

# NWA-Tag 2008: Die vier Elemente



Titel des Beitrages:

## Das Element Wasser - Tauchen und Auftrieb

Kurzinformation:

Der Beitrag „Das Element Wasser – Tauchen und Auftrieb“ beschäftigt sich mit dem fantastischen Prinzip des Archimedes, dem Auftrieb in Süß- und Salzwasser, dem Galileo-Thermometer und dem geheimnisvollen Flaschenteufel. Zudem wird auf den Druck in der Tiefe des Meeres eingegangen.

Lassen Sie sich überraschen...

Verfasser/innen:

**Haas, Christiane:** Archimedes

**Heißel, Timo:** Das Galileo-Thermometer  
Auftrieb in Süß- und Salzwasser

**Herz, Heike:** Der Flaschenteufel  
Druck in der Tiefe des Meeres

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Archimedes .....</b>	<b>3</b>
1.1	Was ist das Archimedische Prinzip? .....	3
1.2	Didaktisch- methodische Anmerkungen .....	3
1.3	Bezug zum Bildungsplan.....	3
1.4	Schülerexperiment zum Archimedischen Prinzip .....	
	- Überlaufgefäß mit Waage .....	4
1.5	Arbeitsblatt zum Schülerexperiment „Überlaufgefäß mit Waage“ .....	4
<b>2</b>	<b>Das Galileo-Thermometer .....</b>	<b>9</b>
2.1.	Funktionsprinzip .....	9
2.2	Bau eines Galileo – Thermometers.....	11
<b>3</b>	<b>Auftrieb in Süß- und Salzwasser .....</b>	<b>12</b>
3.1	Beschreibung des Auftriebes.....	12
3.2	Dichte von Süß- und Salzwasser .....	13
3.3	Unterrichtsblätter zum Erarbeiten des Auftriebs.....	13
<b>4</b>	<b>Der Flaschenteufel.....</b>	<b>17</b>
4.1	Herstellung eines Flaschenteufels .....	17
4.2	Arbeitsblatt „Der Flaschenteufel“ .....	19
4.3	Wie funktioniert ein Flaschenteufel?.....	22
4.4	Didaktisch-methodische Anmerkungen.....	22
4.5	Bezug zum Bildungsplan.....	23
<b>5</b>	<b>Druck in der Tiefe des Meeres .....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>25</b>

# 1 Archimedes

## 1.1 Was ist das Archimedische Prinzip?

Dem Naturforscher und Philosoph Archimedes (287- 212 v. Chr.) ist es gelungen die Grundlage des Archimedischen Prinzips zu legen.

Archimedes sollte überprüfen, ob die Krone des Königs Hieron II. von Syrakus aus reinem Gold bestand.

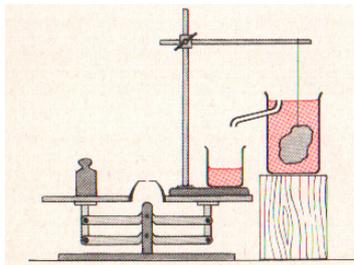
Als Archimedes beim Baden in einen Zuber stieg und das Wasser überlief, kam ihm die Erleuchtung.

Er befestigte die Krone und einen reinen Goldklumpen an einer Balkenwaage um die Dichten zu vergleichen. Die Waage war im Gleichgewicht.

Als er die Waage mit dem Goldklumpen und der Krone in ein Wasserbecken stellte, neigte sich die Waage und die Krone stieg durch die Auftriebskraft nach oben.

Damit war klar, der Betrag der Dichte der beiden Stoffe war nicht derselbe und somit die Krone nicht aus reinem Gold.

Aus diesem historischen Bezug und den Newton'schen Axiomen entstand etwa 1900 Jahre



später das archimedische Prinzip, welche besagt: „Ein Körper, der ganz oder teilweise in ein Fluid eintaucht, erfährt eine Auftriebskraft, deren Betrag gleich der Gewichtskraft der durch den Körper verdrängten Fluidmenge ist.“ (Tipler & Mosca, 2004, S. 400)

Nach Abbildung 1-1: „Archimedisches Prinzip“ ist der Auftrieb eines beliebig geformten Körpers, den er durch eine Flüssigkeit erfährt, so groß, wie das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit.

10-1: Archimedisches Prinzip (Dorn, 1965, S. 68)

Das relative Gewicht ( kurz für Gewichtskraft) eines Körpers ist sein Gewicht dividiert durch das Gewicht eines gleichgroßen Wasservolumens und nach Archimedes dementsprechend gleich der Auftriebskraft, die der eingetauchte Körper im Wasser erfährt. Das relative Gewicht entspricht der spezifischen Dichte des Körpers.

Zusammengefasst gilt:  $\text{spezifische Dichte} = \frac{\text{Gewicht}}{\text{Auftriebskraft im Wasser}}$

(vgl. Tipler & Mosca, 2004. S399 ff.)

## 1.2 Didaktisch- methodische Anmerkungen

Die Schülerinnen und Schüler haben bereits Erfahrungen mit dem Auftrieb gesammelt. Sei es im Salzwasser oder bezüglich des Gewichtsverlustes untergetauchter Körper. Mit Hilfe des Archimedischen Prinzips können diese Erfahrungen aus dem Alltag begründet und nachvollzogen werden.

Der Versuchsaufbau des Archimedischen Prinzips lässt es zu, dass die Schülerinnen und Schüler den Versuch mit Alltagsgegenständen nachvollziehen können. Dadurch ist eine Verknüpfung des NWA-Unterrichts und dem Alltag erkennbar.

Die Handlungsorientierung, welche durch den Versuch gegeben, erfüllt den Grundgedanken des NWA-Unterrichts, der aktiven Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit der Umwelt, und lässt ihnen Freiraum für individuelles Lernen.

## 1.3 Bezug zum Bildungsplan

Das Archimedische Prinzip ist im Unterricht der Realschule in der Hydromechanik zu verankert. Es bildet viele Möglichkeiten zur Umsetzung in Schüler- und Demonstrationsversuchen erfüllt dadurch den Grundgedanken des NWA-Unterrichts, der

aktiven Auseinandersetzung durch Schülerinnen und Schüler. Kenntnisse und Fähigkeiten werden durch Experimentieren und Ausprobieren erworben.

