

## Ein Unterrichtskonzept zum Auftrieb im Sachunterricht

Hartmut Wiesner\*, Gianina Gartmann<sup>+</sup>, Thomas Wilhelm<sup>+</sup>

\* Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Ludwig-Maximilians-Universität, Theresienstr. 37, 80333 München,

<sup>+</sup>Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt am Main  
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

### Kurzfassung

Das Schwimmen eines Körpers im Wasser ist ein beliebtes Thema im Sachunterricht der Grundschule. Während in der Sekundarstufe I der Auftrieb mit dem Wasserdruck erklärt wird, daraus das Archimedische Prinzip abgeleitet wird und schließlich Folgerungen für die Dichte abgeleitet werden, wird in den Unterrichtskonzeptionen für den Sachunterricht vorwiegend über die Verdrängung argumentiert. Da dieses Prinzip letztlich nichts erklärt, wurde eine Unterrichtskonzeption erarbeitet und im Sachunterricht getestet, bei der das Schwimmen, Schweben und Sinken mit den Kräften erklärt wird, die das Wasser durch den von der Tiefe abhängigen Wasserdruck ausübt. Eine ausführliche Beschreibung sowie Unterrichtsmaterialien sind auf [www.supra-lernplattform.de](http://www.supra-lernplattform.de) erschienen.

### 1. „Schwimmen und Sinken“ im Anfangsunterricht

Das Thema „Schwimmen und Sinken“ hat eine sehr lange Tradition im Anfangsunterricht. Für Grundschul Kinder sind es hochinteressante Fragen, weshalb ein riesiges, schweres Schiff auf dem Wasser schwimmen kann, aber ein ins Wasser geworfener Stein untergeht. Oder warum ein U-Boot an der Wasseroberfläche schwimmen, unter Wasser schweben oder auf den Meeresgrund sinken kann. In praktisch allen Sachunterrichtslehrgängen ist deshalb ein Themenblock „Schwimmen – Schweben – Sinken“ aufgenommen. D.h. aber nicht, dass dieses Thema leicht zu erarbeiten ist. Es ist für ein Sachunterrichtsthema recht komplex und anspruchsvoll und bedarf deshalb einer sorgfältigen Vorbereitung. Aber eine Reihe von empirischen Untersuchungen hat im letzten Jahrzehnt gezeigt, dass bei passendem Unterricht recht gute Lernerfolge erreicht werden können [1].

In den Angeboten des Sachunterrichts [2, 3] findet man als typische Sequenz für den Auftrieb:

- a) Einstieg mit Schülerexperimenten, in denen Gegenstände klassifiziert werden als schwimmend oder sinkend (Schweben ist in der Regel nicht erreichbar).
- b) Es folgt der scheinbare Gewichtsverlust von eingetauchten Gegenständen: ein schwerer Stein lässt sich im Wasser leichter heben/halten als außerhalb des Wassers.
- c) Erklärungsangebot: Der Gegenstand verdrängt beim Eintauchen Wasser (in nicht zu großen Gefäßen kann während des Eintauchens ein Anstieg des Wasserspiegels beobachtet werden). Das Wasser drängt zurück („Das verdrängte Wasser

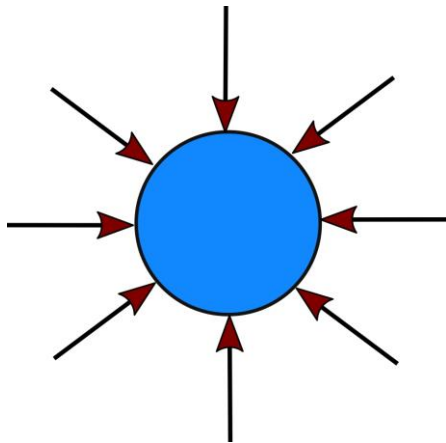
will an seinen ursprünglichen Platz zurück.“) und drückt den Gegenstand nach oben.

- d) Je mehr Wasser ein Gegenstand verdrängt, desto stärker wird er nach oben gedrückt.
- e) Die Erde zieht nach unten, das Wasser drückt nach oben: Je nach Form und/oder Material des Gegenstandes kann der Gegenstand schwimmen oder sinken (ggfs. auch schweben). Es „gewinnt“ die nach unten ziehende Erde oder das nach oben drückende Wasser.
- f) Gelegentlich wird das Archimedische Prinzip behandelt, mit dem ausgesagt werden kann, wie groß die vom Wasser ausgeübte Auftriebskraft ist: Die Gewichtskraft des verdrängten Wassers ist genauso groß wie der Auftrieb.
- g) Dies kann weiterhin mit der Dichte in Beziehung gebracht werden: Ist die Dichte des Gegenstandes größer als die Dichte von Wasser (also eine Volumeneinheit des Gegenstandes ist schwerer als eine gleich große Volumeneinheit von Wasser), dann sinkt er. Ist sie geringer als Wasser, dann schwimmt er.

