



**19.74**

## **Archimedes und der (Wal)Fisch**

Experimente zur Physik des Schwimmens im Wasser

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover  
Schulbiologiezentrum Hannover

Titel: Archimedes und der (Wal)Fisch  
Experimente zur Physik des Schwimmens im Wasser

Titelbild: Schulbiologiezentrum Hannover

**Arbeitshilfe 19.74**

Verfasser: Ingo Mennerich

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover  
Fachbereich Bibliothek und Schule  
Schulbiologiezentrum  
Vinnhorster Weg 2  
30419 Hannover  
Tel: 0511/168-47665  
Fax: 0511/168-47352  
E-Mail: [schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de](mailto:schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de)  
Internet: [www.schulbiologiezentrum.info](http://www.schulbiologiezentrum.info)

## Inhalt

### Statischer Auftrieb

Was wiegt ein Wal im Wasser?	2
Was wiegt Süßwasser in Salzwasser und Salzwasser in Süßwasser?	8
Was wiegt warmes Wasser in kaltem Wasser? Was wiegt kaltes Wasser in warmem Wasser?	9
Mit der Tiefe wächst der Druck! Und was ist mit dem Auftrieb?	9
Der "Kartesische Taucher"	10
Auf- und Abstieg mit Hilfe der Schwimmblase	11

### Dynamischer Auftrieb

Haie sind "Unterwasser-Flugzeuge"	12
Was wiegen Haie im Wasser?	13
Tragflügelboote, Aquaskipper und Foilboards	13
Experimente zum dynamischen Auftrieb im Wasser	15

### Arbeitsblätter



Jessica: „Schwere Dinge gehen unter und leichte schwimmen.“

Björn: „Und warum schwimmen dann Wale?“

Mehmet: „Der hat ja auch Flossen und kann damit nach oben schwimmen“

Britta: „Und was ist wenn er schläft?“

Björn: „Ich kann im Schwimmbad im Wasser liegen, ohne unterzugehen.“

Also, warum „fällt“ der Wal nicht auf den Meeresboden?

## Statischer Auftrieb

### Was wiegt ein Wal im Wasser?

In unserem Projekt "Archimedesien" gehen Schülerinnen und Schüler der Frage nach, was im Wasser schwimmt, schwebt oder untergeht. Dabei entwickeln sie Hypothesen, warum das so ist und überprüfen sie.

Dabei ging es immer wieder auch mal um Wale, im Folgenden auch um Haie und Fische. Wale sind faszinierende Säugetiere in einem, uns Menschen weitgehend fremden Lebensraum. Sie sind, ihrer Größe entsprechend wohl sehr schwer. Das lässt sich in der Schule nicht überprüfen, schon weil Wale auf keine Waage passen...).

So müssen wir uns auf das verlassen, was in Büchern oder im Internet steht:

Der **Blauwal** ist mit 27 - 33 m Länge und einer Masse von 150 - 170 Tonnen möglicherweise das größte Tier, das jemals diesen Planeten bewohnt hat.

Der "Killerwal" **Orca** wird 5 - 8 m lang und 3-6 Tonnen schwer.

Schon kleine Kinder wissen, dass der Wal kein Fisch ist, Lungen hat und regelmäßig um Luft zu holen an die Oberfläche steigen muss. So wie wir, wenn wir durch ein Schwimmbad tauchen.

Wir aber steigen irgendwann aus dem Wasser. Der Wal nicht. Ein verirrter Wal, auf den Strand geworfen stirbt, erdrückt durch sein eigenes Gewicht.

Es liegt nahe, dass der große und kräftige Wal besser und länger schwimmen kann als wir Menschen.

Aber: Muss nicht auch er mal ausruhen und wie wir einfach schlafen?

Sinkt er dann nicht zum Meeresgrund hinab?

An dieser Stelle öffnet sich ein breites Spektrum von Hypothesen. Die Schülerinnen und Schüler bringen viele - oft widerstreitende - Ideen ein. Hier eine kleine Auswahl:

- "Der Wal atmet und die eingeatmete Luft wirkt wie ein Schwimmreifen."
- "Fett schwimmt. Davon hat der Wal eine ganze Menge ("Tran")."
- "Je tiefer er beim Schlafen absinkt desto leichter wird er."
- "Mein dicker Vater ist unter Wasser so leicht dass ich ihn tragen kann!"
- "Der Wal hat viel Kraft. Er kann sogar aus dem Wasser springen!"
- "Ich kann im Wasser auf dem Rücken liegen ohne unterzugehen!"
- "Der Wal schwimmt ja im Salzwasser. Und das trägt!"

Die Frage, auf die alles hinausläuft ist:

**WAS WIEGT EIN WAL IM WASSER?**

Im Lexikon, im Biologiebuch, in Walbüchern oder im Internet findet man Angaben zur Größe und zum "Gewicht" (besser: der Masse) der Wale.

Die Frage, was ein Wal im Meer wiegt, beantwortet das Internet nicht, obwohl es viele gute Seiten zu den Walen gibt.

Auch hier lassen sich viele Vermutungen anstellen:

- Der Wal ist leichter als Wasser. Deshalb sinkt er im Schlaf nicht auf den Grund
- Der Wal ist genauso schwer wie das Wasser. So kann er ohne große Anstrengung tauchen und wieder auftauchen. Beim Schlafen sinkt er nicht ab und steigt nicht auf
- Der Wal ist schwerer als Wasser. Nur so ist er in der Lage, tief zu tauchen.
- Der Wal ist im Wasser überall, also auch in jeder Tiefe, gleich schwer.
- Je tiefer er sinkt, desto leichter wird er und desto schwerer wird es für ihn, weiter abzutauchen.

Wer hat Recht?

Uns steht weder ein Wal noch eine passende Waage zur Verfügung. Und wer kann schon das Gewicht eines im Meer schwimmenden Wals bestimmen?

Wir nehmen ein Spielzeugmodell eines Wals, z.B. eines Blauwals oder eines "Killerwals" (Orca), wir messen die Länge und setzen das Ergebnis ins Verhältnis zur Länge eines wirklichen Wals.



Orca (Modell Schleich)

Blauwal (Modell Schleich)

Wir tauchen wir das Spielzeugmodell ins Wasser und messen, so gut es uns möglich ist, das von ihm verdrängte Wasservolumen.

Aus diesem Volumen bestimmen wir das Volumen des wirklichen Wals.

Bevor wir uns jedoch an dieses Aufgabe machen bedarf es einiger Vorerfahrungen und Kenntnisse rund um die Gesetzmäßigkeiten des Auftriebs im Wasser:

Im Projekt "Archimedesien" gehen die Schülerinnen und Schüler experimentell der Frage nach, welches Gewicht ein Eimer Wasser hat wenn man ihn komplett ins Wasser gleiten lässt.

Die Antwort ist verblüffend einfach: Wasser wiegt im Wasser...NICHTS!

Bei einer anderen Station tauchen die Schülerinnen und Schüler gleich große und geformte Gefäße mit Luft, Öl, Holz (Sägemehl), Wasser, Sand und Eisenpulver ins Wasser. Einige Gefäße schwimmen, eins schwebt, andere gehen unter. Der Augenschein und der Vergleich auf der Waage zeigt: Alles was leichter ist als Wasser schwimmt, alles was schwerer ist geht unter.

Eine weitere Aufgabe besteht darin herauszufinden, wie viel ein Stein (wir nehmen dabei "Hühnergötter") wiegt, wenn er, an einem Faden hängend, in einen Teich getaucht wird.

Schon ohne Messung wird deutlich, dass er leichter wird.

Wie viel leichter wird er? Diese Frage lässt sich beantworten wenn man den Stein an einem Kraftmesser hängend ins Wasser gleiten lässt. Aber wie ist der Gewichtsverlust zu erklären? Der Stein verändert sich doch nicht?

Beim Eintauchen verdrängt der Stein ein bestimmtes Volumen Wasser. Dieses Wasser fangen wir auf und bestimmen sein Gewicht.

Viele Schülerinnen und Schülern erkennen den Zusammenhang:

- Der Stein wird leichter. Und zwar um das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers.

In den Arbeitsblättern A1 - A4 haben wir den Hühnergott aus "Archimedesien" durch einen Spielzeugwal ersetzt.

Wenn der Wal schwerer wäre als das von ihm verdrängte Wasser würde er - ohne eigenes Zutun - absinken, wäre er leichter, stiege er auf. Sollte er genau so viel wiegen wie das von ihm verdrängte Wasser würde er schweben. So wie eine mit Wasser gefüllte Plastikflasche.