Die Schülerinnen und Schüler haben dabei die Möglichkeit Besonderheiten zu finden, Gesetzmäßigkeiten zu vermuten, Hypothesen aufzustellen und Prognosen zu wagen.

Sie dokumentieren Vermutungen und systematisieren diese.

Das Archimedische Prinzip findet im Bildungsplan in den Klassen fünf bis sieben unter dem Aspekt „Wasser“ oder „geheimnisvolle Kräfte“ seine Berechtigung. (vgl. Ministerium für Kultus, 2004. S. 96-101)

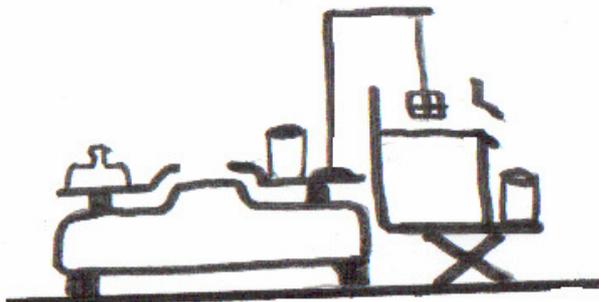
#### **1.4 Schülerexperiment zum Archimedischen Prinzip - Überlaufgefäß mit Waage**

Es gibt verschiedene Möglichkeiten das Archimedische Prinzip in einem Experiment zu verdeutlichen, um es Schülerinnen und Schülern (nachfolgend SuS.) verständlich zu machen.

Das Experiment „Überlaufgefäß mit Waage“ ist dafür ein Paradebeispiel.

Du benötigst dafür eine Waage mit Wägemassen, einen Stein, ein Überlaufgefäß gefüllt mit Wasser, einen Stativfuß, eine Stativklemme, zwei Stativstangen, zwei Bechergläser, einen Laborboy und Bindfaden.

Baue das Stativ aus Stativfuß, Stativklemme und den beiden Stativstangen, wie in der Abbildung 1-2: „Aufbau Schülerexperiment“ zu sehen ist, zusammen. Befestige nun an der waagrechten Stativstange den Bindfaden und daran den Stein.



#### **0-2: Aufbau Schülerexperiment**

Stelle das Stativ mit dem Stein zusammen mit einem Becherglas auf eine Waagschale.

Die andere Waagschale sollst du so mit Wägestücke belasten, dass sich die Waage im Gleichgewicht befindet.

Fülle das Überlaufgefäß so hoch mit Wasser, dass gerade kein Wasser mehr herausläuft und stelle es auf den Laborboy unter den am Stativ hängenden Stein.

Plaziere das zweite Becherglas unter dem Überlaufgefäß.

Nun kannst du das Experiment mithilfe des Arbeitsblattes durchführen.

#### **1.5 Arbeitsblatt zum Schülerexperiment „Überlaufgefäß mit Waage“**

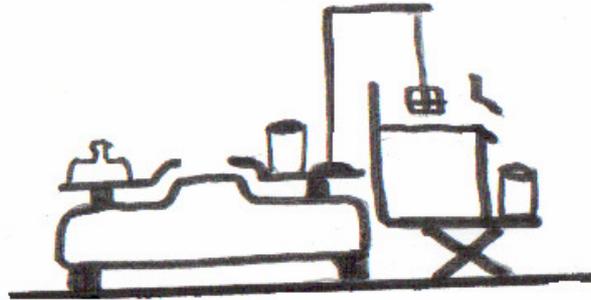
Auf der nächsten Seite befindet sich ein Arbeitsblatt zum Archimedischen Prinzip mit zugehöriger Lösung.

# Das Archimedische Prinzip

**Material:**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1 Waage                            | <input type="checkbox"/> Wagemassen        |
| <input type="checkbox"/> 1 Stein                            | <input type="checkbox"/> 1 Stativfuß       |
| <input type="checkbox"/> 1 Überlaufgefäß gefüllt mit Wasser | <input type="checkbox"/> 2 Stativstangen   |
| <input type="checkbox"/> 2 Bechergläser                     | <input type="checkbox"/> Eine Stativklemme |
| <input type="checkbox"/> 1 Laborboy                         | <input type="checkbox"/> Bindfaden         |

1. Baue den Versuchsaufbau, wie du ihn in der Abbildung siehst nach.  
Lege so viele Wagemassen auf die linke Waagschale, dass sich die Waage im Gleichgewicht befindet.



2. Führe den Versuch in vier Schritten durch und dokumentiere nach jedem Schritt deine Beobachtungen.

1. **Schritt:** Die Ausgangssituation entspricht dem Versuchsaufbau.

Beobachtung:

2. **Schritt:** Verändere nun die Höhe des Laborboys so, dass sich der Stein vollständig unter Wasser befindet.

Beobachtung:

3. **Schritt:** Fülle das Wasser, welches in das Becherglas auf dem Laborboy gelaufen ist, in das Becherglas auf der rechten Waagschale.

Beobachtung:

4. **Schritt:** Entferne die Wägemasse von der linken Waagschale.

Beobachtung:

**Formuliere abschließend was du aus deinen Beobachtungen schließt.**



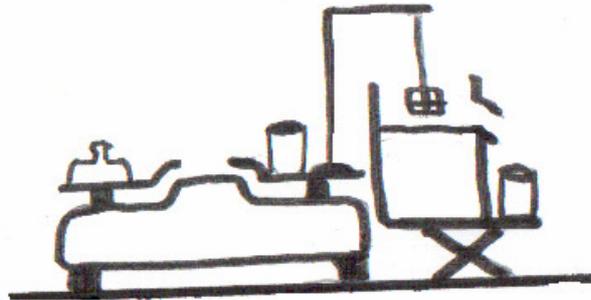
# Das Archimedische Prinzip

# Lösung

Material:

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1 Waage                            | <input type="checkbox"/> Wägmassen         |
| <input type="checkbox"/> 1 Stein                            | <input type="checkbox"/> 1 Stativfuß       |
| <input type="checkbox"/> 1 Überlaufgefäß gefüllt mit Wasser | <input type="checkbox"/> 2 Stativstangen   |
| <input type="checkbox"/> 2 Bechergläser                     | <input type="checkbox"/> Eine Stativklemme |
| <input type="checkbox"/> 1 Laborboy                         | <input type="checkbox"/> Bindfaden         |

1. Baue den Versuchsaufbau, wie du ihn in der Abbildung siehst nach.  
Lege so viele Wägmassen auf die linke Waagschale, dass sich die Waage im Gleichgewicht befindet.