Die Angebote c) bis g) haben den Mangel, dass sie keinerlei Erklärung dafür liefern, wie der Auftrieb zustande kommt. Sie liefern nur eine Aussage darüber, wie groß der Auftrieb ist oder unter welchen Bedingungen ein Gegenstand nach oben steigt oder nach unten sinkt.

Der Ansatz, über das „Verdrängen von Wasser“ das Entstehen des Auftriebs erklären zu wollen, muss aus weiteren Gründen kritisch gesehen werden. Die Vorstellung, dass während des Vorgangs des Eintauchens das Wasser durch den Gegenstand weggedrückt wird und das Wasser dabei seinerseits zurückdrückt („es will zurück an seinen ursprünglichen

Platz“), hat eine gewisse Plausibilität. Aber „will“ das Wasser etwas tun? Und drückt es noch zurück, wenn der Vorgang des Eintauchens abgeschlossen ist und der Körper sich im Wasser in Ruhe befindet? Für viele Kinder ist es einleuchtend, dass das Wasser aus allen Richtungen an den Ort des Gegenstandes strömen würde, aus Symmetriegründen von allen Seiten gleich stark (siehe Abb. 1). Dann würden sich die Druckkräfte insgesamt aufheben. Der Körper wird höchstens zusammengedrückt. Aber es gibt keinen Auftrieb, der ihn nach oben schiebt!



**Abb. 1:** Wenn das Wasser von allen Seiten gleich stark drückt, gibt es keinen Auftrieb.



**Abb. 2:** Das innere Glas schwimmt und verdrängt einen Bruchteil seines eingetauchten Volumens

Für die Entstehung des Auftriebs ist entscheidend, dass aufgrund der Zunahme des Wasserdrucks mit der Wassertiefe die Druckkraft auf die Unterseite größer ist als die Druckkraft auf die Oberseite des Gegenstandes. Dass nicht die Menge des beim Eintauchen verdrängten Wassers entscheidend ist, sieht man an folgendem Versuch: In zwei stapelbare Wassergläser wird die gleiche geringe Wassermenge eingefüllt. Ein drittes Glas wird beladen in eines der beiden Gläser hineingestellt. Bei den ineinander

gestellten Gläsern ist deutlich zu sehen, dass das innere Glas schwimmt und der Wasserspiegel stark angestiegen ist (siehe Abb. 2). Nach dem Archimedischen Prinzip muss so viel Wasser verdrängt worden sein, wie es dem Gewicht des dritten, beladenen Gefäßes entspricht. So viel Wasser war aber gar nicht in dem Wassergefäß vorhanden und kann gar nicht beim Eintauchen weggedrückt werden.

Das bedeutet, dass die übliche Formulierung des Verdrängungskonzeptes und des Archimedischen Prinzips für Gegenstände in engen Gefäßen in Frage zu stellen ist. Dann ist seine Bedeutung als Lerninhalt im Sachunterricht erst recht fragwürdig. Richtig ist: Die Auftriebskraft ist so groß wie die Gewichtskraft des gedachten Wassers, das bei gleichem Wasserstand an der Stelle wäre, an der aber der Körper ist. Das ist aber keine einfache Aussage.

Ob es sinnvoll und angemessen ist, eine mehr oder weniger elementarisierte Form der Dichte in der Grundschule zu behandeln, kann mit einigem Recht bezweifelt werden. Mit dem Dichtekonzept haben auch Mittelstufenschüler erhebliche Schwierigkeiten. Seine Anwendung z.B. auf ein Ruderboot, ist problematisch und sehr schwierig: Welches Volumen ist zu betrachten? Und wie bereits erwähnt: Das Dichtekonzept erklärt die Entstehung des Auftriebs nicht!

## 2. Schülervorstellungen

Ausgehend von der derzeit weitgehend akzeptierten, gemäßigt konstruktivistischen Auffassung vom Lehren und Lernen, sind die Wissens- und Denkstrukturen von größter Bedeutung, die die Kinder in den Unterricht mitbringen und in der Lernsituation aktivieren können. Gemäß dieser Lernauffassung gewinnen Informationsangebote nur dadurch eine Bedeutung für die Lernenden, dass die Lernenden aus ihrem Langzeitgedächtnis Wissens- und Denkstrukturen aufrufen, mit deren Hilfe eine Bedeutung für die neuen Informationen konstruiert wird. Erfolgreiches Lernen setzt demnach voraus, dass bei den Lernenden geeignete Wissensstrukturen bereits vorhanden sind, die von diesen aktualisiert werden können.

Zahlreiche empirische Untersuchungen aus den letzten Jahrzehnten haben gezeigt, dass die Kinder oft Vorstellungen aktivieren, die erfolgreiches Lernen erschweren. Um die dadurch entstehenden Lernschwierigkeiten möglichst gering zu halten bzw. sie sogar zu vermeiden, ist die Kenntnis der Vorstellungen wichtig, auf die die Kinder in den Lernsituationen zurückgreifen. Diese Kenntnis ermöglicht in der Unterrichtssituation spontane weiterführende Reaktionen der Lehrkraft, wenn für das Lernen problematische Vorstellungen von den Kindern geäußert werden. Bedeutsamer aber ist, schon bei der Planung des Unterrichts diese zu berücksichtigen, z.B. durch Anbieten einer Unterrichtsstruktur, bei der Lernschwierigkeiten gar nicht oder erst später, wenn die

erwünschte Sichtweise akzeptiert ist, auftreten und dann auch erfolgreich diskutiert werden können.