Mit diesen Kenntnissen ausgestattet messen wir zunächst das vom Spielzeugmodell verdrängte Wasser. Das klingt einfacher als es ist und die Ergebnisse streuen zunächst nicht unerheblich. Man sollte sich vorher gut darüber beraten wie die Messung durchgeführt werden soll.

Dann setzen wir die Länge des Modells zur Länge eines wirklichen Wals ins Verhältnis und berechnen das Volumen des von ihm verdrängten Wassers. Ist das Verhältnis Spielzeugwal zu Wal z.B. 1/100 müssen alle drei Dimensionen, Länge, Breite und Höhe mit 100 malgenommen werden.

Der Blauwal der Fa. Schleich ist 28 cm lang.

Ein Blauwal kann 28 m lang werden. Das Verhältnis ist also  $0,28 / 28 = 1 / 100$ .

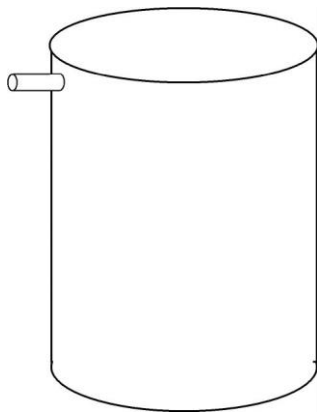
Wir haben versucht zu messen, wie viel Wasser der Spielzeugwal verdrängt. Also welches Volumen er hat.

Dabei "erfanden" die Schülerinnen und Schüler mehrere Methoden, z.B.

- Der Wal wurde in eine mit Wasser gefüllte Schale getaucht. Vorher wurde der Wasserstand markiert. Dann wurde der Wal wieder herausgenommen und so viel Wasser hinzugegeben bis der Wasserstand wieder die obere Marke erreichte.
- Der mit einem um die Schwanzflosse gebundenen Faden versehene Blauwal wurde in eine passende Dose gelegt und bis zum Rand der Dose mit feinem trockenem Sand zugedeckt. Dann wurde er vorsichtig aus dem Sand gezogen und der jetzt "fehlende" Sand mit Sand aus einem Messzylinder ersetzt.

Die auf diese noch recht grobe Weise ermittelten Volumina streuten stark und lagen zwischen  $150$  und  $200 \text{ cm}^3$ .

Mit einem selbst gebauten **Überlaufgefäß** kamen wir zu reproduzierbareren Werten:



Sie brauchen eine Dose mit herausgeschnittenem Deckel. Bohren Sie kurz unter dem oberen Rand ein Loch und setzen Sie, am besten mit Heißkleber, ein Rohr hinein.

Geben Sie Wasser ins Gefäß wird sich der Wasserstand immer auf die Höhe der Rohrunterseite einpegeln.

Das geschieht auch, wenn man ein Objekt ins Wasser taucht. Das aus dem Rohr laufende Wasservolumen ist das vom Objekt verdrängte Wasser und damit das Volumen des Objekts.

Der aus einer Messreihe gemittelte Wert beträgt etwa 176 ml Wasser.

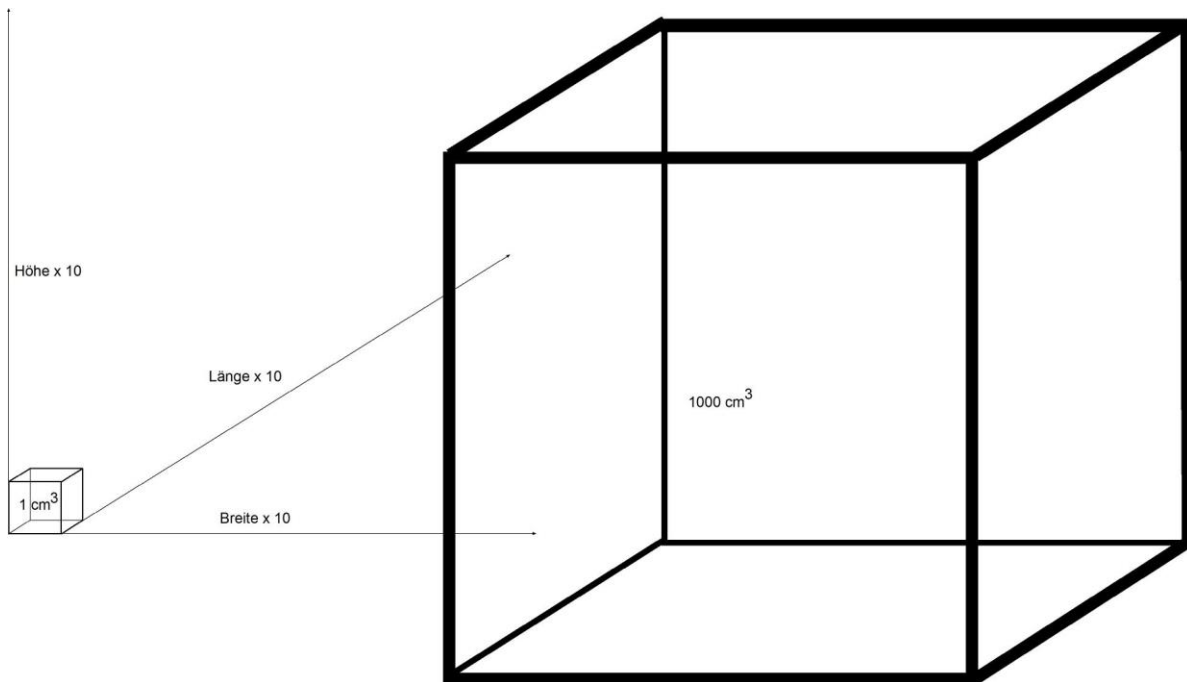
Da ein Milliliter Wasser ein Volumen von  $1 \text{ cm}^3$  und eine Masse von 1 g hat verdrängt der Spielzeugwal  $176 \text{ cm}^3$  Wasser mit einem Gewicht von 176 g.

Der trockene Wal, auf die Waage gelegt, wiegt etwa 172 g. Damit wiegt er fast genauso so viel wie das von ihm verdrängte Wasser. Das erklärt, warum er im Wasser nahezu schwebt.

Wie lässt sich das Ergebnis auf wirkliche Wale übertragen? Was wiegt ein Wal im Wasser?

Der Spielzeugwal ist ein maßstabgerechtes dreidimensionales Modell eines echten Wals. Um das Modell in das Original zu verwandeln müssen alle drei Dimensionen (Länge, Breite, Höhe) mit dem entsprechenden Vergrößerungsfaktor multipliziert werden.

Durch Multiplikation mit  $10 \cdot 10 \cdot 10$  oder  $10^3$  werden aus einem Kubikzentimeter  $1000 \text{ cm}^3$ :



Das Spielzeugmodell ist kein Würfel. Es lässt sich nur schwer zum realen Blauwal ins Verhältnis setzen weil man alle drei Dimensionen des Modells um den entsprechenden Faktor vergrößern muss.

Man müsste also die Länge, Breite und Höhe des Rumpfes, der Flipper und der Fluke mit 100 malnehmen. Nur, was heißt Länge, Höhe und Breite bei einem stromlinienförmigen Körper? Dazu müsste man von einem zu berechnenden Mittelpunkt aus die Distanz zu allen (!) Punkten der Oberfläche messen und mit dem entsprechenden Vergrößerungsfaktor malnehmen. Eine für uns nicht zu bewältigende Aufgabe.

Wir verwandeln den Wal in einen einfachen, weniger stromlinienförmigen geometrischen Körper: Einen Würfel. Ein gleichseitiger Quader lässt sich leicht berechnen. Wenn das Volumen bekannt ist sind seine Seiten "x = Dritte Wurzel des Volumens" lang. Im Falle eines Würfels mit  $1000 \text{ cm}^3$  folglich 10 cm.

Ein Würfel mit  $176 \text{ cm}^3$  Rauminhalt hat Seiten von etwa 5,6 cm Länge.

Soll dieser Würfel um das 100fach vergrößert werden müssen alle drei Dimensionen (Länge, Breite, Höhe) mit 100 multipliziert werden: Dann entsteht aus dem ursprünglichen Quader mit  $176 \text{ cm}^3$  ein Würfel mit den Seiten  $5,6 \text{ cm} \cdot 100 = 560 \text{ cm} = 5,6 \text{ m}$  und einem Rauminhalt von  $560 \cdot 560 \cdot 560 = 560^3 = 176000000 \text{ m}^3$ . oder  $176 \text{ m}^3$ .