2. Führe den Versuch in vier Schritten durch und dokumentiere nach jedem Schritt deine Beobachtungen.

1. **Schritt:** Die Ausgangssituation entspricht dem Versuchsaufbau.

Beobachtung:

*Der Stein befindet sich nicht im Wasser.*

*Die Waage befindet sich im Gleichgewicht.*

2. **Schritt:** Verändere nun die Höhe des Laborboys so, dass sich der Stein vollständig unter Wasser befindet.

Beobachtung:

*Der Stein befindet sich im Wasser.*

*Die Waage ist nicht im Gleichgewicht, das Gewicht der Wägmasse ist größer als der Betrag des Gesamtgewichts auf der rechten Waagschale.*

- 3. Schritt:** Fülle das Wasser, welches in das Becherglas auf dem Laborboy gelaufen ist, in das Becherglas auf der rechten Waagschale.

Beobachtung:

*Der Stein befindet sich noch immer im Wasser.*

*Das Gesamtgewicht auf der rechten Waagschale ist nun im Betrag größer als das Gewicht der Wägemasse.*

- 4. Schritt:** Entferne die Wägemasse von der linken Waagschale.

Beobachtung:

*Der Stein befindet sich im Wasser.*

*Die Waage steht im Gleichgewicht.*

**Formuliere abschließend was du aus deinen Beobachtungen schließt.**

*Das Experiment zeigt,  
dass die Gewichtskraft des verdrängten Wassers  
der Auftriebskraft des Steins entspricht.*

## 2 Das Galileo-Thermometer

Unter dem Namen Galileo Thermometer verbirgt sich ein meist schlankes zylinderähnliches Gefäß, das mit einer Flüssigkeit gefüllt ist. Die Temperatur lässt sich anhand der Position der im inneren befindlichen Kugeln ablesen. Es wird heutzutage eher als dekoratives Temperaturmessinstrument im Haushaltsbereich benutzt. Die Gründe liegen im kleinen Messbereich (ungefähr  $14^{\circ}\text{C}$  –  $30^{\circ}\text{C}$ ) und der baulich bedingten Temperaturschritten von ca.  $0,5^{\circ}\text{C}$  bis  $1^{\circ}\text{C}$ .

Ebenso gebräuchlich ist der Namen „Termometro Lento“. Der italienische Begriff „lento“ (dt. langsam) bezeichnet dabei das Funktionsprinzip des Thermometers. Also die Temperatur wird langsam angezeigt bzw. kann nur träge mit etwas Verzögerung abgelesen werden.

Das Prinzip des Galileo-Thermometers beruht auf der Erfindung von Galileo Galilei (1564-1642), der herausfand, dass sich bei verschiedenen Temperaturen die Dichte von Flüssigkeiten verändert. Auf diesem Prinzip sind die Galilei-Thermometer aufgebaut und ihm zu Ehren benannt. Das erste Thermometer soll jedoch 1641 in Florenz konstruiert worden sein von Ferdinand II., einem Großherzog der Toskana aus der Familie der Medici.



### 2.1. Funktionsprinzip

Das Funktionsprinzip ist grundsätzlich recht schnell erklärt. Die Flüssigkeit im Zylinder dehnt sich mit steigender Temperatur aus und verringert dabei ihre Dichte. In der Flüssigkeit selbst befinden sich mehrere Glaskugeln, die mit einer anderen (farbigen) Flüssigkeit befüllt und jeweils auf eine spezifische Umgebungstemperatur geeicht sind.

Dadurch dass sich Glas um den Faktor 10 - 100 weniger stark ausdehnt als verschiedene Flüssigkeiten (Wasser oder Ethanol) , kann man das Volumen der Glaskugeln als fast konstant betrachten und ihre Dichte (also Glaskugel und darin befindliche Flüssigkeit) so austarieren, dass diese bei der angegebenen Temperatur gerade noch oben schwimmt bzw. bei höherer Temperatur dann untergeht.

Um die Volumenausdehnung und die Dichte der Zylinderflüssigkeit zu berechnen bedarf es etwas Mathematik.

Die Volumenänderung bei flüssigen Stoffen gehorcht für kleine Temperaturbereiche um 20 °C näherungsweise nach folgendem Gesetz.

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

$\gamma \hat{=} \text{Volumenausdehnungskoeffizient}$   
 $V_0 \hat{=} \text{Ausgangsvolumen}$   
 $\Delta T \hat{=} \text{Temperaturänderung}$

Da Wasser einen relativ kleinen Volumenausdehnungskoeffizient ( $\gamma = 0,207 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ ) hat, eignet sich dieses aufgrund der daraus resultierenden geringen Dichteänderung nicht so gut zum Bau eines Galileo Thermometer. Einen höheren und dadurch für uns besseren Volumenausdehnungskoeffizient hat z.B. Ethanol ( $\gamma = 1,1 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ ).

Zudem besitzt Wasser eine fast doppelt so hohe Wärmekapazität wie Ethanol. Diese Tatsache würde zwar vom Namen her dem italienischen Begriff „Termometro lento“ gerecht werden, aber für den praktischen Gebrauch keine akzeptablen Ablesergebnisse liefern.

Bei einem angenommenen Kugelvolumen von 10cm<sup>3</sup> ergibt sich bei einer Erhöhung der Ethanoltemperatur um 2 K eine Volumenausdehnung des Ethanols um

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$$
$$\Delta V = 1,1 \cdot 10^{-3} K^{-1} \cdot 10 \text{cm}^3 \cdot 2 K$$
$$\Delta V = 0,022 \text{cm}^3$$

Dies bedeutet die Dichte sinkt ab von  $\rho = 0,789 g \cdot \text{cm}^{-3}$  bei 20 °C auf

$$\rho = \frac{m}{V}$$
$$\rho = \frac{7,89 g}{10,022 \text{cm}^3}$$
$$\rho = 0,787268 g \cdot \text{cm}^{-3}$$

bei einer Temperatur von 22 °C

Die Massendifferenz beträgt also bei 10cm<sup>3</sup> Ethanol

$$m = (0,789 g \cdot \text{cm}^{-3} - 0,787268 g \cdot \text{cm}^{-3}) \cdot 10 \text{cm}^3$$
$$m = 0,0173 g$$
$$m = 17,3 \text{mg}$$

In dieser Größenordnung liegt also der ungefähre Massenunterschied zweier um 2 °C unterschiedlicher Glaskugeln (zumindest im Temperaturbereich um 20 °C).

