4. Stecke die aufgebogene Klammer mit den Enden in die beiden Öffnungen des Trinkhalms. Dadurch entsteht eine Art „Verbindung“, die oben aus dem Trinkhalm und unten aus der Büroklammer besteht.
5. In die auseinandergebogene Büroklammer steckst du die große Büroklammer und in diese dann noch die zweite kleine Büroklammer. Der Taucher ist fertig.

Teste deinen Taucher!

Um zu testen, was deinen Taucher alles kann, verwende ihn nun, wie im Experiment „Kartesianischer Taucher“ beschrieben.



Kartesianischer Taucher

Für den Versuch benötigst du:

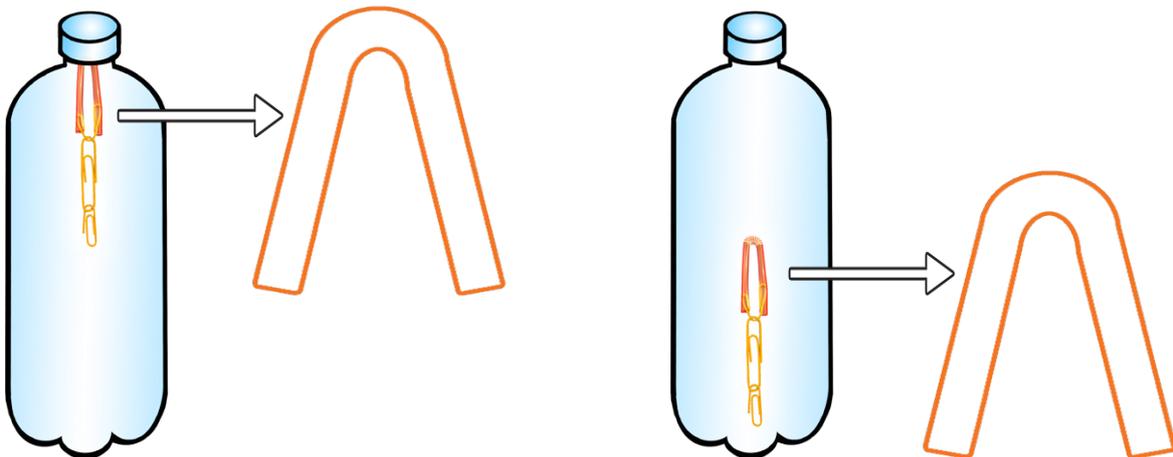
- ◆ 1 fertig gebastelten „kartesianischen Taucher“
- ◆ 1 leere PET-Flasche (1,5 l)
- ◆ Wasser



So wirds gemacht!

1. Fülle die PET-Flasche mit Wasser randvoll auf.
2. Stecke den Taucher vorsichtig in die gefüllte Flasche, sodass zuerst die Büroklammer eintaucht und dann der Trinkhalm (Bogen nach oben und Öffnung nach unten).
3. Verschließe die Flasche mit dem Verschluss.
4. Umfasse nun die geschlossene Flasche mit beiden Händen, drücke die Flasche mit beiden Händen kräftig zusammen, lass nach einer Weile wieder los und beobachte.
5. Lass deinen „kartesianischen Taucher“ in der Flasche ein paarmal sinken und beobachte genau, was mit der Luft im Trinkhalm passiert.

Zeichne ein, was im Trinkhalm passiert!



Erkläre, warum das so ist:

Darstellung von kompressiblen Gasen und nicht kompressiblen Flüssigkeiten

Benötigtes Material

- evtl. ein Seil

Vorbereitung

Es ist von Vorteil, wenn die SchülerInnen Folgendes bereits wissen: Wasser, als Reinstoff, besteht aus Molekülen einer Sorte, die aus drei Atomen bestehen. Luft ist immer ein Gasgemisch, das aus verschiedenartigen Molekülen zusammengesetzt ist.

Durchführung

► Szenario 1 - Kompressibilität von Gasen

Um die Kompressibilität von Gasen darzustellen, erklärt man den SchülerInnen, dass sie jetzt Gasteilchen sind. Sie sollen sich im Abstand von mindestens einer Armlänge voneinander im Raum aufstellen (= entspannte Gasverteilung im Raum).

Auf Kommando der Lehrperson sollen sich alle SchülerInnen möglichst gleichmäßig aufeinander zu bewegen, bis sie Körper an Körper stehen (= Darstellung einer Komprimierung des Gases durch Druck von außen).

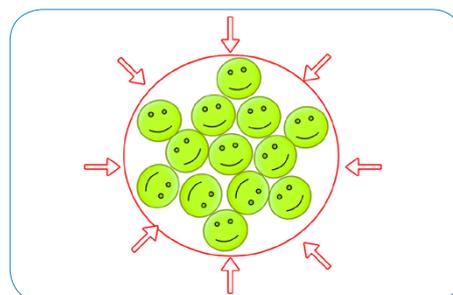
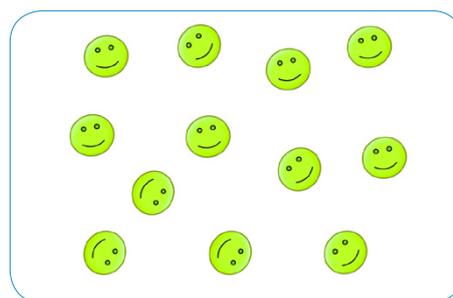
Wahlweise kann auch ein Seil rund um die Gruppe gespannt und dieses durch die Lehrperson vorsichtig enger gezogen werden, sodass die SchülerInnen aufeinander zugehen müssen.