Einfacher ist es, das vom Spielzeugwal verdrängte Wasservolumen mit der dritten Potenz des Vergrößerungsfaktors malzunehmen:

$$176 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100 = 176 \cdot 100^3 = 176000000 \text{ cm}^3 = 176 \text{ m}^3.$$

Sollten Kubikwurzeln und abstrakte Quader zu kompliziert sein wäre auch eine anschaulichere Variante möglich die mit einfachen Methoden der Algebra zu berechnen ist.

Wir formen - natürlich nur gedanklich! - das erhitzte Material aus dem der Spielzeugwal besteht zu einem Quader mit der Länge des Modells um.

Wie hoch und wie breit ist ein Quader mit der Länge 28 cm und dem Volumen  $176 \text{ cm}^3$ ?

$$176 = 28 \cdot b \cdot h$$

$$b = h = x$$

$$176 = 28 \cdot x^2$$

$$x^2 = 176/28$$

$$x = \text{Wurzel}(176/28)$$

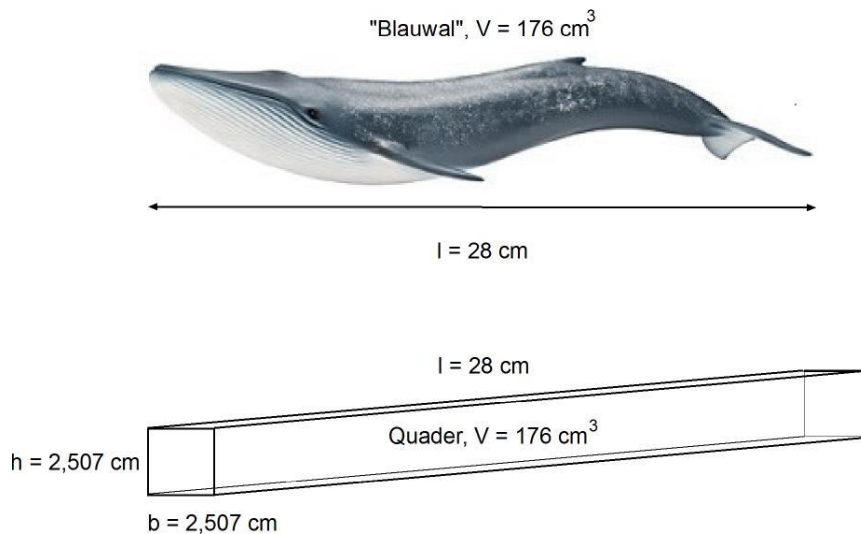
$$x = \text{Wurzel}(6,2857)$$

$$x = 2,507 \text{ cm}$$

Daraus folgt (gerundet):

Ein Quader mit  $l = 28 \text{ cm}$ ,  $b = 2,507 \text{ cm}$  und  $h = 2,507 \text{ cm}$  hat ein Volumen von  $176 \text{ cm}^3$

Und: Würde man den Spielzeugwal zu einem entsprechenden Quader pressen behielte er dieselbe Masse und das gleiche Volumen.



Blauwale werden im Durchschnitt 26 Meter lang (WIKIPEDIA, Blue Whale)

Gesetzt den Fall, unser echter Wal wäre 28 m lang (also 100mal so lang wie das Modell) dann folgt:  $V = 100l \times 100b \times 100h$

$$V_{\text{Blauwal}} = 2800 \text{ cm} \times 250,7 \text{ cm} \times 250,7 \text{ cm} \approx 176000000 \text{ cm}^3$$

Die Masse des vom Wal verdrängten Wassers:

$$176000000 \text{ g} = 176000 \text{ kg} \text{ oder } 176 \text{ t}$$

Das Gewicht eines 28 m langen Blauwals liegt in diesem Bereich:

WIKIPEDIA, Blue Whale: "Measurements between 150–170 metric tons (...) were recorded of animals up to 27 metres (...) in length". The weight of an individual 30 metres (...) long is believed by the American National Marine Mammal Laboratory (NMML) to be in excess of 180 tonnes.

Unser 176 Tonnen schwerer Blauwal verdrängt nach dieser Rechnung 176 Tonnen Wasser. Damit wiegt er im Wasser praktisch nichts.

Bei ausgewachsenen Orcas (Schwert- oder Killerwal) mit ( $\text{♂}$ ) 6-8 m Länge und 6 t Gewicht bzw. ( $\text{♀}$ ) 5-7 m Länge und 3-4 t Gewicht (Wikipedia, Orca) erhalten wir folgende Ergebnisse: Das Schleich-Modell ist 19 cm lang.

Ein 7 m langer männlicher Orca ist also 36,84mal so groß.

Das Modell verdrängt im Überlaufexperiment  $130 \text{ cm}^3$  Wasser.



Daraus folgt: Der Orca verdrängt  $130\text{cm}^3 \cdot 36,843^3 = 6500948\text{ cm}^3$  oder etwa 6,5 t Wasser.  
Ein 6 m langer weiblicher Orca ist 31,58mal so groß wie das Modell.  
Er verdrängt  $130\text{cm}^3 \cdot 31,579^3 = 4093891\text{ cm}^3$  oder etwa 4,1 t Wasser.

Diese Werte sind natürlich keine statischen Größen: Wale sind mit Lungen atmende Säugetiere und nehmen den Auftrieb erhöhende Luft mit in die Tiefe. Die Lungen werden in großer Tiefe allerdings auf einen Bruchteil ihrer Normalgröße zusammengedrückt. Beim Pottwal spielt auch das Walrat enthaltende, den größten Teil des Kopfes ausfüllende und bis zu 2 Tonnen schwere Spermatici-Organ eine Rolle: Walrat ist eine wachsähnliche Substanz die je nach Aggregatzustand (fest/flüssig) ein unterschiedliches Volumen einnimmt

Orcas und Wale hätten demnach im Wasser nur wenig Gewicht. Oder hat das (rechnerische) Übergewicht einen physikalischen Hintergrund?

Blauwale und Orcas schwimmen aber, und das macht die Angelegenheit noch etwas komplizierter, nicht in Leitungs- sondern im salzigen Meerwasser. Und das verleiht, wie man von der Nordsee und dem Toten Meer weiß, mehr Auftrieb. Muss er nun mehr oder weniger Masse haben um mühelos im Salzwasser schweben zu können?

### Was wiegt Süßwasser in Salzwasser und Salzwasser in Süßwasser?

Die Erkenntnis, dass Wasser im Wasser nichts wiegt gilt nur für Süßwasser in Süßwasser bzw. Salzwasser in Salzwasser und letzteres nur bei gleichem Salzgehalt.

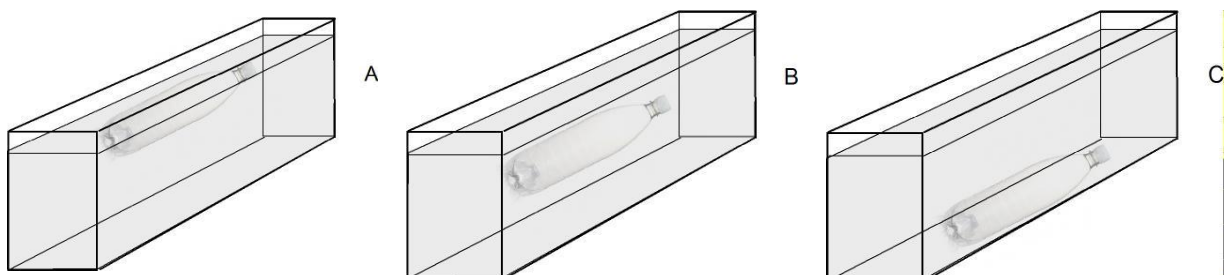
Was geschieht eigentlich, wenn man Salz ins Leitungswasser gibt? Es löst sich auf. Salzwasser ist schwerer als Leitungswasser und zwar um das Gewicht (besser: die Masse) des hinzugefügten Salzes. Werden 35 g Salz in einem Liter Wasser (1000 g) aufgelöst erhält man "Meerwasser" mit einem Gewicht von 1035 g/Liter.

Erstaunlicherweise verändert sich das Volumen nicht oder in nur geringem, nicht beobachtbaren Maße. Ganz anders, als wenn man 35 Gramm Sand in einen Liter Wasser gibt! Salz bildet im trockenen Zustand Kristalle und "zerfällt" im wässrigen Milieu in Ionen. Aus Natriumchlorid ( $\text{NaCl}$ ) werden Kationen ( $\text{Na}^+$ ) und Anionen ( $\text{Cl}^-$ ). Im  $\text{NaCl}$ -Kristallgitter liegen die Na- und Cl-Atome "auf Abstand". Zwischen ihnen ist viel "Nichts" (was das "Nichts" genau ist, ist viel schwerer zu erklären als es klingt). Der Abstand zwischen den dissoziierten, im Wasser "schwimmenden" Ionen ist viel kleiner als der Abstand der Atome im Kristallgitter.