## **2.2 Bau eines Galileo – Thermometers**

Grundsätzlich kann ein Galileo Thermometer mit etwas handwerklichem Geschick selbst gebaut werden. Jedoch muss viel ausprobiert und getestet werden ehe man ein akzeptables Ergebnis zu Gesicht bekommen wird.

Zunächst sollte beachtet werden, dass der Durchmesser der Glaskugeln etwas größer ist als der halbe Zylinderdurchmesser. Hintergrund ist die Ableseschwierigkeit der Temperatur die sonst bei nebeneinander schwimmenden Glaskugeln auftreten würde. Dadurch erreicht man, dass die unterste der oben schwimmenden Glaskugeln die Temperatur der Flüssigkeit darstellt.

Desweiteren sollten die Glaskugeln nicht komplett mit einer Flüssigkeit aufgefüllt werden, sondern ein Reservevolumen aus einem Gas (z.B. Sauerstoff) vorweisen. Da sich die Flüssigkeiten im Glas ebenfalls ausdehnen, könnte dies ansonsten zum zerbersten führen.

Um die Masse der Glaskugeln zu bestimmen bedarf es sehr viel Fingerspitzengefühl. Ich schlage deshalb vor ein fest verschließbares Gefäß zu verwenden, dieses mit normalem Leitungswasser bzw. destilliertes Wasser so weit aufzufüllen, dass es gerade noch bei der gewünschten Temperatur schwimmt. Da die Feinabstimmung des Gewichtes mit zusätzlichem Wasser nur sehr schwer funktioniert, nehme ich Kupfer- oder Aludraht zu Hilfe und fülle den Behälter so lange bis der gewünschte Tauchvorgang eintritt.

### 3 Auftrieb in Süß- und Salzwasser

#### 3.1 Beschreibung des Auftriebes

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen dem statischen und dynamischen Auftrieb. Letzterer entsteht wenn sich ein Körper relativ zu einem Gas oder einer Flüssigkeit bewegt. Bekannte Beispiele sind z.B. die Tragflächen eines Flugzeuges oder die Tiefenruder eines U-Bootes.

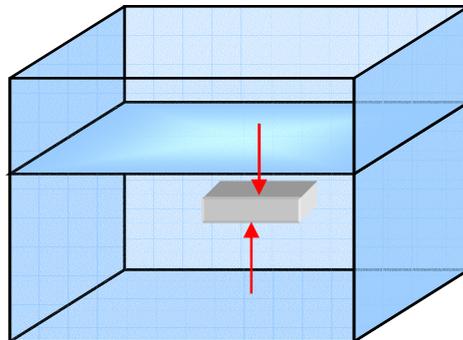
In unserem Fall geht es um den statischen Auftrieb, der auch unter dem Begriff „das archimedische Prinzip“ bekannt ist.

Befindet sich ein Körper in einer Flüssigkeit, so verringert sich scheinbar seine Gewichtskraft. Die Auftriebskraft ist somit eine entgegengerichtete Kraft der Gewichtskraft.

Kurz:

Die auf den Körper wirkende Auftriebskraft ist gleich der Gewichtskraft der von ihm verdrängten Flüssigkeitsmenge.

Ursache des Auftriebs ist der unterschiedliche Schweredruck in verschiedener Tiefe der Flüssigkeit



Mathematisch lässt sich der Sachverhalt folgendermaßen darstellen.

$F_A \hat{=}$  Auftriebskraft

$\rho \hat{=}$  Dichte des verdrängten Stoffes

$V \hat{=}$  verdrängtes Volumen

$g \hat{=}$  Ortsfaktor

$$F_A = \rho \cdot V \cdot g$$

### 3.2 Dichte von Süß- und Salzwasser

Die Dichte von reinem Wasser beträgt  $1 \text{ g/cm}^3$ .

Die Dichte von Salzwasser muss etwas differenzierter betrachtet werden. Je nach örtlicher Gegebenheit schwankt der Salzgehalt im Meerwasser zwischen 1% und 34,8%. Der durchschnittliche Gehalt der Weltmeere liegt jedoch bei ungefähr 3,5% Masseanteil. Bei diesem Salzgehalt steigt die Dichte des Salzwassers auf ungefähr  $1,025 \text{ g/cm}^3$  an.

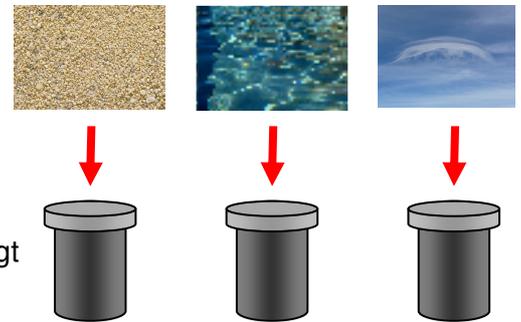
Dieser kleine Dichteunterschied bedeutet, dass ein Körper der in Salzwasser gerade noch so schwimmt plötzlich in Süßwasser untergeht, da die Auftriebskraft etwas kleiner ist.

### 3.3 Unterrichtsblätter zum Erarbeiten des Auftriebs

Zunächst sollen die Phänomene „Schwimmen – Sinken – Schweben“ von den Schülern in Augenschein genommen werden. Dazu werden im ersten Schritt drei Gegenstände desselben Volumens (Fotodosen) mit unterschiedlichem

Inhalt gefüllt (Sand, Wasser und Sauerstoff)

Diese werden nacheinander in eine Wasserschüssel gelegt und auf ihre Schwimmfähigkeit überprüft.



Anschließend sollen drei Gegenstände mit gleichem Gewicht aber unterschiedlichem Volumen ins Wasserbad gelegt und ebenfalls überprüft werden ob diese schwimmen oder untergehen.