Es folgt die Reflexion mit folgenden Fragen:

- War das Aufeinanderzugehen mit Widerstand verbunden oder ging das leicht?
- Wie viel Platz nehmt ihr im Raum im Vergleich zum Ausgangszustand jetzt ein?
- Wenn ihr könntet, wie weit würdet ihr euch auseinanderbewegen wollen, bis es wieder angenehm ist?

Zusatzinformation:

Sollten SchülerInnen möglichst weit von den anderen weg wollen, ist das geeignet für die Erklärung, dass Gase sich so weit wie möglich ausdehnen würden, wenn es keine räumliche Begrenzung geben würde, denn das ist der energetisch beste Zustand für Gase, den sie immer anstreben.

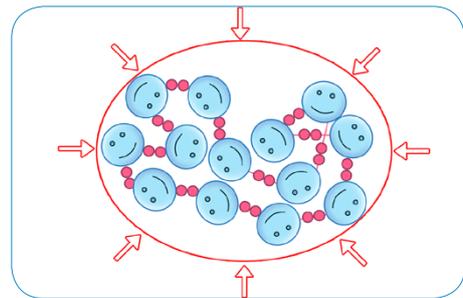
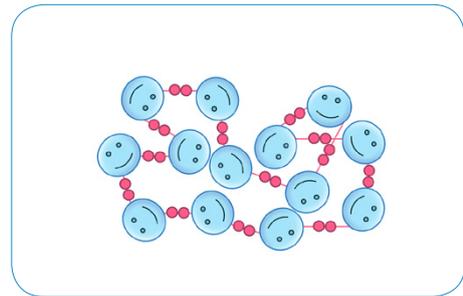


► Szenario 2: Wasserteilchen im flüssigen Zustand

Im Vergleich zur ersten Darstellung stellen die SchülerInnen im zweiten Schritt Wasserteilchen im flüssigen Zustand dar. Sie sollen sich im Raum so verteilen, dass sie sich noch an den Händen fassen können. Jede/r SchülerIn muss zwei verschiedenen Personen die Hand reichen und darf diese Verbindung nicht lösen (= Wasser im flüssigen Zustand).

Jetzt sollen sich die SchülerInnen wieder auf Kommando aufeinander zubewegen – wichtig: ohne die Hände loszulassen (= Versuch der Komprimierung von außen).

Wahlweise kann auch diesmal ein Seil rund um die Gruppe gespannt und dieses durch die Lehrperson vorsichtig enger gezogen werden.



Es folgt die Reflexion mit folgenden Fragen:

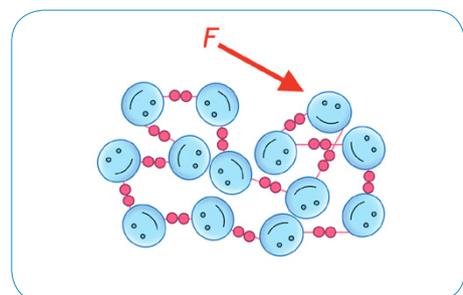
- War das Aufeinanderzugehen mit Widerstand verbunden oder ging es leicht?
Wie war es im Vergleich zum 1. Szenario als Gasteilchen?
- Wie viel Platz nehmt ihr im Raum im Vergleich zum Ausgangszustand jetzt ein?
Wie war es im Vergleich zum 1. Szenario als Gasteilchen?
- Wenn ihr könntet, wie weit würdet ihr euch auseinanderbewegen wollen, bis es wieder angenehm ist, ohne die Hände loszulassen?“

Zusatzinformation:

Da die Wassermoleküle in flüssigem Wasser relativ eng zusammenstehen, über Wasserstoffbrückenbindungen miteinander verbunden sind, sich aber dennoch noch leicht zueinander verschieben können, ist ein Komprimieren nur bedingt möglich.

► Szenario 3: Darstellen der Kraftübertragung in Wasser

Die SchülerInnen stellen sich wieder in die Ausgangsposition der Wassermoleküle mit einander gereichten Händen auf. Die Lehrperson stößt eine/n beliebige/n SchülerIn nun vorsichtig an.



Es folgt die Reflexion mit folgenden Fragen:

- Wie viele SchülerInnen bekommen etwas vom Stoß mit?
- Wie weit überträgt sich der Stoß?

Zusatzinformation:

So wie eben dargestellt überträgt sich ein Druck, der von außen auf zB eine Wasserflasche ausgeübt wird, auf alle Wasserteilchen.