Daraus folgt: Salzwasser hat in Bezug auf Süßwasser eine größere Masse bei gleichem Volumen!

Und damit eine größere Dichte.

- Wenn ein Körper eine geringere Dichte als Wasser hat schwimmt er.
- Wenn ein Körper die gleiche Dichte hat wie Wasser hat schwebt er.
- Wenn ein Körper eine größere Dichte hat wie Wasser sinkt er.



Das heißt:

- Eine mit Leitungswasser gefüllte Plastikflasche schwimmt auf Salzwasser (A).
- Eine mit Salzwasser gefüllte Plastikflasche schwebt im Salzwasser (B).
- Eine mit Leitungswasser gefüllte Plastikflasche schwebt im Leitungswasser (B).
- Eine mit Salzwasser gefüllte Plastikflasche sinkt im Leitungswasser (C).

Wie schwer müsste unser Wal bei gleichem Volumen sein, wenn er sich im Salzwasser im hydrostatischen Gleichgewicht befände?

Nach wie vor verdrängt er  $176 \text{ m}^3$  Wasser das mit seinem Salzgehalt von 35‰ allerdings nicht 176 t, sondern  $176 \times 1,035 = 182,16 \text{ t}$  wiegt.

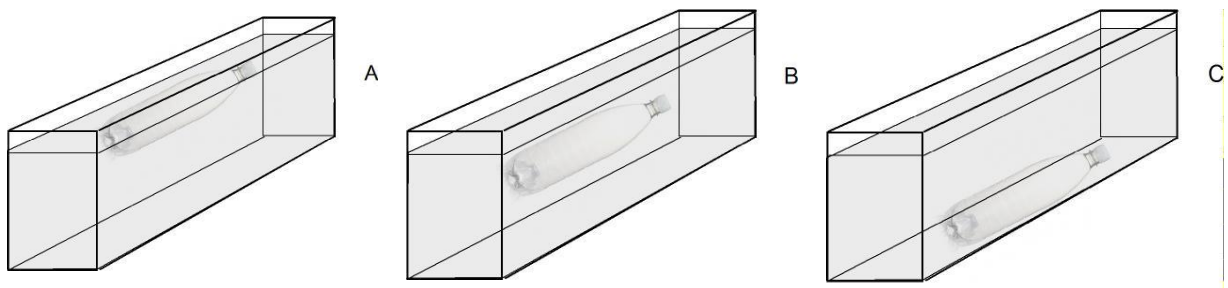
Ein Wal mit dieser Masse wiegt im Meer nichts ist sie geringer (176 t) hätte er Auftrieb.

### **Was wiegt warmes Wasser in kaltem Wasser? Was wiegt kaltes Wasser in warmem Wasser?**

Von Thermometern wissen wir, dass sich Flüssigkeiten bei Erwärmung ausdehnen. Das trifft auch für flüssiges Wasser zu, zumindest oberhalb von  $+4^\circ\text{C}$  (wo es seine größte Dichte hat).

- Warmes Wasser hat eine geringere Dichte als kaltes, also - bei gleichem Volumen - weniger Masse (Gewicht).
- Warmes Wasser hat eine höhere Dichte als warmes, also - bei gleichem Volumen - mehr Masse (Gewicht).

Davon kann man sich überzeugen wenn man zwei gleiche Gefäße mit dem gleichen Volumen kaltem bzw. warmem Wasser füllt und sie auf die Waage stellt.



Daraus folgt:

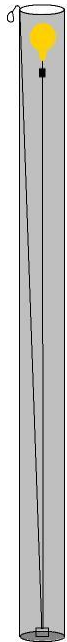
- Eine mit warmem Wasser gefüllte Plastikflasche schwimmt auf kaltem Wasser (A).
- Eine mit warmem gefüllte Plastikflasche schwebt in (gleich) warmem Wasser (B).
- Eine mit kaltem Wasser gefüllte Plastikflasche schwebt in (gleich) kaltem Wasser (B).
- Eine mit kaltem Wasser gefüllte Plastikflasche sinkt in warmem Wasser (C).

### **Mit der Tiefe wächst der Druck! Und was ist mit dem Auftrieb?**

Was ist dran an der Hypothese, dass ein Körper immer leichter wird, je tiefer er sinkt?  
Oder ist es so, dass er mit zunehmender Tiefe immer schwerer wird und schließlich zu Boden sinken muss?  
Oder ist beides falsch?

Eine einfache Schwimmbaderfahrung sagt uns: Je tiefer wir ins Wasser gleiten, desto schwerer fällt es uns, noch weiter abzutauchen. Mit wachsender Tiefe steigt zugleich der Druck auf die Ohren.

Wir haben das im "Archimedesien"-Projekt auf mehrere Arten untersucht:



- Ein Experiment mit paradoxem Ausgang: In einem 2 m langen mit Wasser gefüllten HAT-Rohr trägt ein mit etwas Luft gefüllter Ballon ein Gewicht. Mit Hilfe eines Bandes, das am Boden des Rohrs umgelenkt wird kann man den Ballon absenken und wieder aufsteigen lassen. Von einer bestimmten Tiefe an steigt der Ballon allerdings nicht mehr auf!
- Ein über einen transparenten Plastikschauch gezogener und mit Wasser gefüllter Ballon wird ins Wasser getaucht. Je tiefer der Ballon eingetaucht wird desto höher steigt Wasserstand im Schlauch. Das zeigt, dass der vom umgebenden Wasser auf den Ballon ausgeübte Druck mit der Tiefe steigt.
- Ein "Hühnergott", d.h. ein Feuerstein mit Loch, wird mit einem Band versehen und an ein Kraftmesser gebunden. In eine zwei Meter tiefe Wassersäule eintauchend wird der Stein erwartungsgemäß leichter, behält dieses Gewicht aber auch in größerer Tiefe. Der "Hühnergott" unterscheidet sich allerdings vom Ballon: Masse und Volumen bleiben erhalten.

Nimmt man eine entleerte, dann mit etwas Luft gefüllte und gut verschlossene Zahnpasta-Tube, die an der Oberfläche gerade noch schwimmt, mit ins tiefe Becken eines Schwimmbads, ist der Auftrieb irgendwann Null. Schließlich sinkt die Tube zu Boden. Sie wird vom Wasserdruck zusammengedrückt: Gleiche Masse aber geringeres Volumen, folglich größere Dichte. Übersteigt die Dichte die des Wassers gibt es keinen Auftrieb mehr.

Noch eine Schwimmbad-Erfahrung: Wer im Wasser treibend den Bauch kräftig einziehen kann wird merken dass er schwerer zu werden scheint. Bei gleicher Masse verringern sich unser Volumen und damit unser Auftrieb.

Daraus folgt: Würde der Wal in der Tiefe schrumpfen, hätte er ein Problem...

Das allerdings können wir mit unseren Mitteln nicht überprüfen.

### **Der "Kartesische\* Taucher":**

Ein einfach nachzubauendes Experiment zeigt den Zusammenhang zwischen dem vom Körper verdrängten Wasser und seinem Auftrieb, der "Kartesische Taucher".

Dazu braucht man nur eine Plastikflasche mit Schraubdeckel, Reagenzglas oder etwas Ähnliches. Die Flasche wird randvoll mit Wasser gefüllt. Dann wird das Reagenzglas mit der Öffnung nach unten in den Flaschenhals geschoben. Dabei quillt ein Teil des Wassers heraus. Wichtig ist, dass in der Flasche, abgesehen vom Reagenzglas, keine Luft ist.



Das mit Luft gefüllte Reagenzglas schwimmt zunächst oben. Wird die Flasche zusammengedrückt dringt Wasser ins Reagenzglas und der Wasserspiegel steigt. Die in ihm enthaltene Luft wird komprimiert. Dabei sinkt das Volumen der Luft (bei gleich bleibender Masse!). Es wird also weniger Wasser verdrängt. Damit sinkt der Auftrieb. Wenn der "Taucher" nicht absinkt ist zu viel Luft im Reagenzglas.

Dann muss die Flasche schräg gehalten werden damit etwas Luft herausblubbern kann. Aber nicht zu viel! Empfehlenswert ist es dann, die Luft im Flaschenhals durch Wasser zu ersetzen.