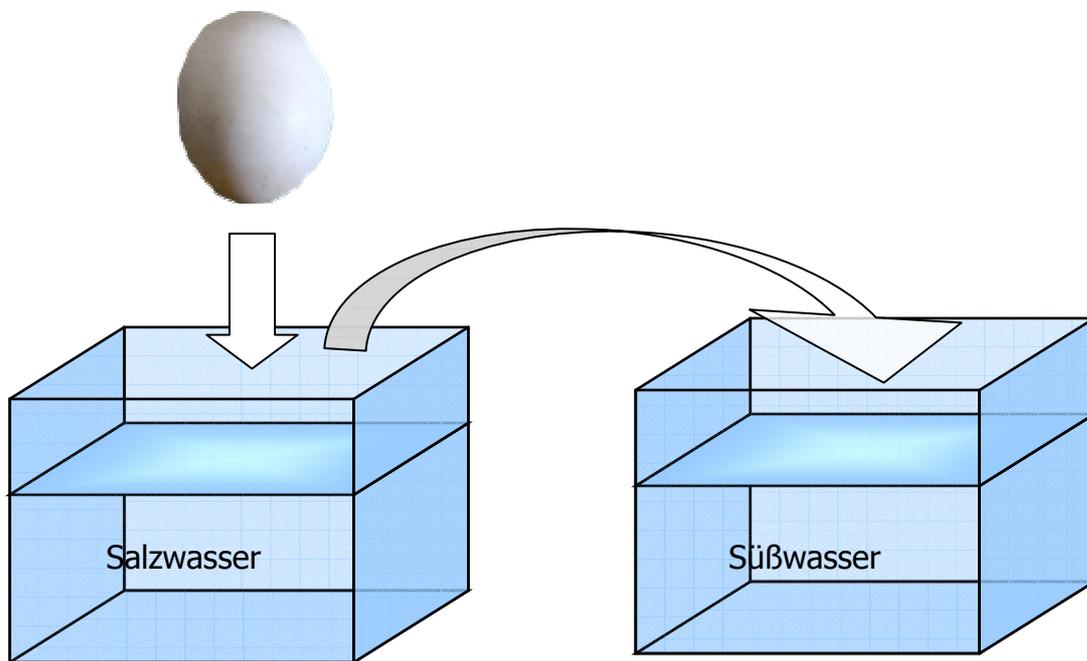
Die Kinder sollten zunächst die Erfahrung machen, dass von einer Anzahl gleich großer Körper derjenige am schnellsten sinkt, der am schwersten ist.

Umgekehrt sollen sie auch lernen dass von einer Anzahl gleich schwerer Körper derjenige am schnellsten sinkt, der am kleinsten ist.

Zusammengefasst sollte die Vermutung im Raume stehen, dass der Zustand des Körpers im Wasser (Sinken, Schweben, Schwimmen) vom Gewicht und vom Volumen des Körpers abhängt.

Da auch die Dichte des Mediums dafür mitverantwortlich ist, ob ein Körper schwimmt, sinkt oder schwebt, sollten in einem zweiten Versuch zwei unterschiedliche Flüssigkeiten zu Verfügung stehen. Dabei wird ein rohes Ei zunächst in Salzwasser gelegt (hier schwimmt es) anschließend dasselbe in Süßwasser (hier geht es unter). Damit den Schülern zunächst nicht offensichtlich ist, dass es sich um unterschiedliches Wasser handelt, sollte dieses vor der Stunde schon vorbereitet werden.

Alternativ als Schülerversuch sollte überlegt werden ob dieses Experiment vielleicht als Lehrerversuch durchgeführt wird und die Schüler vor und nach dem Versuch ihre Annahmen bzw. Theorien für die gesehenen Ergebnisse aufschreiben.



# Schwimmen – Schweben - Sinken

## Aufgabe 1:

Fülle eine Glasschüssel mit Wasser. Nehme drei Filmdosen und befülle jeweils eine Dose mit Sand, Wasser bzw. Luft.

Was passiert mit den Filmdosen nachdem du diese in die Glasschüssel gelegt hast? Schreibe deine Vermutungen auf.

### Vermutung:

Dose mit Sand	<i>Die Dose sinkt auf den Grund der Schüssel</i>
Dose mit Wasser	<i>Die Dose schwebt an der Stelle an der man sie los lässt eine Weile und steigt dann ganz langsam nach oben.</i>
Dose mit Luft	<i>Schwimmt an der Wasseroberfläche.</i>

## Aufgabe 2:

Eine Murmel, ein Styroporblock und einen mit Wasser gefüllten Tischtennisball haben das gleiche Gewicht. Notiere ebenfalls deine Vermutungen was mit den Gegenständen passiert nachdem du diese ins Wasser gelegt hast.

### Vermutung:

Murmel	<i>Murmel sinkt auf den Grund der Schüssel</i>
Holzblock	<i>Der Holzblock bleibt auf der Wasseroberfläche schwimmen</i>
Tischtennisball mit Wasser	<i>Der Tischtennisball schwebt an der Stelle an der man sie los lässt eine Weile und steigt dann ganz langsam nach oben.</i>

## Schwimmen – Schweben - Sinken

### Aufgabe 3:

Befülle zwei Glasschüsseln aus unterschiedlichen Wasserbehältern und lege nacheinander dasselbe Ei in beide Glasschüsseln.

Was kannst du beobachten?

*In der einen Flüssigkeit sinkt das Ei zu Boden, in der anderen bleibt es an der Wasseroberfläche*

---

---

---

Was denkst du, könnten die Ursachen sein?