Beim Thema „Schwimmen und Sinken“ ist im Unterricht mit verschiedenen Vorstellungen der Kinder zu rechnen [4]. Sehr verbreitet ist das Fokussieren auf einen einzigen Parameter:

- Schwere Gegenstände gehen unter (unabhängig von ihrem Volumen bzw. ihrer Dichte).
- Leichte Gegenstände schwimmen (unabhängig von ihrem Volumen bzw. ihrer Dichte).
- Gegenstände, die Luft enthalten, schwimmen.
- Alle Gegenstände aus Holz schwimmen.
- Gegenstände, die Löcher enthalten, gehen unter.
- Große Gegenstände gehen unter.
- Die Form eines Gegenstandes bestimmt, ob er schwimmt oder sinkt.
- Die Funktion eines Gegenstandes bestimmt, ob er schwimmt oder sinkt (ein Eisenschiff schwimmt, weil es als Schiff gebaut wurde).
- Das Material, aus dem der Körper besteht, bestimmt, ob er schwimmt oder sinkt.

Stern, Schuhmacher und Hänger [5] bringen verschiedene Konzepte zum Schwimmen und Sinken in eine Ordnung (siehe Tab. 1).

	Konzept	Beispielantworten
Fehl-konzepte	Gewichtskonzept	Alles, was schwer ist, sinkt.
	Luftkonzept	Etwas schwimmt, weil es Luft drin hat und die Luft die Sachen nach oben zieht.
Alltags-konzepte	Materialkonzept	Alles, was aus Holz ist, schwimmt.
	Dichtekonzept	Öl schwimmt auf Wasser, weil es eine kleinere Dichte hat.
Experten-konzepte	Archimedeskonzept	Die Auftriebskraft ist gleich der Gewichtskraft des verdrängten Wassers.
	Druckkonzept	Auftriebskraft entsteht, weil der Wasserdruck mit der Wassertiefe zunimmt.

**Tab. 1:** Konzepte zum Schwimmen und Sinken nach Stern, Schumacher und Hänger [5]

Das Konzept der Dichte erklärt genauso wenig wie das Archimedische Konzept. Zudem bereitet die Dichte allen Schülerinnen und Schülern im Anfangsunterricht Schwierigkeiten. Denn hier müssen zwei Größen berücksichtigt werden. Erschwerend ist zudem, dass die Dichte ein Quotient ist. Die Kinder fokussieren oft auf eine der beiden Größen, z.B. das Volumen. Wenn man Kinder beispielsweise fragt, ob ein Kilogramm Eisen oder ein Kilogramm Bettfedern schwerer ist, antworten sie meistens: „ein Kilogramm Eisen“.

Nur das Druckkonzept erklärt wirklich etwas und macht deutlich, wo die Auftriebskraft herkommt. In

der Sekundarstufe I wird dies deshalb auch zunächst unterrichtet und daraus das Archimedische Prinzip und das Dichtekonzept abgeleitet. Der Sachunterricht in der Primarstufe muss sich aber stärker auf einen Aspekt begrenzen.

### 3. Ein Unterrichtskonzept für den Auftrieb für die Primarstufe

Auf der Basis einer gründlichen Sachstrukturanalyse, einer Analyse und Bewertung bereits vorliegender Unterrichtskonzepte, der Kenntnis von Schüler-vorstellungen und Lernschwierigkeiten und mehreren Erprobungen wurde ein Unterrichtskonzept für die Primarstufe entwickelt und erprobt [6], in der die Erklärung für das Zustandekommen des Auftriebs im Zentrum steht. Die zentrale Erkenntnis dafür ist, dass mit zunehmender Tiefe das Wasser stärker gegen einen Gegenstand drückt und folglich die Druckkraft auf die Unterseite stärker ist als die auf die Oberseite. Eine Lernstudie [7] und eine Unterrichtserprobung [6] haben die Autoren überzeugt, dass dieses Konzept recht erfolgreich von Grundschulkindern der 3. und 4. Jahrgangsstufe gelernt werden kann. Die gesamte Konzeption mit Beschreibung aller Unterrichtsschritte und mit allen Arbeitsblättern und Experimentbeschreibungen wurde auf der Webseite „SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret“ publiziert:

- [www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/auftrieb-sinken-schweben-steigen-schwimmen](http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/auftrieb-sinken-schweben-steigen-schwimmen).

Nachfolgend wird die Sachstruktur des Unterrichtskonzeptes beschrieben. Es handelt sich um acht Unterrichtseinheiten, wobei nach sechs Unterrichtseinheiten das Thema abgeschlossen werden kann und die letzten beiden Unterrichtseinheiten fakultativ sind.