Das Wasser lässt sich im Gegensatz zu Luft nicht zusammendrücken, was man gut nachprüfen kann wenn man eine Plastikflasche vollständig mit Wasser füllt und zuschraubt.

Eine andere Variante des Kartesischen Tauchers besteht aus einer Plastikflasche und einem Luftballon an dem ein Gewicht hängt. Der

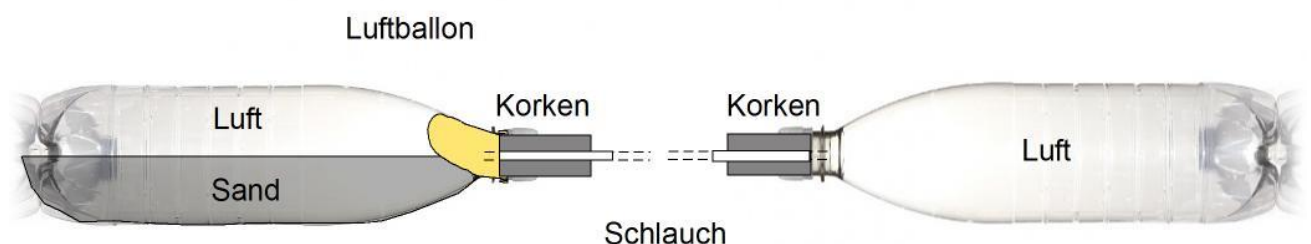
\*) Kartesisch oder cartesisch, abgeleitet von René Descartes (Cartesius).

### Auf- und Abstieg mit Hilfe der Schwimmblase

Die meisten Fische sind in verschiedenen Tiefen unterwegs. Dabei ändern sich die Temperatur, der Salzgehalt, der Wasserdruck und damit der Auftrieb.

Viele Fische verfügen über eine mit Luft gefüllte so genannte Schwimmblase. Sie können, z.B. über den Darm, Luftgehalt und Volumen der Schwimmblase aktiv verändern. Damit passen sie den Auftrieb den veränderten Bedingungen an bzw. erleichtern den Auf- oder Abstieg.

Ein einfaches Funktionsmodell einer Schwimmblase besteht aus 2 Plastikflaschen, etwas Sand, einem Luftballon, zwei durchbohrten Stopfen und einem Schlauch.



Die in der Abbildung oben linke Flasche ist der "Fisch". Er hat eine dünne, leicht nachgebende Plastikhaut. Damit der "Fisch" schwebt, wird er mit einer entsprechenden Menge Sand "gefüttert". Das ist vorher - bei mit Schraubdeckel verschlossener Flasche - in einem Wasserbecken auszuprobieren. Achten Sie auf das Gleichgewicht!

Die "Schwimmblase" besteht aus einem dann über den Flaschenhals gezogenen und in die Öffnung hineingeschobenen Luftballon. Der Ballon sollte vorher durch mehrfaches Aufblasen etwas weicher gemacht werden.

Jetzt wird der Stopfen aufgesetzt und über einen passenden (Aquarien)Schlauch mit einer zweiten, ebenfalls mit Stopfen versehenen Plastikflasche verbunden. Die zweite Flasche sollte aus etwas festerem Material bestehen.

Wird der Ballon durch Druck auf die zweite Flasche aufgeblasen gibt er den Druck an die im "Fisch" enthaltene Luft weiter die ihrerseits seine Außenhaut ausdehnt.

Der Fisch nimmt dadurch - bei unverändertem Gewicht - an Volumen zu und erhält mehr Auftrieb. Mit einem längeren Schlauch und einem hinreichend tiefen Gewässer kann man den "Fisch" durch Drücken und Loslassen "fernsteuern". Dabei zeigt sich, warum die Haut der zweiten Flasche etwas fester sein sollte: Sie findet leichter zu ihrer ursprünglichen Form zurück wodurch der Luftballon schrumpft und der Auftrieb sinkt.

Aufmerksamen Schülerinnen und Schülern fällt auf, dass der echte Fisch seine Schwimmblase aus seinem eigenen Luftvorrat füllen und entleeren muss. Er hängt ja nicht am Schlauch, wie der ferngesteuerte Plastikflaschen-Fisch! Müssen dabei nicht der "Überdruck" und die Volumenzunahme in der Schwimmblase einen "Unterdruck" an anderer Stelle zur Folge haben?

Oder anders ausgedrückt: Könnte sich ein in die Tiefe gleitender Nichtschwimmer retten indem er sich mit seinem letzten Luftvorrat eine Schwimmhilfe aufpustet?



Die Suche nach dem Funktionsprinzip der Schwimmblase könnte interessante Ansätze hervorbringen:

- Der Fisch verfügt über eine Kammer in der er Luft unter hohem Druck speichert. Diese Kammer hat starke, nicht nachgebende Wände. Entlässt er Luft aus dieser Kammer in die Schwimmblase so dehnt sich diese aus.
- Der Fisch speichert Luft in gelöster Form, so wie  $\text{CO}_2$  im Mineralwasser
- Unter erhöhtem Druck kann mehr Gas gelöst werden (geschlossene Bierflaschen perlen nicht, der Schaum entsteht erst beim Eingießen ins Glas)



## Dynamischer Auftrieb: Haie sind "Unterwasser-Flugzeuge"

Haie haben keine Fettschicht ("Blubber") wie Wale und auch keine Schwimmblase. Obwohl ihr Skelett aus im Vergleich zu Knochen leichterem Knorpel aufgebaut ist und viele Hai-Arten eine überdimensioniert große, zum Auftrieb beitragende Leber haben ist die Dichte ihres Gesamtkörpers größer als die des Wassers. Dadurch ist ihr Auftrieb negativ.



Weißer Hai (Modell SCHLEICH)



Blauhai (Modell SCHLEICH)

## Was wiegen Haie im Wasser?

### Weißer Hai:

Schleich-Modell: Länge 17 cm, Wasserverdrängung 45ml

Länge Ø 4,6 m, Gewicht Ø 890 kg (Wikipedia, Great White Shark)

Maßstab des Modells etwa 1:27

Tatsächliche Wasserverdrängung  $45 \cdot 27^3 = 885735 \text{ cm}^3$  entsprechend 885,7 kg Wasser.

Der Weiße Hai ist mit 890 kg schwerer als das verdrängte Wasser!

### Blauhai:

Schleich-Modell: Länge 14 cm, Wasserverdrängung 15ml

♂ 1,82 - 2,82 m, 27 - 55 kg, Ø 2,32 m bzw. 41 kg

♀ 2,2 - 3,3 m, 93 - 182 kg, Ø 2,75 m bzw. 137,5 kg

Durchschnittliche Länge (♂,♀) 2,5 m, durchschnittliches Gewicht 89 kg

Maßstab des Modells etwa 1:17

Tatsächliche Wasserverdrängung  $15 \cdot 17^3 = 73695 \text{ cm}^3$  entsprechend 73,7 kg Wasser.

Der Blauhai ist deutlich schwerer als das verdrängte Wasser!

Die Folge: Haie müssen stetig schwimmen um nicht unterzugehen. Der Weiße Hai erreicht Geschwindigkeiten bis zu 32 km/h.

Haie verhalten sich, physikalisch gesprochen wie "Unterwasser-Flugzeuge". Auch Flugzeuge haben eine höhere Dichte als das Medium in dem sie fliegen. Ein Flugzeug fliegt weil sich, sobald es Geschwindigkeit aufnimmt, an der Tragflächenoberseite relativ zur Unterseite ein Unterdruck bildet. Dieser Unterdruck saugt das Flugzeug gegen die Schwerkraft nach oben. Unterschreitet das Flugzeug eine bestimmte Geschwindigkeit kommt es zum Strömungsabriss und schlimmstenfalls zum Absturz.

## Tragflügelboote, Aquaskipper und Foilboards

Das aquatische Pendant zum Flugzeug ist das Tragflügelboot: Der bootsförmige Schiffkörper verfügt über Unterwasserflügel die ihn bei Erreichen einer bestimmten Geschwindigkeit aus dem Wasser heben. Dadurch sinkt die Reibung erheblich und mit dem jetzt über der Wasseroberfläche "fliegenden" Boot können noch höhere Geschwindigkeiten erreicht werden. Lässt die Geschwindigkeit und damit der Auftrieb nach gleitet das Boot zurück ins Wasser. "Aquaskipper" und "Foilboards" funktionieren nach dem gleichen Prinzip.