*Die Flüssigkeiten sehen zwar gleich aus, müssen jedoch unterschiedlich sein.*

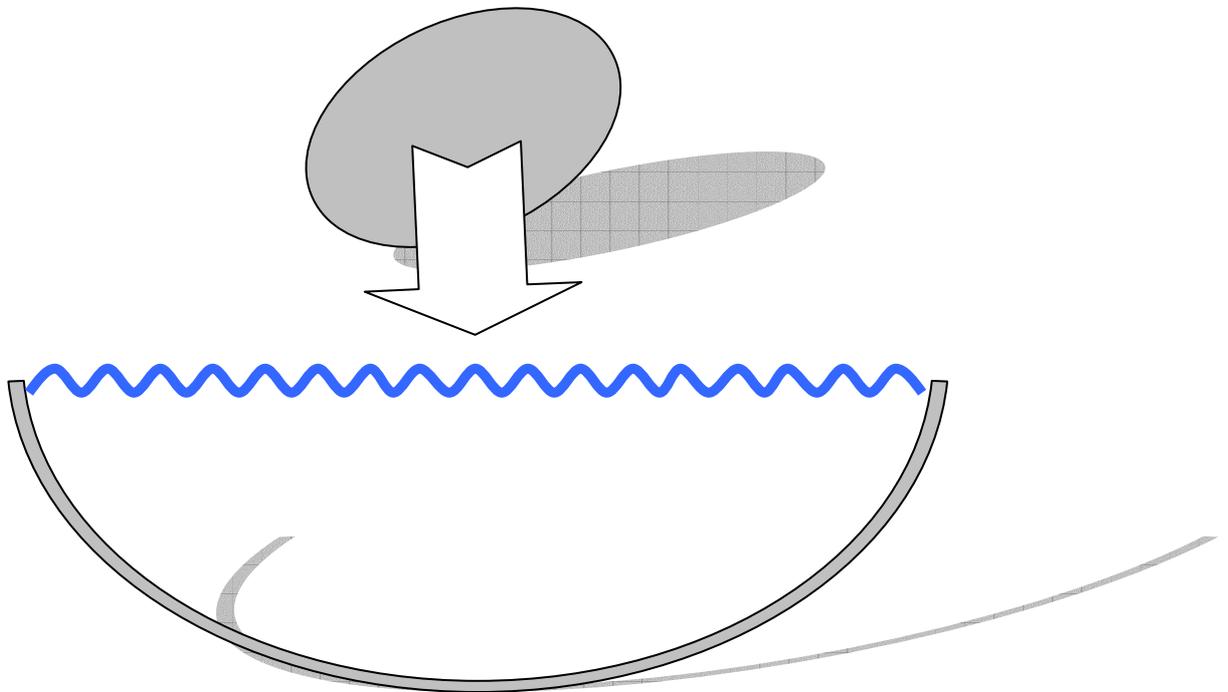
---

*Es gibt mindestens zwei Zustände die Körper in Flüssigkeiten einnehmen können (schwimmen und sinken)*

---

*Gleiche Körper können in unterschiedlichen Flüssigkeiten unterschiedliche Positionen einnehmen.*

---



## 4 Der Flaschenteufel

Der Flaschenteufel hat viele Namen: Kartesischer Taucher, kartesianischer Tanzteufel, Flaschentaucher, Flaschenteufelchen, kleiner Taucher, Wasserteufel, etc.

### 4.1 Herstellung eines Flaschenteufels

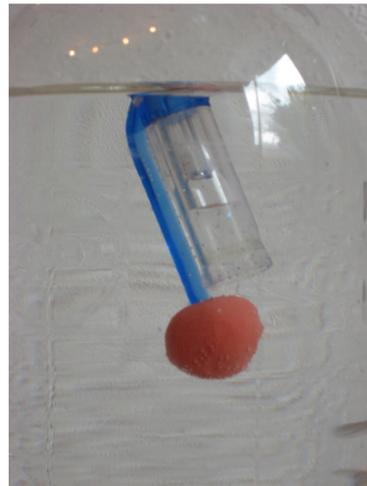
Es gibt verschiedene Möglichkeiten einen Flaschenteufel herzustellen. Je nach Bauprinzip lassen sich die Flaschenteufel auch unterschiedlich bezeichnen.

Bis auf den Flaschenteufel aus geblasenem Glas, welcher käuflich erworben werden kann, bestehen die hier beschriebenen Flaschenteufel aus Alltagsmaterial und können von Schülern selbst hergestellt werden.

#### Der Kappentaucher

*Du benötigst Spielknete, eine Stiftkappe ohne Loch, ein Glas mit Wasser und eine transparente Plastikflasche mit Schraubverschluss, die mit Wasser gefüllt ist.*

Forme aus der Spielknete eine Kugel und befestige diese wie auf der Abbildung erkennbar an der Stiftkappe. Setze den Kappentaucher vorsichtig in ein Wasserglas. Verändere die Größe der Knetkugel so, dass lediglich die Spitze der Stiftkappe aus dem Wasser schaut. Stecke den Kappentaucher nun in die mit Wasser gefüllte Plastikflasche und verschließe diese. Eventuell musst Du die Stiftkappe kurz schräg halten, so dass ein bisschen Wasser unter die Stiftkappe fließt und der Kappentaucher somit senkrecht im Wasser steht.



#### Der Alutaucher

*Du benötigst Alufolie, ein Glas mit Wasser und eine transparente Plastikflasche mit Schraubverschluss, die mit Wasser gefüllt ist.*

Forme aus der Alufolie einen kleinen Ball, der noch in die Plastikflasche passt. Teste im Wasserglas, ob der Aluball gerade an der Wasseroberfläche schwebt. Falls nicht, musst du den Aluball etwas zusammendrücken oder auseinanderziehen, bis der Aluball die passende Dichte hat. Stecke den Alutaucher nun in die mit Wasser gefüllte Plastikflasche und verschließe diese.



### **Der Tintenpatronentaucher**

*Du benötigst eine leere Tintenpatrone, ein Glas mit Wasser und eine transparente Plastikflasche mit Schraubverschluss, die randvoll mit Wasser gefüllt ist.*

Fülle die leere Tintenpatrone mit so viel Wasser, dass die Tintenpatrone senkrecht im Wasser steht. Stecke den Kappentaucher nun in die mit Wasser gefüllte Plastikflasche und verschließe diese.

### **Der Backöfläschchentaucher**

*Du benötigst ein leeres Backöfläschchen, ein Glas mit Wasser und eine transparente Plastikflasche mit Schraubverschluss, die mit Wasser gefüllt ist.*

Fülle das leere Backöfläschchen mit so viel Wasser, dass dieses senkrecht im Wasser steht. Stecke den Kappentaucher nun in die mit Wasser gefüllte Plastikflasche und verschließe diese.