#### 3.1. Unterrichtseinheit 1: Die Erdanziehungskraft

In der ersten Einheit werden nacheinander verschiedene Gegenstände hochgehoben und in eine Kiste fallen gelassen. Mit dieser Einheit soll den Kindern verdeutlicht werden, dass auf alle Gegenstände immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft wirkt. Im Unterrichtsgespräch ergibt sich schnell der Konsens, dass schwere Gegenstände von der Erde stärker angezogen werden als leichte Gegenstände. Die Lehrkraft führt anschließend die Verwendung von Kraftpfeilen ein, um eine bildhafte Darstellung für einen qualitativen Vergleich zu gewinnen, welcher Gegenstand stärker von der Erde angezogen wird.

#### 3.2. Unterrichtseinheit 2: Weshalb sinkt ein U-Boot nicht immer auf den Meeresgrund?

In dieser Doppelstunde sollen die Schüler zu der Einsicht geführt werden, dass auf Gegenstände im Wasser durch das Wasser eine der Erdanziehungskraft entgegengesetzt gerichtete Kraft wirkt. Als Einstieg dient die Frage, warum ein schweres U-Boot nicht immer untergeht. Der Schwerpunkt liegt

dann auf einer Arbeit an Lernstationen mit Experimenten.

Dazu werden ein Stein an einer Angel, ein Stein an einem Gummiband und ein Stein an einem Kraftmesser ins Wasser eingetaucht. Unterschiedlich große Bälle werden mit der Hand in ein Wassergefäß gedrückt. Von zwei gleich großen, mit Wasser gefüllten Plastikflaschen steht eine in einem Wassereimer und eine außerhalb, die beide angehoben werden. Zwei genau gleich schwere Gegenstände werden an die beiden Seiten eines Waagebalkens angehängt, so dass die Waage im Gleichgewicht ist, bis der Gegenstand auf einer Seite in ein Wassergefäß eingetaucht wird.

### 3.3. Unterrichtseinheit 3: Drückt das Wasser von allen Seiten gegen die Wände eines U-Bootes?

Bei diesem Schritt soll zunächst nur verdeutlicht werden, dass das Wasser von allen Seiten gegen den Gegenstand drückt. Dazu führt die Lehrkraft nacheinander Experimente vor.

Ein etwa 30 cm langes Rohr, das zu beiden Seiten offen ist, oder ein Trinkhalm wird in einen wassergefüllten Luftballon gesteckt und mit einem Haushaltsgummi fixiert. Beim Eintauchen in das Wasser wird der Ballon kleiner, weil die Druckkräfte auf den Ballon das Wasser in das Rohr drücken.

Plastikhandschuhe, die den Schülern zu groß sind, wie „Dieselhandschuhe“ von Tankstellen oder Einweghandschuhe in Größe L werden beim Eintauchen der Hand an die Hand angepresst.

Zentral ist die vorgeschlagene zweiseitige Druckdose, die auch in späteren Unterrichtseinheiten genutzt wird. Aus einer Plastikflasche mit glatter Wand werden der Flaschenboden und die obere Hälfte der Flasche abgeschnitten, sodass ein Rohr mit einer Höhe von etwa 5 – 6 cm übrigbleibt, das die Außenwand der Druckdose bildet. Aus Latexhandschuhen werden zwei flache Latexstücke ausgeschnitten, die etwa 2 cm größer als der Durchmesser der Druckdose sind. Ein Rand des Rohres, aus dem die Druckdose hergestellt wird, wird mit Klebstoff versehen und das Rohr auf ein Latexstück gestellt. Das Latexstück wird glattgezogen, aber nicht zu straff gespannt. Nach dem Trocknen des Klebstoffes wird außen am Rohr unter die Latexmembran rundherum etwas Kleber gegeben und das Latex an das Rohr geklebt. Mit Gummiringen wird das Latex während des Trocknens festgehalten. Dann wird genauso das zweite Latexstück auf die andere Seite des Rohres geklebt, der nun von allen Seiten verschlossen ist. Überstehendes Latex wird vorsichtig abgeschnitten. Damit der beobachtbare Effekt deutlich ist, wird ein Schlauch oder ein Trinkhalm eingeklebt, dessen eines Ende sich immer in der Außenluft befindet, sodass der Luftdruck in der Dose immer konstant bleibt. Wird die Dose so ins Wasser gebracht, werden die Membranen gut beobachtbar nach innen gedrückt (siehe Abb. 3 und 4). So wird deutlich, dass das Wasser eine Kraft auf die Dose ausübt.



Abb. 3: Druckdose im Wasser, Trinkhalmende in Luft; die Membran wird stark nach innen gedrückt.