Tragflügelboot  
Vortrieb wird durch Wasserstrahldüsen erreicht

[http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrofoil#mediaviewer/File:Hydrofoil\\_near\\_Piraeus.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrofoil#mediaviewer/File:Hydrofoil_near_Piraeus.JPG)



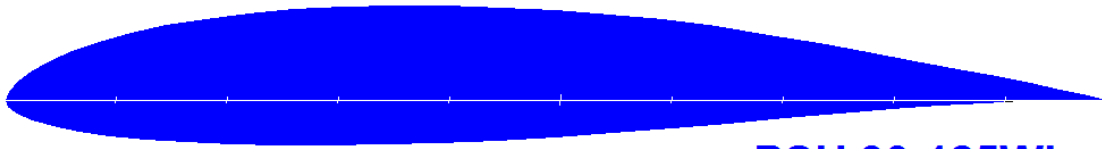
Muskelkraftbetriebener "Aquaskipper": Vortrieb wird durch rhythmisches Hüpfen erzeugt, entsprechend dem Auf und Abschlagen einer Schwimmflosse

[http://en.wikipedia.org/wiki/Human-powered\\_hydrofoil#mediaviewer/File:Schmidt\\_aquaskipper\\_CIMG2935\\_b1.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Human-powered_hydrofoil#mediaviewer/File:Schmidt_aquaskipper_CIMG2935_b1.jpg)



Kitesurfen mit dem Foilboard:  
Vortrieb wird durch Segel erzeugt

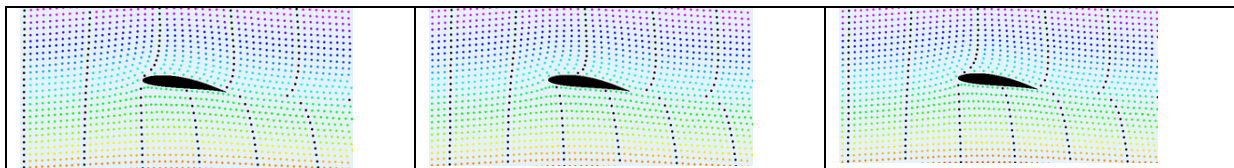
[http://m8kite.com/files/foilboard\\_002.jpg](http://m8kite.com/files/foilboard_002.jpg)



**PSU 90-125WL**

Tragflügelprofil (Wikipedia)

Der bewegte Tragflügel teilt das Medium. Luft- oder Wasserteilchen die den (längeren) Weg an der Oberseite des Flügels nehmen erreichen das sein hinteres Ende schneller als die Teilchen die den Weg unten herum nehmen. Dadurch entsteht oberseitig ein relativer Unterdruck der zu einem "Lift" führt.



Wikipedia, Tragflügel (Ausschnitte aus einer Animation)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Tragfl%C3%A4che#mediaviewer/Datei:Karman\\_trefftz.gif](http://de.wikipedia.org/wiki/Tragfl%C3%A4che#mediaviewer/Datei:Karman_trefftz.gif)

Experimente zur Aero- bzw. Hydrodynamik eines Tragflügels in unserer Arbeitshilfe "Keine Angst vorm Fliegen".

## Experimente zum dynamischen Auftrieb im Wasser

Auftrieb am Rücken eines Löffels oder an einer Kugel:

Ein einfaches Experiment lässt uns die Kraft des Auftriebs spüren: Halten Sie den metallenen Löffel locker und senkrecht so, dass sein Rücken dem Wasserstrahl zugewandt ist. Kaum berührt er den Wasserstrahl wird er in ihn hineingezogen.

Mit einem Messer gelingt das nicht!

Es gibt einen ähnlichen Versuch, bei dem ein an Textilien geriebener Plastiklöffel einen dünnen Wasserstrahl aus der senkrechten lenkt. Hier geht es aber nicht um Elektrostatik und auch nicht um den so genannten Coandă-Effekt. Unter Coandă -Effekt versteht man das Verhalten an einer Oberfläche entlang strömender Teilchen dieser Form zu folgen.

Hier sind Druckunterschiede im Spiel, geringer, vom fließenden Wasser und der Löffelform hervorgerufener Druck und dazu im Vergleich hoher Luftdruck auf der anderen Seite.

Interessant ist ein Vergleich der Medien Wasser und Luft: Bläst man mit gleicher Geschwindigkeit Luft über den Löffel ist eine wesentlich geringere Sogwirkung zu beobachten (Luft hat eine geringere Masse als Wasser).





Löffel hängt neben dem Wasserstrahl



Löffel wird in den Wasserstrahl hineingezogen

Das Experiment gelingt auch mit einer an einem Band hängenden Kugel



Kugel hängt neben dem Wasserstrahl

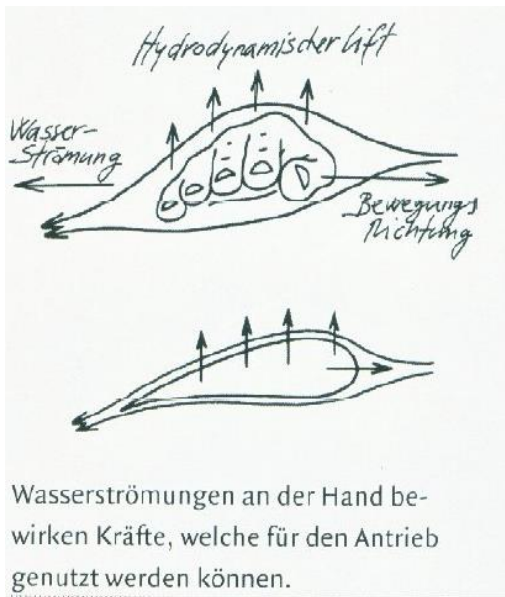


Kugel wird in den Wasserstrahl hineingezogen



Man kann auch 2 Löffel Rücken an Rücken in den Wasserstrahl halten die sich dann klappernd nähern. Sie scheinen aneinander zu kleben. Rührt das Klappern daher, dass die Strömung zwischen den Löffelrücken nicht laminar ist und Turbulenzen bildet?

Fotos: Ingo Mennerich



Aus: Bissig, M/Gröbli, C, et. Al. (2004):  
Schwimmwelt, Schulverlag bmlv, Bern

Im Schwimmbad kann man im Wasser stehend und mit den Armen kreisend den Wirkungen der zu Flügeln gewordenen Hände nachspüren.

Dabei stellt man fest:

Für den "Auftrieb" entscheidend ist

- Die Form der Hand
- Der Winkel zur Bewegungsrichtung ("Anstellwinkel")
- Die Bewegungsgeschwindigkeit

Ähnlich funktioniert auch das folgende Experiment:

Eine an einer Schnur gehaltene Holzkugel wird in die Nähe des Strahl eines Wasserschlauchs gehalten. Berührt sie den Strahl wird sie in ihn hineingesogen. Wird der Schlauch langsam angehoben steigt die Kugel mit auf.



Fotos: Ingo Mennerich

Die Holzkugel kann im Wasserstrahl ihrem Auftrieb zum Trotz auch unter Wasser gehalten werden:  
Führt man den Strahl an ihrer Unterseite entlang wird sie deutlich nach unten gezogen.  
Ersetzt man die Holz- durch eine Metallkugel kann man sie entsprechend aufsteigen lassen.



Foto: Ingo Mennerich



Physik zum Anfassen

# Archimedes und der (Wal)Fisch

\*) Archimedes kamen die besten Ideen beim Spielen in der Badewanne.



# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

## A1

### Was wiegt ein "Wal" an Land und im Wasser?



- ▶ Halte den „Wal“ am Faden und tauche ihn ins Wasser.
- ▶ Mach die Augen zu und achte auf das Gewicht des „Wals“
- ▶ Hänge den „Wal“ am Gummiband auf.
- ▶ Tauche ihn noch einmal ins Wasser.
- ▶ Fällt Dir etwas auf?





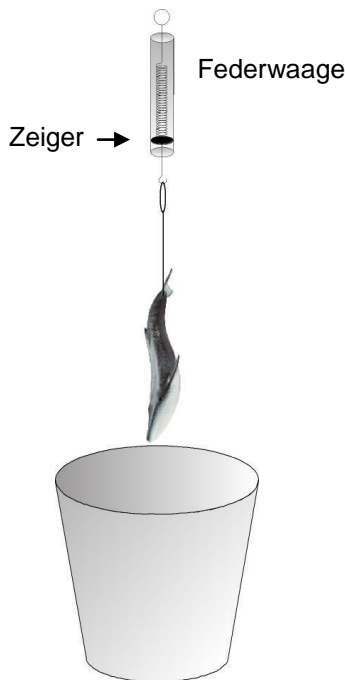
# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

## A2

### Das Gewicht des „Wals“ an Land und im Wasser



- ▶ Mache dich mit der Federwaage vertraut:
  - ▶ Die Federwaage ist ein Kraftmesser.
  - ▶ Wie viel Newton Kraft brauchst du um 50 g oder 100 g zu heben?
  - ▶ Wie hängen Kraft (Newton) und Masse/ Gewicht (g) zusammen?
- 
- ▶ Hänge den „Wal“ an der Federwaage auf.
  - ▶ Wie viel Kraft brauchst du um den „Wal“ so zu halten?
  - ▶ Welches Gewicht (Masse) hat der „Wal“?
  - ▶ Tauche ihn langsam ins Wasser ein.
  - ▶ Achte auf den Zeiger an der Federwaage!