### **Der Orangentaucher**

*Du benötigst ein Stück frische Orangenschale und eine transparente Plastikflasche mit Schraubverschluss, die mit Wasser gefüllt ist.*

Das Stück Orangenschale stellt den Taucher dar. Wenn du möchtest, kannst du ein Gesicht auf die Schale malen. Dieser Taucher funktioniert solange die Gasbläschen, die in der Orangenschale eingeschlossen sind, noch nicht ausgeperlt sind. Stecke den Orangentaucher nun in die mit Wasser gefüllte Plastikflasche und verschließe diese.

### **Der Ketchuptaucher**

*Du benötigst ein Plastikpäckchen Ketchup/Mayonnaise/Senf/Creme und eine transparente Plastikflasche mit Schraubverschluss, die mit Wasser gefüllt ist.*

Stecke das Plastikpäckchen in die mit Wasser gefüllte Plastikflasche und verschließe diese.



### **Der Flaschenteufel aus geblasenem Glas**

Flaschenteufel aus geblasenem Glas kann man käuflich erwerben. Solche Flaschenteufel sind circa 3cm lang und haben verschiedene Farben.

Möchte man einen solchen Flaschenteufel „in Betrieb“ nehmen, so ist Folgendes ratsam: den Glasteufel abwechselnd unter heißes Wasser halten (warme Luft dehnt sich aus) und anschließend in kaltes Wasser tauchen (abgekühlte Luft zieht sich zusammen, Wasser wird in den Teufel eingesogen), so dass der Glasteufel schließlich zum einen Teil mit Wasser und zum anderen mit Luft gefüllt ist. Dieser Vorgang muss so oft wiederholt werden, bis der Teufel aufrecht im Wasser steht. Nun kann der Flaschenteufel aus geblasenem Glas in die Plastikflasche mit Wasser gesetzt werden. Plastikflasche verschließen.



Nun kann das Können des Flaschenteufels mit dem entsprechenden Arbeitsblatt (vgl. Kapitel 4.2) getestet werden!

### **4.2 Arbeitsblatt „Der Flaschenteufel“**

Auf der nächsten Seite befindet sich ein Arbeitsblatt zum Flaschenteufel mit zugehöriger Lösung.

# Der Flaschenteufel

## Aufgabe 1

Presse die Kunststoffflasche, in der sich der Flaschenteufel befindet, vorsichtig mit beiden Händen zusammen. Was beobachtest Du?

---

## Aufgabe 2

Was musst Du tun, damit der Flaschenteufel vom Flaschenboden wieder an die Oberfläche steigt?

---

## Aufgabe 3

Unter welchen Bedingungen sinkt der Flaschenteufel, schwebt der Flaschenteufel, steigt der Flaschenteufel?

Der Flaschenteufel...	Bedingungen
sinkt	
schwebt	
steigt	

## Aufgabe 4

Schaffst Du es, dass Dein Flaschentaucher ab einer bestimmten Tiefe (zum Beispiel ab der Mitte der Flasche) selbstständig weitersinkt, auch wenn Du die Flasche nicht weiter zusammenpresst?

Versuche diesen Sachverhalt zu erklären.

---

---

---

# Der Flaschenteufel

## Aufgabe 1

Presse die Kunststoffflasche, in der sich der Flaschenteufel befindet, vorsichtig mit beiden Händen zusammen. Was beobachtest Du?

Der Flaschenteufel sinkt ab.

## Aufgabe 2

Was musst Du tun, damit der Flaschenteufel vom Flaschenboden wieder an die Oberfläche steigt?

Ich muss den Druck verringern.

## Aufgabe 3

Unter welchen Bedingungen sinkt der Flaschenteufel, schwebt der Flaschenteufel, steigt der Flaschenteufel?

Der Flaschenteufel...	Bedingungen
sinkt	$F_G > F_A$ (Gewichtskraft ist größer als die Auftriebskraft) $\delta_{\text{Körper}} > \delta_{\text{Flüssigkeit}}$
schwebt	$F_G = F_A$ (Gewichtskraft ist gleich groß wie die Auftriebskraft) $\delta_{\text{Körper}} = \delta_{\text{Flüssigkeit}}$
steigt	$F_G < F_A$ (Gewichtskraft ist kleiner als die Auftriebskraft) $\delta_{\text{Körper}} < \delta_{\text{Flüssigkeit}}$

## Aufgabe 4

Schaffst Du es, dass Dein Flaschentaucher ab einer bestimmten Tiefe (zum Beispiel ab der Mitte der Flasche) selbstständig weitersinkt, auch wenn Du die Flasche nicht weiter zusammenpresst?

Versuche diesen Sachverhalt zu erklären.

Da mit zunehmender Sinktiefe der Tiefendruck zunimmt, ist es möglich, dass der Flaschenteufel ohne Verstärkung des Druckes von außen weiter nach unten taucht.

### 4.3 Wie funktioniert ein Flaschenteufel?

Befindet sich der Flaschenteufel ganz unter Wasser, so wirkt neben der Auftriebskraft  $F_A$ , auch die Gewichtskraft  $F_G$  des Tauchers. Diese beiden Kräfte sind entgegengesetzt gerichtet. Gilt  $F_G > F_A$  (Gewichtskraft ist größer als die Auftriebskraft) sinkt der Flaschenteufel, gilt  $F_G = F_A$  (Gewichtskraft ist gleich groß wie die Auftriebskraft) schwebt der Flaschenteufel und gilt  $F_G < F_A$  (Gewichtskraft ist kleiner als die Auftriebskraft) steigt der Flaschenteufel. An der Wasseroberfläche stellt sich ein Kräftegleichgewicht ein: an dem im Wasser befindlichen Teil der Flaschenteufels wirkt die Auftriebskraft  $F_A$ , welche in diesem Fall genauso groß ist wie die Gewichtskraft  $F_G$  des Flaschenteufels.

Die Gewichtskraft  $F_G$  und die Auftriebskraft  $F_A$  verändern sich, wenn zum Beispiel durch das Zusammenpressen der Flasche die im Flaschenteufel befindliche Luft zusammengepresst wird – die Dichte des Flaschenteufels ändert sich. Man kann sagen: ist die mittlere Dichte des Tauchers größer als die des Wassers, das ihn umgibt, so taucht der ab. Sind die mittleren Dichten gleich groß, so schwebt der Taucher. Ist die mittlere Dichte des Flaschenteufels kleiner als die des Wassers, so steigt er auf.