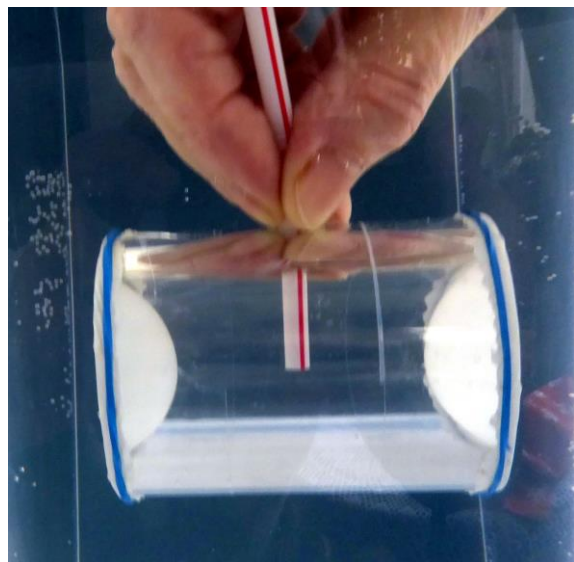


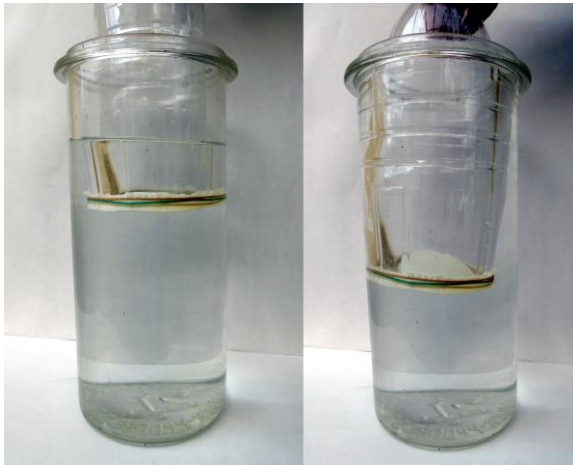
Abb. 4: Druckdose horizontal im Wasser, beide Membranen sind in etwa gleich stark nach innen gedrückt.

### 3.4. Unterrichtseinheit 4: Das U-Boot taucht tiefer – drückt das Wasser dann stärker?

Zur Einführungsfrage „Was kann passieren, wenn ein U-Boot immer tiefer taucht?“ wird schließlich die Vermutung formuliert „Je tiefer man taucht, desto stärker drückt das Wasser von allen Seiten gegen das U-Boot.“ Diese Vermutung wird durch eine Reihe von Experimenten bestätigt, durchgeführt als Schülerexperimente an Lernstationen oder als Demonstrationsexperimente, die durch Arbeitsblätter unterstützt werden.

Der wassergefüllte Luftballon am Rohr wird tiefer ins Wasser geschoben und beobachtet, dass der Ballon mit zunehmender Tiefe im Wasser kleiner bzw. faltiger wird. Eine Plastikflasche, bei der der

Boden entfernt und mit einem Stück Latex beklebt wurde, wird langsam in das Wasser gedrückt und die Verformung der Membran beobachtet (siehe Abb. 5).



**Abb. 5:** Plastikflasche mit Latexmembran wird ins Wasser gedrückt.

Die Druckdose wird horizontal einige Zentimeter tief in das Wasser gehalten und dann nach unten geschoben (siehe Abb. 4). Die Membranen werden stärker nach innen gedrückt. Besonders wichtig ist die Beobachtung, wenn die Dose senkrecht ins Wasser geschoben wird (siehe Abb. 6). Dann werden die Druckkräfte von oben und von unten direkt miteinander verglichen.



**Abb. 6:** Druckdose vertikal im Wasser, beide Membranen sind unterschiedlich stark nach innen gedrückt.

In eine Plastikflasche wird in den Boden ein kleines Loch von etwa 1 mm gebohrt und der Flaschenverschluss entfernt. Wird die Flasche mit dem Boden zuerst ins Wasser gedrückt, kann man im Flascheninneren eine kleine Fontäne beobachten, deren Höhe mit der Wassertiefe zunimmt.

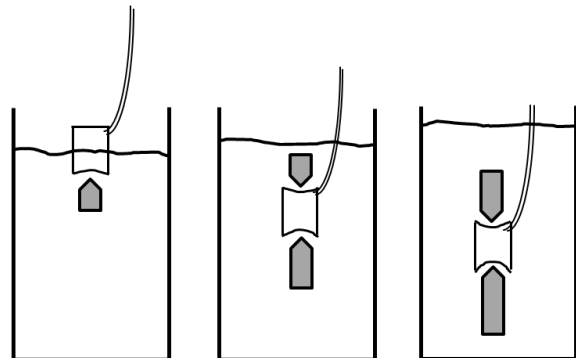
In eine Plastikflasche mit glatter Wand werden an der Seite in verschiedenen Höhen vier gleichgroße

Löcher gebohrt. Die Flasche ohne Verschluss wird in einer Wasserschüssel vollständig mit Wasser gefüllt. Dann wird sie senkrecht aus der Schüssel gehoben, wobei Wasserstrahlen unterschiedlich steil nach unten fallen.