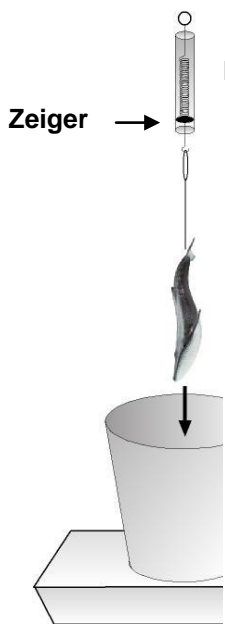
# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

## A3

### Wie viel leichter ist der "Wal" im Wasser?



Federwaage

Zeiger →

▶ Stelle das Überlaufgefäß in die Schale.

it Wasser.

lerwaage.

▶ Lasse

▶ Dabei

▶ Fange

▶ Wie vi

▶ Was z



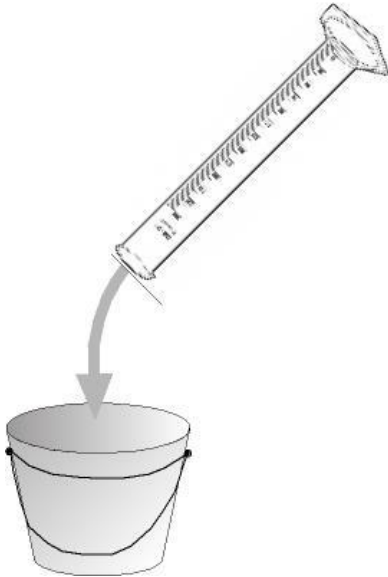
eraus.



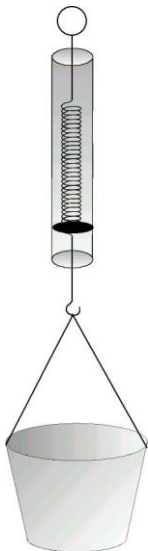
# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch

## A4

### Wie schwer ist das vom "Wal" verdrängte Wasser?



- ▶ Notiere das vom "Wal" verdrängte Wasservolumen (ml).
- ▶ Gieße das in den Messzylinder gelaufene Wasser in den Becher.



- ▶ Hänge den Becher an die Federwaage.
- ▶ Was zeigt die Federwaage an?
- ▶ Vergleiche das Volumen und die von der Federwaage angezeigte Masse des verdrängten Wassers.

- ▶ Überlegt, wie die in den Versuchen A1 bis A4 ermittelten Werte zusammenhängen!





# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

## A5

### Was wiegt ein echter Wal im Wasser?



#### Achtung:

Der "Wal" muss ganz ins Wasser eintauchen.

Nicht aber deine Finger, sonst erhältst du falsche Ergebnisse!

- ▶ Fülle das Überlaufgefäß mit Wasser.
- ▶ Warte, bis kein Wasser mehr herausläuft.
- ▶ Stelle den Messbecher unter den Überlauf.
- ▶ Tauche den „Wal“ vollständig ins Wasser ein.
- ▶ Fange das verdrängte Wasser auf.
- ▶ Überführe es in den Messzylinder.
  
- ▶ Wie viel Wasser verdrängt der "Wal"? (Volumen)
- ▶ Wie viel wiegt das verdrängte Wasser? (Masse)
  
- ▶ Wiege den (trockenen) "Wal". (Masse)



# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

## LÖSUNG:

### Volumenbestimmung des "Wals":

Zehn durch Überlauf gemessene Werte: (ml)

178, 170, 178, 170, 174, 180, 178, 188, 176, 172

Durchschnitt 176,4 ml

### Masse (Gewicht) des vom "Wal" verdrängten Wassers:

176,4 g

### Masse (Gewicht) des "Wals":

172,3 g (trocken)

### Daraus folgt:

Der "Wal" hat etwa die Masse des verdrängten Wassers.  
Gewicht im Wasser = 0

### Übertragen auf wirkliche Wale:

Blauwale werden im **Durchschnitt 26 Meter lang** (WIKIPEDIA)  
Wikipedia: Blue Whale

Gesetzt der Fall, unser echter Wal **wäre 28 m lang** (also 100mal so lang wie das Modell)



# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

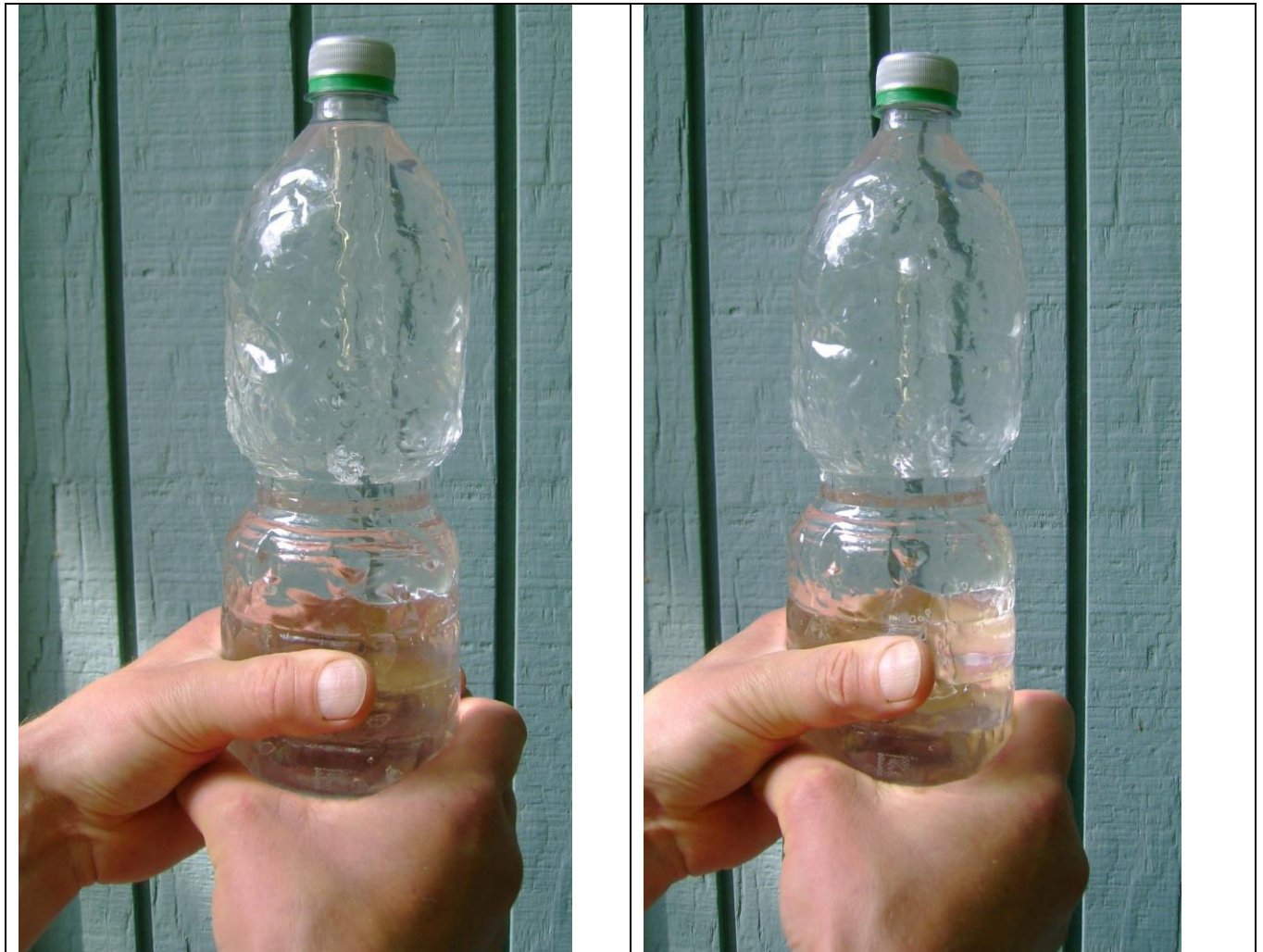
## B

### Der „Kartesische“ Taucher

- ▶ Fülle eine Plastikflasche bis zum Rand mit Wasser.
- ▶ Stecke ein Reagenzglas umgekehrt durch die Öffnung.
- ▶ Ergänze das herausgelaufene Wasser
- ▶ Verschließe die Flasche mit dem Schraubdeckel
- ▶ Drücke auf die Flasche
- ▶ Was beobachtest du?
- ▶ Was könntest du tun, wenn der „Kartesische Taucher“ nicht absinkt?



# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



## Erklärung:

Das mit Luft gefüllte Reagenzglas schwimmt zunächst oben.

Wird die Flasche zusammengedrückt dringt Wasser ins Reagenzglas und der Wasserspiegel steigt.

Die in ihm enthaltene Luft wird komprimiert.

Dabei sinkt das Volumen der Luft (bei gleich bleibender Masse!). Es wird also weniger Wasser verdrängt.

Damit sinkt der Auftrieb.

Wenn der "Taucher" nicht absinkt ist zu viel Luft im Reagenzglas.

Dann: Flasche schräg halten und etwas Luft herausblubbern lassen. Aber nicht zu viel!

Das Wasser lässt sich im Gegensatz zu Luft nicht zusammendrücken, was man gut nachprüfen kann wenn man eine Plastikflasche vollständig mit Wasser füllt und zuschraubt.



# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

## C

### Auf und Abtrieb 1

- ▶ Fülle eine der beiden Flaschen mit Salzwasser.
- ▶ Lege sie in ein Becken mit Leitungswasser.
- ▶ Was beobachtest du?
  
- ▶ Fülle die andere der beiden Flaschen mit Leitungswasser.
- ▶ Lege sie in ein Becken mit Salzwasser.
- ▶ Was beobachtest du?

Hast du eine Erklärung für das Verhalten der beiden Flaschen?



# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

## D

### Auf und Abtrieb 2

- ▶ Fülle eine der beiden Flaschen mit warmem Wasser.
- ▶ Lege sie in ein Becken mit kaltem Wasser.
- ▶ Was beobachtest du?
  
- ▶ Fülle die andere der beiden Flaschen mit kaltem Wasser.
- ▶ Lege sie in ein Becken mit warmem Wasser.
- ▶ Was beobachtest du?

Hast du eine Erklärung für das Verhalten der beiden Flaschen?



# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

## E

### Auf und Abtrieb 3

- ▶ Fülle die Flasche mit Wasser und lege sie in das Wasserbecken.
- ▶ Gib so viel Salz, kaltes oder warmes Wasser in die **Flasche**, dass sie im schwebt.
- ▶ Oder ist es besser, dem **Becken** Salz, kaltes oder warmes Wasser hinzuzufügen?

Probiere das aus!

Hast du eine Erklärung für deine Beobachtungen?





# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch

## F

### Wie bewegt sich ein Fisch im Wasser?



Wikimedia Commons: Marcus Elieser Bloch,  
Naturgeschichte der ausländischen Fische, Berlin, 1782

- ▶ Lasse dir einen Goldfisch in das mit Wasser gefüllte Aquarium setzen
- ▶ Beobachte, mit welcher „Technik“ er sich
  - Vorwärts und rückwärts
  - nach links, nach rechts
  - nach oben, nach unten
  -

bewegt

- ▶ Sinkt er ab, wenn er sich nicht bewegt?
- ▶ Wenn nein, warum ist das so?

Hast du Erklärungen für deine Beobachtungen?





# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB



# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch

## G

### Was wiegt ein Fisch im Wasser?



Wikimedia Commons: Marcus Elieser Bloch,  
Naturgeschichte der ausländischen Fische, Berlin, 1782

- ▶ Stelle 2 gleich große Aquarien auf die Tafelwaage.
- ▶ Fülle sie zu etwa  $\frac{3}{4}$  auf und achte darauf, dass sie im Gleichgewicht sind.
- ▶ Setze einen Goldfisch in eines der Aquarien.
- ▶ Warte ab, bis der Fisch ganz ruhig geworden ist.
- ▶ Jetzt sind die Becken im Ungleichgewicht.
- ▶ Stelle mit Hilfe des Messgefäßes das Gleichgewicht wieder her.
- ▶ Was wiegt das ergänzte Wasser?
- ▶ Welches Volumen hat das ergänzte Wasser?

Was könntest du tun um das Gewicht des Fisches zu bestimmen?

Goldfisch, Vol 140 ml, Masse 140 g (gemessen 15.07.14)

Goldfisch, Vol 148 ml, Masse 146 g (gemessen 16.07.14)



# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB



## Erklärung:

Zu Beginn des Experiments sind beide Becken gleich schwer (=gleiche Masse).

Wird der Fisch in eines der Aquarien gesetzt, erhöht sich seine Masse (=es wird schwerer).

Mit dem Messzylinder (z.B. mit 200 ml Wasser gefüllt) wird das andere Becken langsam (!) so lange aufgefüllt bis beide Becken im Gleichgewicht sind.

Wenn dazu z.B. 180 ml Wasser notwendig sind heißt das:

Der Fisch hat 180 ml Wasser verdrängt.

**1 ml** Wasser hat ein Volumen von **1 cm<sup>3</sup>** und wiegt (besser: hat eine Masse von) **1 g**.

Daraus folgt:

Der Fisch hat ein Volumen von 180 cm<sup>3</sup> und eine Masse von 180 g.

Damit ist er genau so schwer wie das ihn umgebende Wasser und wiegt im Wasser:

**NICHTS!**



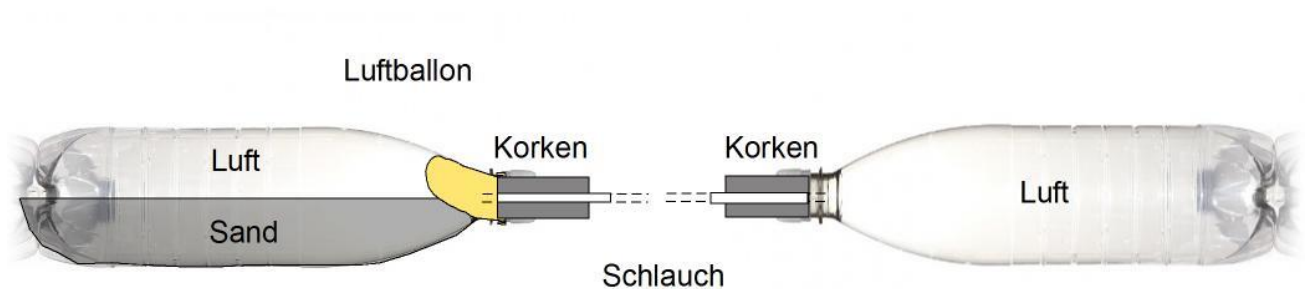
# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

## J

### Wie entsteht ein Schwimmblasen-Modell?



Eine mit Sand gefüllte Plastikflasche als „Fisch“ mit einer Luftballon-„Schwimmblase“.

Du brauchst...

- ▶ je eine dünnhäutige und eine etwas dickwandigere Plastikflasche eine davon mit Schraubverschluss
- ▶ einen Luftballon
- ▶ Sand
- ▶ 2 Stopfen mit Löchern  
(ersatzweise durchbohrte Plastik-Weinkorken)
- ▶ einen passenden Schlauch
- ▶ Gib so viel Sand in die dünnwandige Flasche dass sie im Wasser gerade untergeht, oder besser: dass sie schwebt.
- ▶ Ziehe den Luftballon so über die Flaschenöffnung, dass er nach innen zeigt.
- ▶ Verbinde beide Stopfen mit dem Schlauch



# Physik zum Anfassen: Archimedes und der Fisch



& Schul-LAB

- ▶ Setze die Stopfen gut schließend (!) auf die Flaschen.

## Erklärung:



Drückst du auf die Plastikflasche, wird der Ballon ("Schwimmblaste") im "Fisch" größer.

Er braucht mehr Platz im "Fisch" so dass auch der "Fisch" etwas größer wird.

Er wird aber nicht schwerer. Wir sagen: Seine Masse bleibt gleich.

Wenn das Volumen des "Fisches" zunimmt verdrängt er mehr Wasser.

Dadurch erhält der "Fisch" mehr Auftrieb und steigt nach oben.

Wenn die "Schwimmblaste" bei nachlassendem Druck wieder kleiner wird verdrängt der "Fisch" weniger Wasser und sinkt ab.