Das gleiche Prinzip gilt auch für Heißluftballone.

#### Anmerkung zum Alutaucher:

Der Alutaucher schwimmt an der Oberfläche, da zwischen den Aluschichten etwas Luft eingeschlossen ist. Durch das Zusammendrücken der Flasche wird die Luft in der Aluminiumkugel zusammengedrückt. Der Alutaucher hat nicht mehr genügend Auftrieb und sinkt ab.

#### Anmerkung zum Orangentaucher:

Die Orangenschale schwimmt zunächst an der Oberfläche, da sich winzige Luftbläschen in der Schale befinden. Durch das Zusammenpressen der Flasche werden diese Luftbläschen zusammengedrückt. Dadurch wird der Auftrieb des Orangentauchers geringer und er taucht in die Tiefe. Das Stück Orangenschale schwimmt dabei waagrecht, da der weiße Teil der Schale leichter als der orange ist.

#### Anmerkung zum Taucher aus geblasenem Glas:

Die Flaschentaucher aus geblasenem Glas haben in der Regel einen gewundenen Wassereintritt bzw. Wasseraustritt. Strömt hineingepresstes Wasser aus dem Taucher hinaus, bewirkt dies eine Drehung um die Körperlängsachse des Flaschenteufels. Dieser steigt drehend nach oben. Aufgrund der langsamer erfolgenden Druckzunahme, sinkt der Taucher meistens ohne Drehung ab.

### 4.4 Didaktisch-methodische Anmerkungen

Die Schüler haben höchstwahrscheinlich bereits Erfahrungen mit Schweben und Sinken gemacht. Anhand des Flaschentauchers können die Gründe dafür genauer erörtert werden. Auch in Zukunft werden die Schüler entsprechende Erfahrungen im Alltag sammeln können.

Beim Flaschenteufel ist hervorzuheben, dass er mit Alltagsmaterial von den Schülern selbst hergestellt werden kann. Diese Materialien, wie zum Beispiel eine Stiftkappe, Alupapier, ein Ketchuppäckchen, etc., sind den Schülern bekannt. Dadurch erfolgt bereits die Verbindung des NWA bzw. Physikunterrichts mit dem Alltag.

Durch das Experimentieren mit dem Flaschenteufel ist eine Handlungsorientierung gewährleistet, welche sich auf das langfristige Behalten des Gelernten positiv auswirken kann. Außerdem erkunden die Schüler das Phänomen des Flaschentauchers vermutlich mit Freude.

#### **4.5 Bezug zum Bildungsplan**

Im Fächerverbund Naturwissenschaftliches Arbeiten werden Fähigkeiten und Kenntnisse durch eigenes Experimentieren erworben, was beim Flaschentaucher ermöglicht wird. Ebenfalls wird der Flaschenteufel der vom Bildungsplan 2004 geforderten Handlungsorientierung gerecht, welche den Schülern den Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung eröffnet.

Bezüglich der Kompetenzen und Inhalte des Fächerverbundes Naturwissenschaftliches Arbeiten sind in Bezug auf den Flaschenteufel unter anderem folgende Kompetenzen anzustreben: Die Schüler können Besonderheiten finden; Hypothesen bilden; Gesetzmäßigkeiten überprüfen; Ergebnisse reflektieren und diskutieren; Ergebnisse dokumentieren; Ergebnisse reflektieren, diskutieren und bewerten; usw.

Des Weiteren sind Geheimnisvolle Kräfte und Wasser wichtige Themen der Klassen 5-7 (vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport, S.95-102).

## 5 Druck in der Tiefe des Meeres

Bestimmt bist Du schon einmal im Schwimmbad, in einem See oder im Meer getaucht. Wie tief bist du getaucht? Hast Du zwei oder sogar drei Meter geschafft? Ist Dir dabei an Deinen Ohren etwas aufgefallen?

Hast Du schon einmal einen Staudamm besucht? Ist Dir dabei an der Staudammmauer etwas aufgefallen? Die Staudammmauer ist unten nämlich breiter (dicker) wie oben. Der Wasserdruck nimmt mit der Tiefe offenbar zu.

Die Gewichtskraft einer Flüssigkeit verursacht einen Druck. Dieser nimmt mit zunehmender Tiefe zu und ist bei gleicher Tiefe überall gleich. Man nennt diesen Druck Schweredruck.

### Allgemein gilt folgende Gesetzmäßigkeit:

$$p = \delta \cdot g \cdot h$$

- $p$  Schweredruck (= hydrostatischer Druck)
- $\delta$  Dichte der Flüssigkeit
- $g$  Ortsfaktor (Erdbeschleunigung)
- $h$  Eintauchtiefe

### Beispiele:

Bei einer 1m hohen Wassersäule beträgt der Schweredruck  $p=0,1\text{bar}$ .

Am Grund eines Sees mit einer Wassertiefe von 10m beträgt der Schweredruck  $p=1\text{bar}$ .

Im Meer beträgt der Schweredruck  $p$  in einer Tiefe von 1100m 1100bar.

Der Schweredruck sorgt auch dafür, dass zum Beispiel in einem See oder in verbundenen Gefäßen das Wasser überall gleich hoch steht.

## 6 Literaturverzeichnis

Das Galilei-Thermometer: von Christian Ucke und Hans-Joachim Schlichtig  
Veröffentlicht in „Physik in unserer Zeit“ 25 Jahrg. 1994 / Nr. 1 Seite 44-45  
[www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich\\_physik/didaktik\\_physik/  
publikationen/galilei\\_thermometer.pdf](http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/galilei_thermometer.pdf)

Dorn. (1965). *Physik. Mittelstufe Ausgabe A*. Hannover: Hermann Schroedel Verlag  
KG.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.) (2004).  
*Bildungsplan für die Realschule*. Stuttgart. Neckarverlag.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2004). *Physik. Für Wissenschaftler und Ingenieure*.  
München: Elsevier GmbH, Spektrum Akademischer Verlag.

### **Bilder:**

Einige Bilder sind eigene Fotografien.

Einige Bilder sind aus Wikipedia (GNU Free Documentation License).

Zeichnungen sind selbst erstellt.