### 3.5. Unterrichtseinheit 5: Auf welche Seite des U-Bootes wird am stärksten gedrückt? Die Auftriebskraft

Zur Einführung wird ein „Druckgewinnspiel“ durchgeführt: Ein stabiler Pappkarton wird auf einen Tisch gelegt und zwei Kinder werden aufgefordert, gegen zwei gegenüberliegende Seiten etwa gleichstark zu drücken. Der Karton wird dabei nicht verschoben. Anschließend bekommen zwei Kinder den Auftrag, dass eines stark gegen eine Kartonseite drückt und eines gegen die andere Seite nur ganz leicht. Jetzt wird der Karton bewegt, die stark gedrückte Seite gewinnt. Zum Schluss wird von unten stark und von oben leicht gedrückt, so dass der Karton nach oben geschoben wird. Alles wird mit Kraftpfeilen veranschaulicht.

Dann wird überlegt, dass die Unterseite des U-Bootes tiefer im Wasser ist als die Oberseite. Folglich drückt das Wasser stärker gegen die Unterseite als gegen die Oberseite. Der Versuch aus Abbildung 6 bestätigt dies (siehe Abb. 7).



**Abb. 7:** Druckdose vertikal im Wasser, die Kräfte werden mit Pfeilen visualisiert.

Es wird an das Gewinnspiel erinnert und dieses auf das U-Boot übertragen. Dazu werden ein „Meeresplakat“, ein Papp-U-Boot und Kraftpfeile verwendet: Das Drücken gegen die Unterseite nach oben gewinnt gegen das nach unten gerichtete Drücken auf die Oberseite. Dann werden die gleichen Pfeile nochmals neben das Objekt gelegt und der daraus resultierende Auftriebspfeil (gelber Pfeil in Abb. 8) wird eingezeichnet. Zum Einüben kann die Größe der Auftriebskraft für das gleiche U-Boot für verschiedene Tauchstufen ermittelt werden.

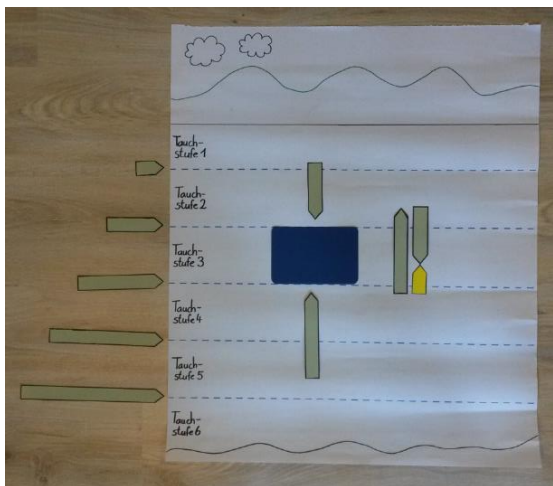


Abb. 8: U-Boot mit zugeordneten Druckkraftpfeilen, ergänzt durch nebeneinandergelegte Druckkraftpfeile und den Kraftpfeil (gelb) für den Auftrieb

### 3.6. Unterrichtseinheit 6: Sinken – Schweben – Aufsteigen – Schwimmen

Die Frage, warum nicht jeder in das Wasser eingetauchte Gegenstand durch die Auftriebskraft nach oben an die Wasseroberfläche steigt und dann dort schwimmt, führt zur Berücksichtigung der Erdanziehungskraft: Einmal gewinnt die Erdanziehungskraft, einmal die Auftriebskraft.

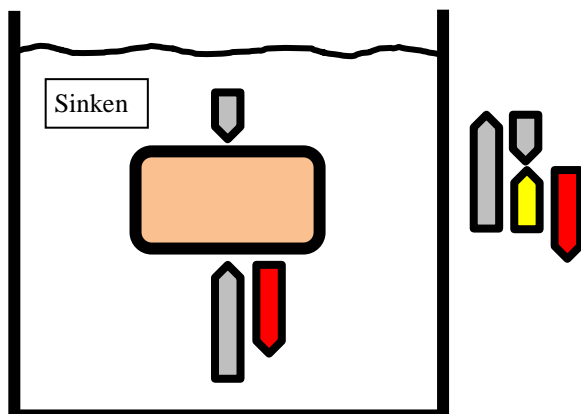


Abb. 9: Kraftpfeile für eine sinkende Dose

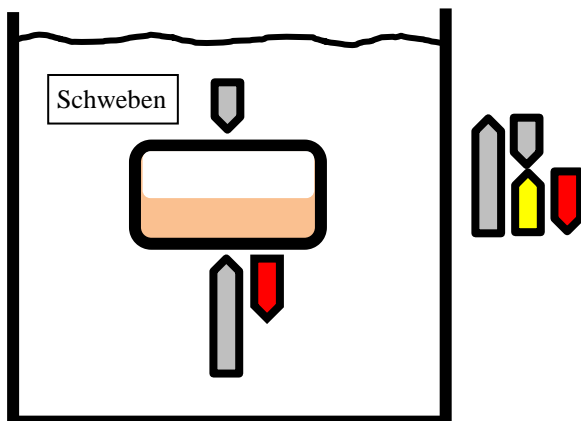


Abb. 10: Kraftpfeile für eine schwebende Dose

Die Erdanziehungskraft wird zusammen mit den Druckkräften und der Auftriebskraft im Meeresplakat

durch einen nach unten gerichteten (z.B. rot gefärbten) Pfeil dargestellt. Der Vorgang des Sinkens (siehe Abb. 9), des Schwebens (siehe Abb. 10), des Auftauchens (siehe Abb. 11) und des Schwimmens (siehe Abb. 12) wird beim U-Boot besprochen, an einer mit Sand gefüllten Dose vorgeführt und am Meeresplakat mit Pfeilen visualisiert. Zur Vertiefung erhält in einem Schülerexperiment jede Schülergruppe einen Satz Filmdosen, die mit unterschiedlichem Material gefüllt sind.

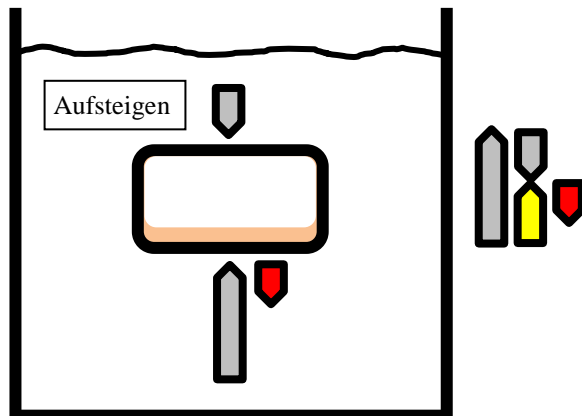


Abb. 11: Kraftpfeile für eine aufsteigende Dose

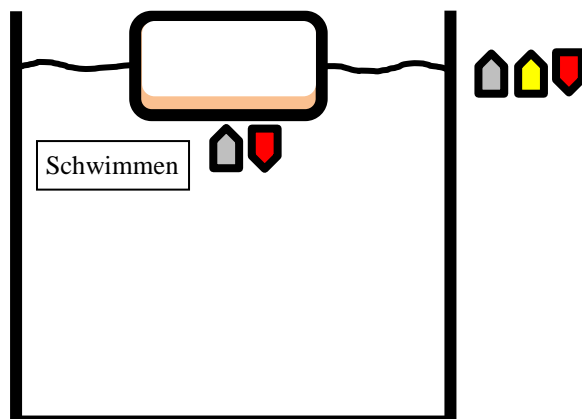


Abb. 12: Kraftpfeile für eine schwimmende Dose

### 3.7. Unterrichtseinheit 7 (optional): Wie groß ist der Auftrieb – das Archimedische Prinzip

Bis hierher wurde entwickelt, wie die Auftriebskraft durch das Wasser zustande kommt und im Vergleich mit der Erdanziehungskraft die Bedingungen formuliert, wann ein Gegenstand sinkt, schwebt, aufsteigt oder schwimmt. Es wurde nur erarbeitet, dass es einen Auftrieb gibt und wie er zustande kommt, aber nicht wie groß er ist. Eine Antwort darauf gibt das Archimedische Prinzip. In dieser – nur als optionale Vertiefung vorgesehenen – Einheit wird es experimentell erarbeitet mit dem Ergebnis: Die Auftriebskraft auf einen Gegenstand ist genauso groß wie die Erdanziehungskraft auf das vom Körper „verdrängte“ Wasser.

Zunächst wird mit einem Kraftmesser die Erdanziehungskraft für einen Gegenstand gemessen und notiert. Dann wird er in das Wasser eingetaucht und die kleinere Anzeige erneut notiert. Das Gespräch

darüber, was dieser Rückgang der Kraftanzeige bedeutet, führt zu dem Ergebnis, dass die Differenz der beiden Kraftanzeigen gerade die Größe der Auftriebskraft angibt.

Die Lehrkraft bestimmt dann mit Hilfe eines vorbereiteten Überlaufgefäßes, wieviel Wasser der Gegenstand verdrängt. Die in einen Becher übergelaufene Wassermenge wird an den Federkraftmesser gehängt, die Erdanziehungskraft wird abgelesen und ihr Wert mit dem im vorigen Schritt gewonnenen Wert der Auftriebskraft verglichen: Die Auftriebskraft auf den Gegenstand ist genauso groß wie die Erdanziehungskraft auf das vom Gegenstand verdrängte Wasser.

Das Archimedische Prinzip wird dann unterschiedlich angewandt. Aus Alufolie werden zwei deutlich unterschiedlich große, aber gleich schwere Schiffe geformt. Dann werden sie in eine Schüssel gesetzt und schrittweise gleichzeitig mit jeweils einem Ballaststück beladen. Das kleinere Schiff versinkt bei einer geringeren Beladung als das größere, das aufgrund seiner Größe mehr Wasser verdrängen kann und damit eine größere Auftriebskraft haben kann.

Eine Variante erhält man mit zwei Schachteln, deren Grundflächen im Verhältnis 1:2 stehen und so beladen werden, dass sie gleich tief im Wasser schwimmen. Dann trägt die größere Schachtel eine doppelt so große Last wie die kleinere.

### 3.8. Unterrichtseinheit 8: Bau eines Kartesischen Tauchers

Eine abschließende Bastelaufgabe ist der Bau eines Kartesischen Tauchers. Hier sind verschiedene Varianten denkbar, deren Erklärung der Funktionsweise aufwendig ist, so dass darauf verzichtet wird. Bei sehr leistungsstarken Schülerinnen und Schülern kann man einen Flaschenteufel vom Glasbläser, ein Backaromafläschchen oder eine umgebaute Stiftkappe mit einem U-Boot vergleichen: Wird Wasser in den Taucher gedrückt, wird er schwerer und sinkt nach unten, da seine Erdanziehungskraft größer wird, aber sein Auftrieb gleich bleibt.

Falls das Archimedische Prinzip behandelt wurde, kann damit das Verhalten eines Tauchers aus einem Finger eines Latexhandschuhs erklärt werden. In die Spitze des Fingers schiebt man etwas Watte, damit der Kopf mit Luft gefüllt bleibt und nicht zusammenfällt. Mit einem Faden wird der obere Teil abgebunden, an den Faden eine Büroklammer gehängt und darauf Belastungsstücke geschoben, z.B. Muttern (siehe Abb. 13). Diese sollen so schwer sein, dass der Kopf nur ein bis zwei Millimeter aus dem Wasser herausragt. Bei genauer Beobachtung kann man feststellen, dass der Kopf des Tauchers etwas zusammengedrückt ist, wenn er sich am Flaschenboden befindet. Durch den äußeren Druck wird sein Volumen kleiner und deshalb die Menge des verdrängten Wassers geringer, die Auftriebskraft nimmt ab, aber die Erdanziehungskraft des Tauchers bleibt unverändert.



Abb. 13: Kartesischer Taucher aus dem Finger eines Latexhandschuhs

### 4. Fazit

Der dargestellte Unterrichtsvorschlag ist ohne Zweifel anspruchsvoll, womit sich die Frage stellt, ob Grundschulkindern dem Gedankengang folgen und mit Hilfe der Druckkräfte argumentieren können. Bisher liegen dazu nur zwei Studien vor: eine Einzel-Lernstudie (Akzeptanzbefragung) von Simnacher [7] und eine Unterrichtserprobung von Gartmann [6]. Beide lassen die vorläufige Schlussfolgerung zu, dass diese Unterrichtsstruktur zum „Auftrieb“ für die Kinder nachvollziehbar ist. Ausstehend ist eine umfangreiche und detailliertere Untersuchung, die die Frage fundierter beantworten kann, ob das Thema „Auftrieb“ gut für einen erfolgreichen Sachunterricht geeignet ist.

### 5. Literatur

- [1] Stern, E.; Möller, K.; Hardy, I.; Jonen, A. (2002): Warum schwimmt ein Baumstamm? *Physik Journal*, 1. Nr. 3, 63-67.
- [2] Kahlert, J.; Demuth, R. (Hrsg.) (2007): *Wir experimentieren in der Grundschule. Einfache Versuche zum Verständnis physikalischer und chemischer Zusammenhänge. Teil 1.*, Aulis Verlag Köln
- [3] Möller, K. (Hrsg.) (2005): *Die KiNT-Boxen – Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik.*

- Klasse(n)kisten für den Sachunterricht. Band 1: Schwimmen und Sinken. Essen: Spectra-Verlag.
- [4] Wodzinski, R.; Wilhelm, T. (2018): Schüler- vorstellungen im Anfangsunterricht. In: Sche- cker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M.; Duit, R. (Hrsg.): Schülervorstellungen und Physikunter- richt, Springer-Spektrum, S. 243 - 270
- [5] Stern, E.; Schumacher, R.; Hänger, B. (2016): Anschlussfähiges Wissen aufbauen: Spiralcur-ricula für den Physikunterricht. In: Wiesner, H. (Hrsg.): Praxis der Naturwissenschaften – Phy- sik in der Schule, 65. Jahrgang. Heft 8, S. 6-11.
- [6] Gartmann, G. (2019): Eine Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ im Sachunterricht. Unterrichtsmaterialien für die Lernplattform SUPRA. Staatsexamensarbeit, Goethe- Universität Frankfurt, <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Auftrieb.pdf>
- [7] Simnacher, A.; Wiesner, H.; Heran-Dörr, E. (2007): Akzeptanzbefragungen von Grund- schulkindern zum Thema „Auftrieb in Wasser“. In: Nordmeier, V.; Oberländer, A.; Grötze- bauch, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Re- gensburg 2007, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin