

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das
Lehramt an Grundschulen im Fach Sachunterricht, eingereicht dem
Landesschulamt - Prüfungsstelle Frankfurt am Main im Sommersemester 2019.

Thema:

Eine Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ im
Sachunterricht

Unterrichtsmaterialien für die Lernplattform SUPRA

Verfasserin: Gianina Gartmann

Erstgutachter: Prof. Dr. Thomas Wilhelm

Zweitgutachter: Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Die Lernplattform SUPRA	2
3. Einordnung in das hessische Kerncurriculum	3
4. Sachanalyse.....	5
5. Schülervorstellungen	7
6. Die Bedeutung von didaktisch fundierten Unterrichtskonzeptionen im Sachunterricht.....	9
7. Auseinandersetzung mit anderen Konzeptionen	11
7.1. Sachbücher	11
7.2. Schulbücher	14
7.3. Fazit der vorgestellten Lehrwerke	19
8. Aufbau der Unterrichtskonzeption	21
8.1. Einheit 1: Weshalb sinkt ein U-Boot nicht immer auf den Meeresgrund?	22
8.2. Einheit 2: Das Wasser übt Kräfte aus.....	28
8.3. Einheit 3: Wie entsteht die Auftriebskraft?	35
8.4. Einheit 4: Die Wirkung der Gewichtskraft	40
8.5. Einheit 5: Die Wirkung der Fläche.....	44
8.6. Einheit 6: Der kartesische Taucher	48
9. Reflexion der praktischen Umsetzung mit einer 4. Klasse	51
10. Fazit	84
11. Literaturverzeichnis.....	85
12. Abbildungsverzeichnis	87
13. Anhang	87
13.1. Einheit 1: Weshalb sinkt ein U-Boot nicht immer auf den Meeresgrund?	87
13.2. Einheit 2: Das Wasser übt Kräfte aus.....	102
13.3. Einheit 3: Wie entsteht die Auftriebskraft?	118
13.4. Einheit 4: Die Wirkung der Gewichtskraft	134

13.5.	Einheit 5: Die Wirkung der Fläche.....	146
13.6.	Einheit 6: Der kartesische Taucher	157
13.7.	Danksagungen.....	165
13.8.	Eigenständigkeitserklärung.....	166

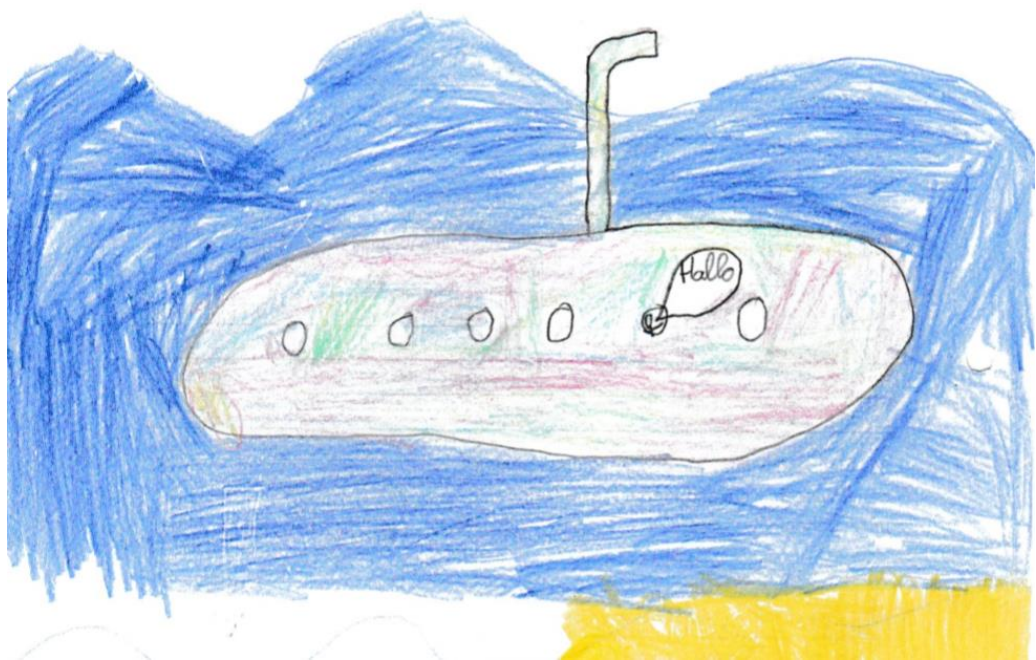


Abb. 1: Bild eines Viertklässlers zum Thema „Auftrieb“

1. Einleitung

Kleine Kieselsteine, die ins Wasser geworfen werden und zu Boden sinken; Luftmatratzen, die auf dem Wasser treiben; riesige Schiffe, die dutzende Menschen tragen können; Geschirr, das im Spülbecken unter dem Schaum versinkt: Dies sind alles Situationen, denen wir Menschen im Alltag begegnen. Doch wie kann das sein? Wieso sinkt ein kleiner Kieselstein im Meer zu Boden, während Menschen auf einem tonnenschweren Schiff trocken bleiben?

Selbst Erwachsene haben häufig Probleme diese oder ähnliche Phänomene zu erklären. Doch trotzdem ist das Thema „Auftrieb“, oder auch in der Grundschule „Schwimmen, Schweben, Sinken“ genannt, ein häufig gewähltes Thema im Sachunterricht. Sachunterrichtslehrkräfte werden demnach vor die Herausforderung gestellt, sich die physikalischen Hintergründe für dieses Thema zu erarbeiten sowie die Inhalte auf die jeweilige Klassenstufe bzw. Lerngruppe anzupassen. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Grundschullehrkräfte kein Sachunterricht studiert haben.

Eine Hilfestellung für eine Vielzahl von Themen für den Sachunterricht stellt die Lernplattform SUPRA dar. Diese Lernplattform hat es sich zur Aufgabe gemacht, Sachunterrichtslehrkräfte bei der Planung ihres Unterrichts zu unterstützen. Zu einzelnen Sachunterrichtsthemen werden umfangreiche Materialien und konkrete Vorschläge für Unterrichtseinheiten gegeben. Ziel dieser wissenschaftlichen Hausarbeit ist es, für die Lernplattform SUPRA eine Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ zu erarbeiten, da diese bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vorhanden ist.

Zusätzlich zur Beschreibung und Begründung der ausgearbeiteten Unterrichtseinheiten soll näher auf die Lernplattform SUPRA eingegangen werden und eine Einordnung des Themas in das hessische Kerncurriculum erfolgen. In einer Sachanalyse werden die physikalischen Hintergründe dargelegt. Anschließend werden die häufigsten Schülervorstellungen zum Thema „Auftrieb“ vorgestellt. Darauf aufbauend wird auf Studien eingegangen, die sich mit der Durchführung des Themas in der Grundschule beschäftigen und die große Bedeutung von didaktisch fundierten Unterrichtskonzeptionen aufzeigen. Auch in Schulbüchern bereits veröffentlichte, themenverwandte

Konzeptionen sollen nochmals kritisch betrachtet werden, um im Anschluss auf den schon genannten Hauptteil dieser Arbeit eingehen zu können: Die Vorstellung der erstellten Unterrichtskonzeption. Um die konzipierten Einheiten bestmöglich zu optimieren, fand eine Durchführung der Unterrichtsreihe in einer vierten Klasse statt. Die Erkenntnisse dieser Durchführung werden daher anschließend reflektiert. Im Anhang werden zudem die entsprechenden Unterrichtsverlaufspläne sowie weiteres Unterrichtsmaterial aufgeführt.

2. Die Lernplattform SUPRA

Wie in der Einleitung bereits dargelegt, soll die Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ für die Lernplattform SUPRA aufgearbeitet werden. Daher wird im Folgenden auf die Inhalte, Ziele und weiteren Informationen zu dieser Lernplattform eingegangen.

SUPRA ist eine Abkürzung für „Sachunterricht praktisch und konkret“ und stellt eine Lernplattform und Materialbörse für Grundschullehrkräfte dar. Die Internetseite ist durch ein Kooperationsprojekt von verschiedenen Lehrstühlen der Ludwig-Maximilians-Universität München im Jahr 2003/2004 entstanden. Bei der Gründung beteiligte Lehrstühle waren die Lehrstühle für Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik (Prof. Dr. Joachim Kahlert), für Didaktik der Physik (Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner) und Didaktik der Geschichte (Prof. Dr. Michael Körner). Ziel der Lernplattform ist, Sachunterrichtslehrkräften bei der Planung, Gestaltung und Umsetzung von verschiedenen Sachunterrichtsthemen zu unterstützen. Konkret werden für Sachunterrichtslehrkräfte zu einzelnen Unterrichtsthemen fachliche und fachdidaktische Informationen bereitgestellt. Darüber hinaus werden Vorschläge für den Unterrichtsverlauf gemacht und Arbeitsblätter sowie weiteres Material zum kostenlosen Download zur Verfügung gestellt.¹ Besonders für Lehrkräfte, die kein Sachunterricht studiert haben, können die Materialien von SUPRA eine große Hilfestellung für didaktisch fundierten Unterricht darstellen.

¹ SUPRA, Informationen – Die SUPRA-Lernplattform, letzter Zugriff 30.05.2019

Wie auch aus den genannten Lehrstühlen abgeleitet werden kann, liegt der Themenschwerpunkt auf den Lernfeldern „Natur und Technik“ sowie „Zeit und Geschichte“. Bei dem Themenfeld „Natur und Technik“ sind bereits folgende Themen in SUPRA aufbereitet: „Wasser: Waschen & Reinigen“, „Licht & Schatten“, „Schall“, „Warm – Kalt“, „Luft“, „Spiegel“, „Magnetismus“, „Technisches Spielzeug“, „Elektrizität“, „Verbrennung“, „Nährstoffe“ sowie das Thema „Wetter“.² Bei den genannten Themen zeigt sich, dass das im Sachunterricht häufig behandelte Thema „Auftrieb“ noch nicht auf SUPRA vorhanden ist.

3. Einordnung in das hessische Kerncurriculum

Im hessischen Kerncurriculum werden für das Fach Sachunterricht die Bildungsstandards und die Inhaltsfelder festgehalten.

Die Inhaltsfelder des Faches Sachunterricht sind wie folgt untergliedert³:

- Gesellschaft und Politik
- Natur
- Raum
- Technik
- Geschichte und Zeit

Das Thema „Auftrieb“ ist hauptsächlich dem Inhaltsfeld „Natur“ zuzuordnen. Darunter fallen chemische, physikalische, biologische und geographische Aspekte, die sich aus der natürlichen Umwelt ableiten lassen. Die daraus resultierenden naturwissenschaftlichen Lernerfahrungen sollen bei den Schülern⁴ dazu beitragen, ihrem natürlichen Lebensraum fragend und positiv gegenüberzustehen. Zudem eröffnen sie Gelegenheiten „Phänomene und Alltagssituationen aus naturwissenschaftlicher Perspektive zu deuten und zu verstehen.“⁵ Das Thema „Auftrieb“ ermöglicht es, die Erfahrungen aus der Lebenswelt der Kinder in der Grundschule in den Unterricht zu integrieren. Grundschüler sammeln beispielsweise vielfältige Erfahrungen in ihrem Alltag,

² SUPRA – Lernfeld Natur & Technik, letzter Zugriff 30.05.2019

³ Hessisches Kultusministerium 2011, S. 14

⁴ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen im Folgenden vermieden. Die Personenbezeichnungen sollen für beide Geschlechter gelten.

⁵ Hessisches Kultusministerium 2011, S. 15

welche Gegenstände im Wasser schwimmen können und welche sinken. Auch eigenen Erfahrungen zählen dazu, die Schüler z.B. bei einem Schwimmbadbesuch gesammelt haben. Die Behandlung des Themas „Auftrieb“ kann somit dazu beitragen die dahinterstehenden physikalischen Aspekte zu verstehen und sie in vielfältigen Situationen anzuwenden. Zudem werden durch die Behandlung des Themas im Unterricht auch die Kinder sensibler dafür, naturwissenschaftliche Erfahrungen im Alltag wahrzunehmen und zu hinterfragen.

Auch der „Perspektivrahmen Sachunterricht“ nennt das Thema in dem perspektivbezogenen Themenbereich „Nicht lebende Natur – physikalische Vorgänge“. Explizit wird u. a. für das Thema Schwimmen und Sinken formuliert: „Schülerinnen und Schüler können Veränderungen von Körpern in einfachen physikalischen Vorgängen [...] untersuchen, beobachten und beschreiben.“⁶

Unter den Bildungsstandards wird eine Könnenserwartung für die Lernenden verstanden⁷. Darüber hinaus werden die Bildungsstandards in Kompetenzbereiche untergliedert. Diese sind ebenfalls unterteilt in einzelne Kompetenzen. Die verschiedenen im Kerncurriculum aufgelisteten Bildungsstandards und Kompetenzbereiche soll jeder Schüler bis zu einem gewissen Zeitpunkt erworben haben, z.B. am Ende der vierten Jahrgangsstufe.⁸ Viele der Kompetenzbereiche und Bildungsstandards, die im Kerncurriculum aufgeführt sind, können durch das Thema „Auftrieb“ gefördert werden. Beispielsweise bringt dieses Thema vielfältige Gelegenheiten im Sachunterricht zu experimentieren. Experimente wiederum bieten die Möglichkeit alle Kompetenzbereiche („Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“, „Bewertung“⁹) anzusprechen bzw. abzudecken.

Um dem hessischen Kerncurriculum gerecht zu werden und die Schüler optimal zu fördern, wird dementsprechend bei der Gestaltung der Unterrichtskonzeption darauf geachtet, eine kompetenzorientierte Unterrichtsreihe zu entwickeln.

⁶ GDSU 2013, S. 44

⁷ Hessisches Kultusministerium 2011, S. 5

⁸ ebd.

⁹ Hessisches Kultusministerium 2011, S. 17f

4. Sachanalyse

Wenn ein Körper unter Wasser gehalten und losgelassen wird, gibt es verschiedene Möglichkeiten, was anschließend passiert.¹⁰ Der Körper könnte steigen bis er schwimmt, er könnte sinken bis er auf den Boden des Gefäßes aufkommt oder er bleibt auf der Stelle und schwebt somit.

Doch wieso ist es überhaupt möglich, dass ein Gegenstand im Wasser schwimmen kann? Außerhalb des Wassers fällt ein Gegenstand aufgrund der Erdanziehungskraft zu Boden, wenn er losgelassen wird. Im Wasser wirkt jedoch zusätzlich die sogenannte Auftriebskraft F_A . Das bedeutet, dass jeder Körper beim Eintauchen in Wasser eine nach oben gerichtete Kraft erfährt und scheinbar leichter wird.

Die Auftriebskraft kommt durch den Schweredruck im Wasser zustande. Erklärt werden kann der Schweredruck durch die Wassersäule, die sich über einer bestimmten Fläche im Wasser befindet. Je höher die Wassersäule ist, desto schwerer ist sie und umso mehr Druck entsteht auch auf der untersten Fläche der Wassersäule. Das bedeutet, dass der Schweredruck im Wasser mit der Tiefe zunimmt. Wird nun ein Körper in Wasser eingetaucht, drückt das Wasser von allen Seiten auf den Körper. Durch die unterschiedlichen Druckverhältnisse ist jedoch der Druck auf die Unterseite des Körpers größer als auf die Oberseite des Körpers. Die Differenz beider Kräfte ist letztendlich die Auftriebskraft F_A . Der Druck auf die Seiten des Körpers kann vernachlässigt werden, da diese gleich groß sind und sich damit gegenseitig aufheben.

Ein gleich großer Körper hat somit immer eine gleich große Auftriebskraft. In der Abb. 2 ist dies veranschaulicht durch die gleich großen nach oben gerichteten gelben Pfeile der vier mittleren Körper. Wäre einer dieser Körper größer eingezeichnet, hätte dieser auch eine größere Auftriebskraft, da sich aus der Differenz von dem Druck auf die Oberseite und dem Druck auf die Unterseite eine größere Auftriebskraft ergeben würde. Doch wie sich ein Körper letztendlich im Wasser verhält, hängt zusätzlich noch von der Gewichtskraft F_G des Körpers ab, die der Auftriebskraft entgegenwirkt. Ob etwas steigt, schwebt oder zu Boden sinkt, hängt somit von dem Verhältnis zwischen Auftriebs- und

¹⁰ Da es sich in diesem Kapitel um allgemeine physikalische Gesetzmäßigkeiten handelt, wird auf Literaturangaben verzichtet. Beispielhaft können folgende Lehrbücher herangezogen werden: Cieplik 2012; Barmeier, Willmer-Klump 2010

Gewichtskraft ab. Ist die Auftriebskraft größer als die Gewichtskraft, steigt der Körper zur Wasseroberfläche. Sobald Teile des Körpers nicht mehr mit Wasser bedeckt sind, kann das Wasser weniger Druck auf den Körper ausüben und die Auftriebskraft wird weniger. Der Körper hört dann auf zu steigen und schwimmt, wenn die Gewichtskraft und die Auftriebskraft gleich groß sind.

Wenn aber die Auftriebskraft kleiner als die Gewichtskraft ist, sinkt der Körper zum Boden des Wassergefäßes. Hierbei kann es zu zwei verschiedenen Situationen kommen: Zum einen kann die Unterseite des Gegenstandes oder der Boden des Gefäßes nicht ganz glatt und somit wasserdurchlässig sein. Es kann sich also noch Wasser zwischen dem Gegenstand und dem Boden des Gefäßes befinden. Dann erfährt der Körper auch im gesunkenen Zustand weiterhin eine Auftriebskraft. Im seltenen Fall, dass beide Flächen glatt sind und sich kein Wasser mehr dazwischen befindet, ist auch keine Auftriebskraft mehr vorhanden.

Ebenfalls selten ist der schwebende Zustand von Gegenständen. Hierbei sind die Auftriebskraft und die Gewichtskraft genau gleich groß. Ein klassisches Beispiel ist hierfür ein U-Boot. Durch Aufnahme oder Abgabe von Ballastwasser kann die Gewichtskraft der Auftriebskraft angepasst werden.

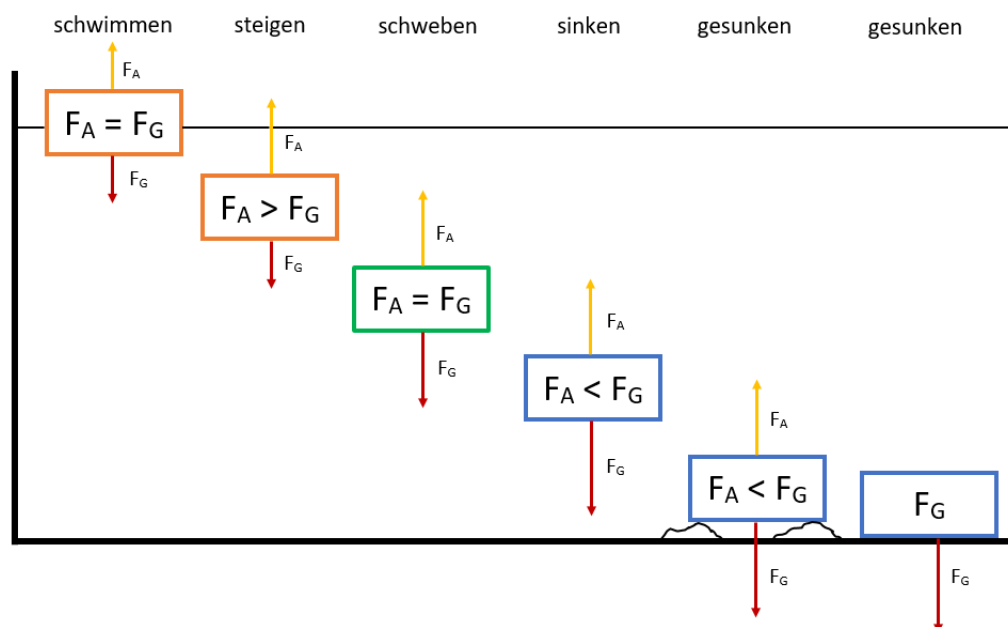


Abb. 2: Ob ein Gegenstand schwimmt, steigt, schwebt oder sinkt, hängt von dem Verhältnis zwischen Auftriebskraft und Gewichtskraft ab.

Wird nun die Frage gestellt, warum ein Boot aus Eisen schwimmt, kann mit dem bisherigen Wissen wie folgt darauf geantwortet werden: Die Gewichtskraft des Bootes entspricht genau der Auftriebskraft. Die Auftriebskraft ist bei einem Boot deshalb so groß, weil das Wasser durch die große Fläche viel Druck auf die Unterseite des Bootes ausüben kann.

Eine andere Möglichkeit wäre, dieses Phänomen mithilfe der mittleren Dichte zu erklären. Die Dichte ist der Quotient aus der Masse und dem Volumen eines Körpers. Hat ein Körper eine größere Dichte als Wasser, sinkt er. Wenn aber die Dichte geringer ist als die des Wassers, schwimmt der Körper. Bei Vollkörpern ist dieses Prinzip leicht anzuwenden. Hat ein Körper jedoch einen Hohlraum, ist die mittlere Dichte entscheidend, die bei dem Volumen den Hohlraum mit einberechnet. Dadurch ist auch die mittlere Dichte bei einem Boot aus Eisen geringer als die des Wassers, da bei der Berechnung der mittleren Dichte das zusätzliche Volumen des Hohlraumes des Eisenbootes mit einbezogen werden muss.

Eine weitere Möglichkeit ist mithilfe des Archimedischen Prinzips, die Schwimmfähigkeit eines Bootes aus Eisen zu erklären. Das Archimedische Prinzip besagt, dass die Auftriebskraft eines Körpers gleich der Gewichtskraft des verdrängten Wassers entspricht. Ein Boot ragt somit so weit aus dem Wasser heraus, bis die Gewichtskraft des verdrängten Wassers der Gewichtskraft des gesamten Bootes entspricht.

5. Schülervorstellungen

Im Folgenden sollen für das Thema „Auftrieb“ Schülervorstellungen, auch Präkonzepte genannt, aufgezeigt werden, die besonders häufig bei Schülern in der Grundschule, aber auch in der Sekundarstufe vorzufinden sind. Doch zuvor soll darauf eingegangen werden, wieso die Beschäftigungen mit Präkonzepten für den naturwissenschaftlichen Unterricht überhaupt wichtig ist.

Für ein erfolgreiches Lernen ist eine aktive Verarbeitung von Informationen notwendig. Wissen kann somit nicht einfach durch die Lehrkräfte vermittelt werden, stattdessen stellt Lernen einen aktiven Prozess dar. Auf den Unterricht bezogen bedeutet das, dass Lehrkräfte Wissen nicht einfach vorgeben können. Schüler müssen die Gelegenheit erhalten, sich aktiv mit einem Thema

auseinanderzusetzen. Das kann funktionieren, indem die Lehrkraft den Schülern geeignete Impulse gibt, die die Schüler zur selbstständigen Auseinandersetzung mit Lernangeboten anregt. Doch hier liegt folgendes Problem: Diese Auseinandersetzung kann nur unter Einfluss des bereits vorhandenen Wissens eines jeden Schülers erfolgen. Vorhandene Schülervorstellungen beeinflussen daher die Verarbeitung von neuen Unterrichtsthemen. Besonders problematisch kann dabei sein, dass die Veränderung der vorhandenen Präkonzepte durch Unterrichtsimpulse sehr schwierig sein kann, da diese häufig sehr widerstandsfähig sind.¹¹ Daher sollten sich Lehrkräfte schon vor ihrem Unterricht mit den häufigsten Präkonzepten von Schülern beschäftigen, um ihnen bei der Planung und während des Unterrichts in geeigneter Form begegnen zu können.

Allgemein lassen sich bei dem Thema „Auftrieb“ die typischen Schülervorstellungen in Fehl-, Alltags- und Expertenkonzepte unterteilen, die im Folgenden weiter ausgeführt werden.¹²

Zu den Fehlkonzepten zählt zum einen das sogenannte Gewichtskonzept. Dabei gehen Schüler davon aus, dass alles, was schwer ist, sinkt. Nach dieser Vorstellung schwimmt dementsprechend alles, was leicht ist. Gegenstände bzw. Materialien, wie z.B. ein Felsbrocken oder Styropor, bestätigen dieses Konzept. Doch durch Beispiele, wie ein Kreuzfahrtschiff, das schwimmt, oder eine kleine Stecknadel, die untergeht, kann dieses Konzept widerlegt werden. Auch zu den Fehlkonzepten zählt das sogenannte Luftkonzept. Dieses besagt, dass etwas schwimmt, „weil die darin enthaltene Luft den Körper nach oben zieht.“¹³ Luftmatratzen, Tischtennisbälle usw. bestätigen dieses Konzept. Ein Gegenargument kann mithilfe eines U-Bootes herangezogen werden, denn U-Boote können auch sinken, trotz vorhandener Luft im Innenraum.¹⁴

Das Materialkonzept und das Dichtekonzept sind den Alltagskonzepten zuzuordnen. Aussagen wie „alles, was aus Holz ist, schwimmt“ würde beispielsweise dem Materialkonzept zugeordnet werden. Im ersten Augenblick erscheint diese Aussage vielleicht als richtig, doch es gibt auch

¹¹ Schecker et al. 2018, S. 3ff

¹² Stern et al. 2016, S. 8

¹³ ebd.

¹⁴ ebd.

Tropenholzsorten, die nicht schwimmen. Mithilfe des Dichtekonzeptes könnte dieses Phänomen erklärt werden: Im Gegensatz zu den meisten anderen Holzsorten, hat Tropenholz eine größere Dichte als Wasser und sinkt daher. Doch auch durch das Dichtekonzept lässt sich nicht alles erklären. Hierfür kann das Beispiel eines Schiffs aus Eisen herangezogen werden. Das Schiff schwimmt, obwohl Eisen eine größere Dichte als Wasser hat.¹⁵ Trotz seiner Grenzen, wird das Dichtekonzept auch in der Schule vermittelt. Doch das Verstehen dieses Konzeptes ist besonders für Grundschüler schwierig. Untersuchungen diesbezüglich haben gezeigt, dass Größen für Schüler nicht leicht zu verstehen sind, wenn diese aus zwei Größen zusammengesetzt sind.¹⁶ Dazu gehört auch die Dichte, denn die Dichte ist ein Quotient aus der Masse eines Körpers und seinem Volumen.

Zu den Expertenkonzepten zählen das Archimedeskonzept und das Druckkonzept. Das Archimedeskonzept besagt, dass die Auftriebskraft eines Körpers gleich der Gewichtskraft des verdrängten Wassers ist. Mithilfe dieses Konzeptes kann somit das Dichtekonzept erweitert werden. Es kann daher erklärt werden, warum ein Schiff aus Eisen trotz der größeren Dichte des Eisens schwimmen kann: Durch den entstehenden Hohlraum im Innern des Schiffs kann mehr Wasser verdrängt werden. Aber auch dieses Konzept hat seine Grenzen: Wie die Auftriebskraft letztendlich entsteht, kann das Archimedeskonzept nicht erklären. Hier kann letztendlich das Druckkonzept Abhilfe schaffen. Dieses Konzept erklärt die Auftriebskraft damit, dass der Wasserdruck mit der Wassertiefe zunimmt.¹⁷

6. Die Bedeutung von didaktisch fundierten Unterrichtskonzeptionen im Sachunterricht

Bereits das letzte Kapitel hat angedeutet wie wichtig ein gut geplanter Sachunterricht ist. Eine bekannte Längsschnittstudie von Elsbeth Stern und Ralph Schumacher beschäftigt sich seit 2011 ebenfalls mit diesem Thema. Bei dieser Studie steht die Frage im Mittelpunkt, „ob die Schülerinnen und Schüler, die bereits in der Primarschule optimierten naturwissenschaftlichen Unterricht

¹⁵ Stern et al. 2016, S. 8

¹⁶ Stern et al. 2002, S. 63ff

¹⁷ Stern et al. 2016, S. 8f

erhalten haben, von späteren Lernangeboten auf der Sekundarstufe I und II stärker profitieren als Kinder bzw. Jugendliche, die in der Primarschule herkömmliche Lernangebote erhielten.“¹⁸ Für die Umsetzung wurden altersgerechte Experimentiermaterialien zusammengestellt sowie für die Lehrkräfte Materialien mit inhaltlichen Informationen, Anleitungen und weiteren Hilfestellungen. Zusätzlich haben alle beteiligten Lehrkräfte eine Fortbildung erhalten. Teilgenommen haben bisher 360 Lehrkräfte und über 6000 Schüler.¹⁹

Auch wenn die Studie noch nicht abgeschlossen ist, wurden schon erste Ergebnisse präsentiert. So konnte nachgewiesen werden, dass die Schüler Wissen erworben haben, das sie allein oder spontan nicht erlernt hätten. Zudem konnte in Bezug auf das Alter festgestellt werden, dass auch Schüler der zweiten Jahrgangsstufe bereits die physikalischen Zusammenhänge in ähnlichem Maße wie Viertklässler verstehen können. Hinzu kommt, dass Grundschüler die physikalischen Zusammenhänge von den behandelten Themen besser nachvollziehen und erklären können, als Schüler der Sekundarstufe I, die keinen entsprechenden Unterricht erhalten haben. Ebenfalls erfreulich ist der Nachweis, dass die Unterrichtsinhalte nachhaltig vermittelt wurden und das erlernte Wissen auch noch ein Jahr nach dem Erhalt des Unterrichts weiterhin vorhanden war. Darüber hinaus konnte bei den teilnehmenden Grundschulkindern kein Unterschied zwischen den Geschlechtern in Bezug auf die Leistungen festgestellt werden. Daraus kann abgeleitet werden, dass bereits didaktisch fundierter Physikunterricht in der Grundschule dazu beiträgt, Leistungsunterschiede zwischen Mädchen und Jungen in der Sekundarstufe zu minimieren.²⁰

Auch weitere Studien haben ähnliche Ergebnisse erzielt. Als weitere Erkenntnis kann genannt werden, dass eine klare Strukturierung bei der Arbeit mit Experimenten wichtig für den Lernerfolg der Schüler ist.²¹

Ebenfalls konnte mithilfe einer Studie bewiesen werden, dass sich Lehrkräfte Unterstützung wünschen für die Planung und Durchführung ihres naturwissenschaftlichen Unterrichts. Insbesondere werden hier die

¹⁸ Stern et al. 2016, S. 7

¹⁹ ebd.

²⁰ ebd.

²¹ Jonen 2003, S. 93-108

Bereitstellung von Experimentiermaterialien und Lehrerhandreichungen genannt.²²

Zusammenfassend zeigen die Studien die hohe Bedeutung von didaktisch fundiertem und eingehend geplantem Sachunterricht. Doch die Planung von solchen Unterrichtsreihen nimmt viel Zeit in Anspruch. Daher soll auch diese Arbeit dazu beitragen eine mögliche Unterrichtskonzeption für Lehrkräfte bereitzustellen.

7. Auseinandersetzung mit anderen Konzeptionen

Bevor die von mir erarbeitete Unterrichtskonzeption ausführlich dargestellt wird, soll zunächst ein Blick auf bereits vorhandene Unterrichtskonzeptionen geworfen werden. Zum einen werden dafür aktuelle Lehrbücher und Arbeitshefte für den Sachunterricht exemplarisch betrachtet. Zum anderen wird dargestellt wie auch in Sachbüchern, die für Kinder im Grundschulalter geschrieben worden sind, mit dem Thema „Auftrieb“ umgegangen und für die Kinder aufgearbeitet wird.

7.1. Sachbücher

Zu Beginn werden zwei Sachbücher für Kinder im Grundschulalter betrachtet, die das Thema „Auftrieb“ in mindestens einem Kapitel behandeln. Denn das Thema bietet durchaus Potential, dass sich Kinder auch außerhalb der Schule selbstständig mit dessen Inhalten befassen.

Das Sachbuch „Das U-Boot in der Limoflasche“ von Kay Spreckelsen²³ und der Kinderbrockhaus „Experimente. Den Naturwissenschaften auf der Spur“ von Joachim Hecker²⁴ gehen bei der Erklärung des Themas ähnlich vor. In beiden Sachbüchern wird dafür ein Experiment mit einem kartesischen Taucher herangezogen. Hierbei wird der Leser in beiden Fällen zum Nachbau eines kartesischen Tauchers animiert. Bei Hecker wird ein Stück Graubrot in eine voll mit Wasser gefüllte PET-Flasche gelegt. Spreckelsen schlägt den Bau eines kartesischen Tauchers mithilfe einer Glasflasche, einem Saftkorken und einer frischen Orangenschale vor. Wird nun auf die Seiten der PET-Flasche bzw. auf

²² Möller et al. 2008, S. 22

²³ Spreckelsen 2010, S. 18 - 21

²⁴ Hecker 2010, S. 86f

den Saftkorken gedrückt, sinkt das Graubrot bzw. die Orangenschale nach unten. Wird der Druck gelöst, steigen die jeweiligen Gegenstände wieder nach oben unter den Flaschendeckel. Zunächst wird in beiden Sachbüchern argumentiert, dass die Luftbläschen, die sich im Graubrot und der Orangenschale befinden, durch den Druck auf die Flasche kleiner werden.

Die weitere physikalische Begründung für dieses Phänomen ist in beiden Büchern jedoch unterschiedlich. Hecker erklärt: „Dadurch wird das Brotstück schwerer, verliert an Auftrieb und sinkt nach unten. Lässt du die Flasche los, werden die Luftbläschen wieder größer, das Brot wird leichter, gewinnt an Auftrieb und steigt nach oben.“²⁵ Diese Argumentation ist schlichtweg falsch, denn das Gewicht des Brotstücks ändert sich nicht, sondern das Volumen. Dennoch wird diese Argumentationsweise auch noch auf Fische, Sporttaucher und U-Boote angewandt. Bei der Funktionsweise eines U-Bootes wird beispielsweise erklärt: „Je mehr Luft in den Tanks ist, desto näher an der Wasseroberfläche taucht das U-Boot. Lässt man hingegen Wasser in die Tanks, wird das U-Boot schwerer.“²⁶ Bei Kindern könnte sich damit ein falsches Präkonzept verfestigen: Je mehr Luft ein Gegenstand in sich hat, desto leichter ist er und schwimmt. Hat ein Gegenstand weniger Luft in sich, wird er schwerer und sinkt. Die Grenzen dieses Präkonzeptes können Kindern wiederum aufgezeigt werden, wenn man Gegenstände nennt, die keine oder nahezu keine Luft in sich haben, und trotzdem schwimmen, z.B. die Nennung eines Baumstammes.

Spreckelsen argumentiert hingegen fachlich richtig: „So wie die Luftblase reagiert, so benimmt sich auch des Orangenschalenstückchen [...]: Wird sein Volumen kleiner, wird es also „dichter“, so geht es unter, wird es dagegen größer, also in sich „weniger dicht“, so strebt es wieder nach oben. Je größer es ist, desto stärker wirkt der Auftrieb im Wasser auf es ein. Wird es dagegen zusammengedrückt, so reicht sein Auftrieb zum Schwimmen nicht mehr aus, und geht unter.“²⁷ Hierbei wird der Bezug zum Dichtekonzept deutlich: Ist die Dichte eines Gegenstandes größer als die des Wassers, sinkt der Gegenstand. Ist die Dichte eines Gegenstandes geringer als die des Wassers, schwimmt der Gegenstand an der Wasseroberfläche. Einerseits sind die Argumentation und die

²⁵ Hecker 2010, S. 87

²⁶ ebd.

²⁷ Spreckelsen 2010, S. 19

dahinterstehende physikalische Gesetzmäßigkeit richtig. Andererseits kann angezweifelt werden, ob Kinder im Grundschulalter diese Begründung verstehen, geschweige denn auf weitere Materialien und Gegenstände übertragen können. Denn bei dem Konzept der Dichte müssen zwei Größen, bzw. dessen Quotient beachtet werden: die Masse und das Volumen. Hierbei ist davon auszugehen, dass Grundschulkinder mit dem Verstehen dieser Gesetzmäßigkeit noch Schwierigkeiten haben.

Darüber hinaus wird in beiden Sachbüchern der Fachbegriff „Auftrieb“ genannt. Kinder können hierbei nur selbst vermuten, was dieser Begriff bedeutet. Eine angemessene Erklärung fehlt in beiden Büchern.

In dem Kinderbrockhaus von Hecker werden abgesehen von dem genannten Experiment und dessen Begründung keine weiteren Erklärungen oder Experimente angeführt. Spreckelsen hingegen geht noch auf einen weiteren Versuch ein. Er beschreibt, dass ein Ei in Salzwasser schwimmt und in Süßwasser sinkt. Auch kann das Ei in der Mitte eines Glases schweben, indem eine Unterschichtung des Salzwassers in Süßwasser erfolgt. Weiter wird dieses Experiment auf den Tiefgang von Schiffen übertragen: „So, wie das Ei im Salzwasser schwimmt, im ungesalzenen Wasser aber untergeht, sinken auch Schiffe tiefer ein, die aus salzigem Meerwasser in „süßes“ Flusswasser kommen.“²⁸ Für Kinder ist das genannte Experiment sicherlich sehr schön anzuschauen und regt das selbstständige Experimentieren an. Auch der Hinweis auf den Tiefgang von Schiffen in unterschiedlichen Gewässern ist für Kinder interessant. Dennoch wird den Kindern keine Begründung gegeben, warum das Ei im Salzwasser schwimmt und im Süßwasser untergeht. Daher wird der Beantwortung der Frage, warum etwas schwimmen kann, mit keinem Schritt nähergekommen.

Zusammenfassend ist bei beiden exemplarisch ausgewählten Sachbüchern keine zufriedenstellende Konzeption für das Thema „Auftrieb“ festzustellen. Einerseits waren die Autoren der Sachbücher sicherlich in dem Umfang bzw. der Seitenzahl zu diesem Thema beschränkt. Andererseits sind die dafür ausgewählten Versuche und dessen Erklärungen nur bedingt geeignet, um Grundschulkindern das Thema „Auftrieb“ verständlich zu erklären, sodass die

²⁸ Spreckelsen 2010, S. 21

Erkenntnisse auch auf weitere Alltagsbeobachtungen und Experimente übertragen werden könnten.

7.2. Schulbücher

Wie in allen Fächern werden auch für das Fach Sachunterricht von den Schulbuchverlagen Arbeitsbücher und -hefte angeboten. Beginnen möchte ich mit der Betrachtung der Arbeitsbücher „Pustebume“ vom Schroedel Verlag. Gegliedert sind die Bücher in ein Arbeitsbuch für die erste und zweite Klasse sowie ein Arbeitsbuch für die dritte und vierte Klasse.

In dem Arbeitsbuch für die ersten beiden Schuljahre lässt sich nur sehr wenig für das Thema „Auftrieb“ finden. Als einzige Einheit wird hier der Bau von Wasserspielzeug vorgeschlagen. Unter anderem sollen Schiffchen gebaut werden, die aus Alltagsmaterial bestehen (z.B. Korken oder Flaschendeckel).²⁹ Hierbei erfolgt allerdings keine Auseinandersetzung mit der Frage, wieso die einzelnen Materialien bzw. Schiffchen schwimmen können. Die Schüler können lediglich Erfahrungen sammeln welche Materialien schwimmen können und sich somit für den Bau eines Schiffchens eignen. Ähnlich ist es bei dem Sachunterrichtsmaterial „3-malig“, das für alle vier Jahrgangsstufen Kopiervorlagen für den Sachunterricht bereitstellt.³⁰ Für das Thema „Auftrieb“ wird lediglich in dem Material für die erste Klasse vorgeschlagen Boote aus Alltagsmaterialien zu bauen.

Im Gegensatz zu „3-malig“ sind jedoch bei dem Arbeitsbuch für die dritte und vierte Klasse von „Pustebume“ noch mehr Aufgaben und Material zum Thema „Auftrieb“ zu finden.³¹ Hier sollen die Schüler im ersten Schritt verschiedene Gegenstände auf ihre Schwimmfähigkeit prüfen und zuvor ihre Vermutungen protokollieren. Die Aufgabe ist ergänzt durch ein Schaubild, auf dem drei Kinder zu sehen sind, die dieses Experiment durchführen. Eines der Kinder liest dabei folgenden Text vor: „Alle Materialien, die leichter sind als die gleiche Menge Wasser, schwimmen. Alle Materialien, die schwerer sind als die gleiche Menge Wasser, versinken.“³² Die physikalische Erklärung erfolgt demnach nach dem Archimedischen Prinzip. Kritisiert werden kann an dieser Stelle, dass die

²⁹ Kraft 2013, S. 88

³⁰ Weylandt, Hahn 2006; Kierzek 2006; Ehrich, Koch 2006a; Ehrich, Koch 2006b

³¹ Kraft 2014, S. 69f

³² Kraft 2014, S. 69

Erklärung für die Bearbeitung der Aufgabe nicht relevant ist. Andererseits wird das Archimedische Prinzip auf der Folgeseite durch zwei Experimente erarbeitet. Dafür wird das Gewicht von einer mit Wasser gefüllten Filmdose mit Filmdosen verglichen, die mit unterschiedlichem Material gefüllt sind. Anschließend sollen die Filmdosen auf ihre Schwimmfähigkeit getestet werden. Die Kinder können demnach herausfinden, dass alle Filmdosen sinken, die schwerer sind als die mit Wasser gefüllte Filmdose und alle leichteren Dosen an der Oberfläche schwimmen. Bei dem letzten vorgeschlagenen Experiment sollen die Schüler versuchen Knetgummifiguren zu formen, die schwimmen können. Anschließend sollen die Kinder eine Erklärung finden, warum manche Figuren schwimmen können und manche nicht. Ein Lösungshinweis, beispielsweise in Form einer erklärenden Skizze, ist für die Schüler nicht gegeben. Auch wird für die Schüler kein Zusammenhang hergestellt, wie die Erkenntnisse dieses Versuchs im Einklang mit dem zuvor erarbeiteten Wissen zum Archimedischen Prinzip stehen.

Eine ähnliche Aufbereitung des Themas „Auftrieb“ lässt sich auch in dem Arbeitsheft „Forscher-Stars“³³ für die dritte und vierte Jahrgangsstufe wiederfinden. Auch hier liegt der Fokus auf der Erarbeitung des Archimedischen Prinzips. Hierbei sollen die Schüler zum einen den veränderten Wasserstand von einem Korken und einem gleich großen Stein vergleichen und herausfinden, dass ein schwimmender Körper weniger Wasser verdrängt, als ein gleich großer Gegenstand, der im Wasser zu Boden sinkt. Zum anderen soll das Gewicht der beiden Gegenstände mit dem Gewicht des verdrängten Wassers verglichen werden. Bei dem Korken soll dabei das Gewicht des Wassers gemessen werden, dass verdrängt wird, wenn der Korken vollständig mit einem Löffel unter Wasser gedrückt wird. Um die Ergebnisse des Experiments zusammenzufassen und auf das Archimedische Prinzip zu übertragen, sollen die Schüler folgenden Lückentext vervollständigen: „Ein Gegenstand, der untergeht, verdrängt ____ Wasser als er wiegt. Ein gleich großer Gegenstand, der schwimmt, verdrängt ____ Wasser als er wiegt.“³⁴ Es ist anzunehmen, dass der Lückentext auf den Vergleich des Gewichts des verdrängten Wassers mit dem Gewicht des

³³ Herb et al. 2013, S. 24f

³⁴ Herb et al. 2013, S. 25

Gegenstandes abzielt. Jedoch geht dies nicht eindeutig aus dem Text hervor. Ausgehend von dem ersten Experiment, bei dem der veränderte Wasserstand von einem schwimmenden Korken und einem gesunkenen Stein verglichen werden sollte, könnten Schüler annehmen, dass hier ein Vergleich mit dem Volumen des verdrängten Wassers stattfinden soll. Der Vergleich mithilfe der Variablen „mehr“ oder „weniger“ ist jedoch nicht möglich, wenn das Volumen eines Körpers mit dem Gewicht eines anderen Körpers verglichen werden soll.

Zudem ist zwischen den beiden genannten Experimenten noch ein weiteres Experiment aufgeführt: Ein Plastikhandschuh soll angezogen und ins Wasser getaucht werden. Anschließend sollen die Kinder beschreiben, was sie fühlen.³⁵ Konkret können sie hierbei spüren, dass sich der Handschuh an die Hand drückt. Daraus kann abgeleitet werden, dass Wasser von allen Seiten auf einen eingetauchten Gegenstand eine Kraft ausübt. Jedoch fällt es hier schwer einen didaktischen Zusammenhang zwischen diesem Experiment und den Experimenten mit dem Stein und dem Korken zu finden.

Abschließend ist für die Schüler ein Sachtext formuliert.³⁶ Hierbei wird der Begriff „Auftrieb“ eingeführt und der Begriff „Verdrängung“ anhand der Experimente erklärt. Zudem werden die Schüler darauf hingewiesen, dass die Schwimmfähigkeit eines Körpers auch von dessen Form abhängig ist. Daher sollen die Schüler, wie auch in dem bereits vorgestellten Arbeitsheft „Pustebblume“, Knete so formen, dass sie schwimmt oder sinkt. Allerdings ist hierbei ein kleines Schaubild eingefügt (siehe Abb. 3). Auf ein schwimmendes Boot sind von unten und von oben jeweils drei Pfeile gerichtet. Es ist davon auszugehen, dass die unteren Pfeile, den Auftrieb symbolisieren sollen und die oberen Pfeile das Gewicht des Bootes. Eine Erklärung des Schaubilds erfolgt jedoch nicht.

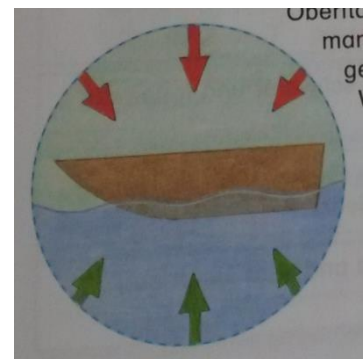


Abb. 3: Schaubild, Herb et al. 2013, S. 25

³⁵ Herb et al. 2013, S. 24

³⁶ Herb et al. 2013, S. 25

Die Arbeitsmaterialien „Bausteine“ vom Diesterweg Verlag sind gegliedert in jeweils einem Buch sowie einem Arbeitsheft für jede der vier Jahrgangsstufen der Grundschule. Durch den größeren Umfang der Schulbuchreihe könnte erwartet werden, dass das Thema „Auftrieb“ auch umfangreicher behandelt wird. Jedoch ist auffällig, dass sowohl in den Arbeitsheften als auch in den Büchern der ersten, dritten und vierten Jahrgangsstufe das Thema „Auftrieb“ nicht behandelt wird.³⁷ Einzig in dem Buch und dem Arbeitsheft für die zweite Jahrgangsstufe wird das Thema „Auftrieb“ aufbereitet. Wie auch bei „Pustablume“ werden hier die Schüler in dem Buch für die zweite Klasse³⁸

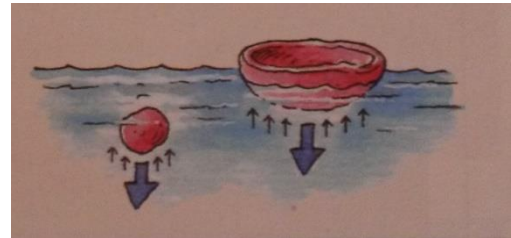


Abb. 4: Schaubild, Drechsler-Köhler, 2009a, S. 39

zunächst aufgefordert verschiedene Gegenstände auf ihre Schwimmfähigkeit zu überprüfen, nachdem sie Vermutungen angestellt haben. Im Anschluss erfolgt auch hier das Experiment mit der Knete, die so geformt werden soll, sodass sie schwimmen kann. Einen Hinweis darauf, warum die Knete sowohl schwimmen als auch sinken kann, erhalten die Schüler durch ein ähnliches Schaubild wie im Arbeitsheft „Forscher-Stars“ (siehe Abb. 4). Allerdings werden hier sowohl eine sinkende als auch eine schwimmende Knetform dargestellt. Dadurch wird deutlich, dass unter das Knetboot mehr kleine Pfeile gezeichnet werden können, die den Auftrieb symbolisieren. Zudem kann verdeutlicht werden, dass beide nach unten gerichteten Pfeile, die das Gewicht repräsentieren, gleich groß sind. Zudem ist für die Schüler ein kurzer Informationstext mit dem Titel „Warum schwimmen Schiffe?“ abgedruckt. Hierbei wird erklärt, dass sich das Gewicht von Schiffen und dessen Beladung auf eine große Fläche verteilt. Zudem wird folgende Information gegeben: „Leere Schiffe ragen höher aus dem Wasser als beladene Schiffe.“³⁹ Dieser Aspekt kann auch in dem vorgeschlagenen Experiment des dazugehörigen Arbeitsheftes⁴⁰ wiedergefunden werden. Hierbei sollen in einen Korken immer mehr Nägel gestochen werden bis er untergeht. Des Weiteren kann ebenfalls gesehen werden, dass der Korken bei weniger Nägeln noch mehr

³⁷ Drechsler-Köhler 2008; Drechsler-Köhler 2009c; Drechsler-Köhler 2009d; Drechsler-Köhler 2009e; Drechsler-Köhler 2011

³⁸ Drechsler-Köhler 2009a, S. 38f

³⁹ Drechsler-Köhler 2009a, S. 39

⁴⁰ Drechsler-Köhler 2009b, S. 18f

aus dem Wasser ragt als bei einer höheren Anzahl von eingestochenen Nägeln. Anschließend soll in das Glas des gesunkenen Korkens Salz hinzugegeben werden. Durch die veränderte Dichte der Flüssigkeit steigt der Korken wieder zur Wasseroberfläche. Allerdings wird den Schülern hier kein Hinweis darauf gegeben, warum die Schwimmfähigkeit von Gegenständen in unterschiedlichen Flüssigkeiten verschieden ist.

Abschließend soll noch ein Blick auf das Buch „Versuche im Sachunterricht der Grundschule. Über 80 spannende und kindgemäße Versuche zu einzelnen Phänomenen der Naturwissenschaft“⁴¹ geworfen werden. Es handelt sich hierbei um eine Sammlung von Experimenten. Auch für das Thema „Auftrieb“ werden insgesamt vier Versuche vorgeschlagen. Auffällig ist hierbei, dass alle Experimente auf verschiedene Lernziele hinarbeiten und den Schülern unterschiedliche Erklärungsansätze bieten, warum etwas schwimmt oder sinkt. Das erste Experiment „Schwimmende Nadel“⁴² verdeutlicht, dass Gegenstände durch die Oberflächenspannung des Wassers schwimmen können. Wie auch die meisten der anderen Schulbücher, wird auch in diesem Buch der Bau eines Knetbootes vorgeschlagen. Im Gegensatz zu „Bausteine“ und „Forscher-Stars“ erfolgt hier die Erklärung mithilfe des Archimedischen Prinzips: „Ein Boot verfügt über einen Hohlraum und verdrängt Wasser, und zwar genau so viel Wasser, wie es selber wiegt.“⁴³ Bei dem Experiment „Wasserkraft“⁴⁴ sollen die Kinder durch eine in Wasser getauchte Plastiktüte den Auftrieb spüren, ohne dass dieser Fachbegriff genannt wird: „Hier wirkt die Kraft, die auch Gegenstände schwimmen lässt. Diese Wasserkraft entsteht dadurch, dass die Hand, wenn sie ins Wasser gleitet, Wasser zur Seite schiebt (verdrängt). Das verdrängte Wasser drückt gegen die Plastiktüte.“⁴⁵ Das letzte vorgeschlagene Experiment „Rätselhafte Wasserstände“⁴⁶ geht darauf ein, dass ein schwimmender Körper immer weiter ins Wasser sinkt, je mehr er beladen wird. Gleichzeitig steigt auch der Wasserstand an.

⁴¹ Dröse, Weiß 2011, S. 20 - 26

⁴² ebd., S. 20

⁴³ ebd., S. 22

⁴⁴ ebd., S. 24

⁴⁵ ebd.

⁴⁶ ebd., S. 26

7.3. Fazit der vorgestellten Lehrwerke

Bei den Konzeptionen der einzelnen Bücher sind unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt. Darüber hinaus wird das Thema „Auftrieb“ mit verschiedenen Erklärungsmöglichkeiten aufgearbeitet.

Häufig können Aufgaben und Experimente wiedergefunden werden, mit dessen Hilfe das Archimedische Prinzip hergeleitet wird. Hierbei ist jedoch fraglich, ob Kinder im Grundschulalter bereits in der Lage sind, das Archimedische Prinzip vollumfänglich zu verstehen. Einerseits können Schüler sicherlich Erkenntnisse aus den entsprechenden Versuchen mitnehmen. Andererseits ist zu hinterfragen, ob Grundschüler durch das Erlernen des Archimedischen Prinzips auch das Schwimm- oder Sinkverhalten von weiteren Materialien oder Alltagsgegenständen erklären können.

Ebenfalls wiederzufinden ist das Konzept der Dichte. Auch hier ist fraglich, ob Grundschüler bereits in der Lage sind, dieses Konzept vollumfänglich zu verstehen. Denn die Dichte kann für die Schüler ein komplexes Konstrukt darstellen, da es sich um einen Quotienten aus Masse und Volumen handelt.

Darüber hinaus verbirgt sich hinter der Erarbeitung des Themas mithilfe des Archimedischen Prinzips und des Dichtekonzeptes noch eine weitere Problematik: Zwar können Vorhersagen getroffen werden welche Materialien oder Gegenstände schwimmen können, aber warum sie letztendlich schwimmen oder sinken, ist nur bedingt damit zu erklären.

Auch verschiedene Experimente sind in den einzelnen Büchern mehrmals vorhanden. Insbesondere der Versuch mit der Knete, die bei entsprechender Formung schwimmen bzw. sinken kann. Dieses Experiment ist sicherlich für Grundschüler geeignet. Es ist davon auszugehen, dass die Schüler auch entsprechende Knetformen herausfinden. Dennoch kann hierbei kritisiert werden, dass das Experiment in den Arbeitsheften und -büchern nicht zufriedenstellend reflektiert wird. Es ist somit zu erwarten, dass die Kinder zwar einerseits lernen, dass Knete sowohl schwimmen und auch sinken kann, aber warum das so ist, wird in den vorgestellten Materialien nur unzureichend dargestellt.

Mehrmals vorhanden ist auch der Vorschlag zum Bau von kleinen Booten mithilfe von Alltagsmaterialien. Einerseits können Erkenntnisse erlangt werden,

welche Materialien schwimmen und sich somit für den Bau eines Bootes eignen. Andererseits ermöglicht dieses Experiment den Schülern nur nicht, die physikalischen Hintergründe dafür zu verstehen.

Weiter wird in beiden vorgestellten Sachbüchern ein Experiment zum Kartesischen Taucher beschrieben, mit dessen Hilfe das Thema „Auftrieb“ erklärt werden soll. Kindern macht der Nachbau und das Ausprobieren dieses Experiments sicherlich viel Spaß. Abgesehen davon, dass in den dazugehörigen Sachtexten teilweise fachliche Inhalte fehlerhaft erklärt werden, ist jedoch fraglich, ob sie die physikalischen Hintergründe bereits nachvollziehen können. Denn um dieses komplexe Experiment verstehen zu können, sollten vorher bereits weitere physikalische Aspekte verstanden worden sein, z.B. was Auftrieb bedeutet.

Insgesamt ist zudem auffällig, dass in allen vorgestellten Büchern und Heften immer nur ein geringer Umfang zum Thema „Auftrieb“ wiederzufinden ist. Das ist sicherlich auch dem Umstand geschuldet, dass im Sachunterricht keine bestimmten Themen verpflichtend durchzuführen sind. Daher werden in den Büchern eine Fülle an Themen angeboten, zwischen denen Sachunterrichtslehrkräfte wählen können. Das hat aber wiederum zur Folge, dass durch die hohe Anzahl an Themen, diese immer nur kurz dargestellt werden können.

Durch die jeweils wenigen zur Verfügung stehenden Seiten für das Thema „Auftrieb“ in den einzelnen Büchern, sind wiederum verschiedene Probleme deutlich geworden. Oftmals werden die Experimente und Aufgaben nur aneinandergereiht und didaktisch nicht ausreichend eingebettet bzw. aufbereitet. Vielmehr kann häufig der Eindruck gewonnen werden, dass nur Bruchstücke von einzelnen Unterrichtsstunden abgedruckt wurden. Beispielsweise sind häufig zu wenige Informationen und Arbeitsmaterialien bei einzelnen Experimenten und Erklärungsversuchen zu beobachten. Zudem werden die physikalischen Zusammenhänge der einzelnen Experimente in den meisten Fällen nur unzureichend deutlich.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die dargestellten Arbeitsmaterialien für die Planung einer Unterrichtseinheit zum Thema „Auftrieb“ für Lehrkräfte

unzureichend sind. Wenn eine Lehrkraft nur diese Arbeitsmaterialien zur Verfügung hätte, wäre eine hohe Fachkompetenz gefordert. Beispielsweise müssten die exemplarischen Experimente in den Kontext einer Unterrichtseinheit eingebettet werden. Zudem müsste überlegt werden, wie die Sachtexte und Abbildungen in den Büchern zum Einsatz kommen, damit alle Schüler diese auch letztendlich verstehen.

Es zeigt sich, dass die Materialien kein zufriedenstellendes Grundgerüst für die Planung einer Unterrichtseinheit bieten. Lehrkräfte müssen zusätzlich viel Zeit aufwenden, um mithilfe der vorhandenen Materialien einen didaktisch fundierten Unterricht durchzuführen.

8. Aufbau der Unterrichtskonzeption

In den folgenden Kapiteln soll nun die erstellte Unterrichtskonzeption detailliert dargestellt werden. Insgesamt besteht die Unterrichtsreihe aus sechs Unterrichtseinheiten, die jeweils eine ungefähre Dauer von einer Doppelstunde haben.

Konzipiert wurde die Unterrichtsreihe für den Sachunterricht einer dritten oder vierten Klasse. Bei entsprechenden Anpassungen auf die Lerngruppe kann der Unterricht sicherlich auch schon in einer zweiten Klasse durchgeführt werden. Teilweise werden auch optionale Lernziele, Unterrichtseinheiten oder differenzierte Arbeitsblätter angeboten, damit Lehrkräfte ihren Unterricht leichter auf ihre jeweiligen Lerngruppen anpassen können.

Bei allen Unterrichtseinheiten steht ein handelnder Unterricht im Fokus. Insbesondere durch eine Vielzahl an Experimenten soll Wissen angeeignet, überprüft oder vertieft werden. Der damit verbundene hohe Aufforderungscharakter ermöglicht zudem die Schüler mit Freude und Interesse an dieses Thema heranzuführen. Zusätzlich soll erreicht werden, dass die Unterrichtsinhalte nachhaltig vermittelt werden.

Im Fokus der Arbeit steht die Vermittlung des Themas Auftrieb mithilfe des bereits vorgestellten Druckkonzeptes. Die Kernaussage dieses Konzeptes ist, dass Auftrieb entsteht, weil der Wasserdruck mit der Wassertiefe zunimmt. Dafür werden mit der Klasse die sogenannten „Druckkraftpfeile“, „Auftriebspfeile“ und „Gewichtskraftpfeile“ schrittweise eingeführt. Alle diese Pfeile symbolisieren letztendlich die entscheidenden Komponenten, die auf die

Schwimmfähigkeit eines Gegenstandes Einfluss haben. Daher wird ebenfalls erarbeitet wie diese Komponenten sich gegenseitig beeinflussen bzw. voneinander abhängen. Zusammenfassend können Schüler lernen warum etwas im Wasser schwimmt, steigt, schwebt, oder sinkt. Vorhersagen für bestimmte Gegenstände in Bezug auf die jeweilige Schwimmfähigkeit werden jedoch mit dem erarbeiteten Wissen nur bedingt ermöglicht. Darüber hinaus wird aufgrund der bisherigen Erkenntnisse und Ausführungen dieser Arbeit auf verschiedene Aspekte bzw. Konzepte nicht oder nur indirekt eingegangen. Dazu zählen z. B. das Archimedische Prinzip und das Dichtekonzept. Als optionale Unterrichtseinheiten für leistungsstarke Lerngruppen werden die fünfte Unterrichtseinheit „Die Wirkung der Fläche“ und die sechste Unterrichtseinheit „Der kartesische Taucher“ angeboten.

Im Folgenden werden für jede Unterrichtseinheit die Ziele benannt sowie ein didaktisch-methodischer Kommentar mit Sachdarstellung gegeben. Dadurch soll die jeweilige Unterrichtseinheit dargestellt und die getroffenen Entscheidungen bei der Konzipierung begründet werden. Die dazugehörigen Unterrichtsverlaufspläne in Stichpunkten, Arbeitsblätter und Materialbeschreibungen sind dem Anhang zu entnehmen. Die Konzipierung bzw. Überarbeitung dieser Unterrichtsreihe erfolgten auch mithilfe der Durchführung in einer vierten Klasse. Die Reflexion dieser Durchführung ist im neunten Kapitel dargestellt. Daraufhin habe ich einige Teile der Unterrichtsreihe überarbeitet. Im Folgenden ist nun bereits die optimierte Unterrichtskonzeption dargestellt und nicht die Ursprungsversion.

8.1. Einheit 1: Weshalb sinkt ein U-Boot nicht immer auf den Meeresgrund?

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen:

- selbstständig an Lernstationen Experimente durchführen.
- an jeder Lernstation ihre Beobachtungen und gewonnene Erkenntnisse mithilfe von Arbeitsblättern festhalten.

Durch die Einheit sollen folgende Kompetenzen erreicht werden:

- Die Schüler können das Gewicht eines Gegenstandes außerhalb und innerhalb des Wassers unterschiedlich wahrnehmen und dies benennen.

- Die Schüler erfahren, dass jeder Gegenstand im Wasser nach oben gedrückt wird.
- Die Schüler erlernen die Bezeichnung „Auftrieb“ für dieses Phänomen und können den Begriff fachlich und altersgemäß erläutern und anwenden.

Didaktisch-methodischer Kommentar und Sachdarstellung

Die Einheit „Weshalb sinkt ein U-Boot nicht immer auf den Meeresgrund?“ stellt die erste Unterrichtseinheit der gesamten Unterrichtsreihe zum Thema Auftrieb dar.

Das Thema der Unterrichtsreihe hat einen hohen Bezug zur Lebenswelt der Schüler. Jedes Kind hat bereits umfangreiche Erfahrungen gesammelt welche Gegenstände schwimmen und welche sinken. Das Spielen in der Badewanne, im Schwimmbad oder am Meer sind hierfür Beispiele. Von großem Interesse ist für die Kinder unter anderem auch die Frage, weshalb schwere Schiffe aus Eisen schwimmen können. Die Unterrichtsreihe zum Thema „Auftrieb“ im Wasser soll den Schülern nun ermöglichen ein Verständnis für die physikalischen Hintergründe zu entwickeln.

Als Unterrichtseinstieg wird ein stiller Impuls durchgeführt. Dafür werden den Schülern verschiedene Bilder von U-Booten gezeigt. Mit dabei sind Bilder von untergetauchten und aufgetauchten U-Booten. Ein Bild mit Menschen, die auf einem aufgetauchten U-Boot stehen, kann dabei helfen die Größenverhältnisse eines U-Bootes besser einzuschätzen. Zunächst sollen die Schüler beschreiben, was sie auf den Bildern sehen. Die Aufforderung, dass die Bilder in eine für die Klasse sinnergebende Reigenfolge bringen sollen, kann den Kindern bei der nächsten Aufgabe helfen. Denn im Anschluss sollen die Schüler Fragen formulieren, die durch die gezeigten Bilder entstehen oder schon vorher vorhanden waren. Durch diese methodische Vorgehensweise kann Vorwissen der Schüler aktiviert werden. Zudem sollen die Schüler dazu angeregt werden naturwissenschaftliche Erscheinungsformen zu hinterfragen. Die Frage: „Warum geht ein schweres U-Boot nicht immer unter?“ kann als zentrale Frage für die Unterrichtsreihe herausgegriffen werden. Die Beantwortung dieser und weiterer Fragen soll im Verlauf der Unterrichtsreihe erreicht werden. Dies ermöglicht, dass das Thema nicht nur aus physikalischer Sicht betrachtet wird, sondern zusätzlich einen lebensweltlichen Bezug aufweist.

Als erster Schritt für ein Verständnis des komplexen Themas „Auftrieb“ soll in dieser Unterrichtseinheit mithilfe von Experimenten herausgefunden werden, welche Kraft Wasser auf eingetauchte Gegenstände ausübt, vor allem in welche Richtung sie insgesamt ausgeübt wird. Hierfür werden insgesamt fünf Experimente vorgeschlagen. Die Experimente können als Lernstationen oder als Demonstrationsversuche durchgeführt werden. Gemischte Varianten sind ebenfalls denkbar. Als besonders empfehlenswert hat sich folgende methodische Vorgehensweise erwiesen: Jedes Experiment befindet sich an einem Gruppentisch, welches von der jeweiligen Gruppe gemeinsam durchgeführt wird. Dies fördert insbesondere die sozialen Kompetenzen der Schüler, da sie beim Experimentieren miteinander kooperieren und so zu einer gemeinsamen Lösung gelangen können. Der Wechsel der Gruppentische bzw. der Experimente erfolgt gruppenweise und gleichzeitig. Das ermöglicht ein besseres Zeitmanagement während der Stunde.

Im Vordergrund steht bei allen Experimenten, dass Gegenstände im Wasser scheinbar leichter werden. Im Idealfall finden die Schüler selbstständig heraus, dass das Wasser Gegenstände nach oben drückt, bzw. eine nach oben gerichtete Kraft auf Gegenstände ausübt. Als Hilfestellung sind für die Schüler bei jedem Experiment jeweils ein Arbeitsblatt vorbereitet. Zum einen dienen die Arbeitsblätter der Ergebnissicherung. Zum anderen können damit weitere Denkprozesse für die physikalischen Hintergründe der jeweiligen Experimente angeregt werden.

Im Folgenden soll nun auf die einzelnen Experimente eingegangen werden:

Bei dem Experiment „Schwerer Köder an der Angel“ wird ein Gegenstand an einer Angel befestigt. Im Anschluss wird dieser ins Wasser eingetaucht (siehe Abb. 5). Ziel dieses Experiments ist, dass die Kinder spüren, dass das Gewicht des Gegenstandes im Wasser deutlich leichter wird. Um dies für die Schüler auch besonders spürbar werden zu lassen, wird den Lehrkräften empfohlen einen

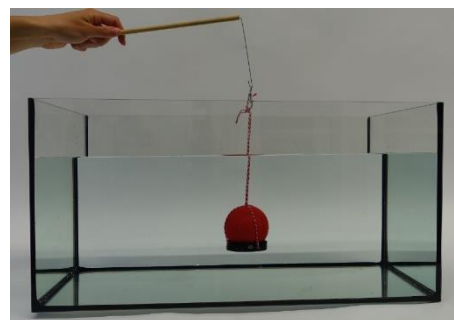


Abb. 5: Experiment „Schwerer Köder an der Angel“

verhältnismäßig schweren Gegenstand zu nutzen. Eine weitere Empfehlung ist die Halterung einer Kinderlaterne zu verwenden. Eine solche Halterung für eine Laterne ist sicherlich in mindestens einem Haushalt der Schüler vorhanden und kann für diesen Zweck mit in die Schule gebracht werden. So kann der Materialaufwand für die Lehrkraft gering gehalten werden. Außerdem müsste so keine Angel oder Ähnliches gebaut oder gekauft werden. Auf dem dazugehörigen Arbeitsblatt A1.1 (siehe S. 94) ist neben der Beschreibung des Experiments nur folgende Frage formuliert: „Wie verändert sich das Gewicht des Gegenstandes, wenn er ins Wasser eingetaucht wurde?“ Mit dieser Frage soll sichergestellt werden, dass die Kinder auf diesen Aspekt achten und diesen protokollieren. Eine Alternative ist zusätzlich danach zu fragen, welcher Unterschied gespürt werden kann, wenn der Gegenstand halb bzw. komplett eingetaucht ist. Das würde aber wiederum die Wahl des Gegenstandes für die Lehrkraft einschränken. Denn nicht bei allen Gegenständen ist dies eindeutig zu spüren.

In Bezug auf die Stundenziele sollen die Schüler bei dem Experiment „Stein am Gummiband“ (siehe Abb. 6) zum einen untersuchen, dass der Stein durch die Auftriebskraft beim Eintauchen ins Wasser leichter wird. Zum anderen soll beobachtet werden, dass das Gummiband gleichzeitig kürzer wird. Alternativ könnten natürlich auch andere

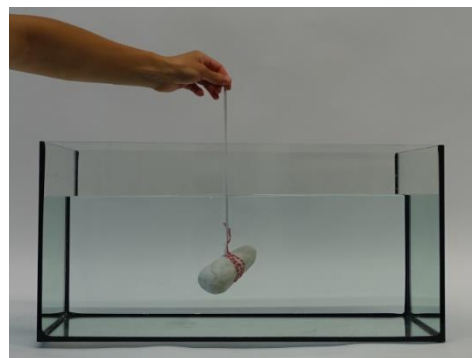


Abb. 6: Experiment „Stein am Gummiband“

Gegenstände an dem Gummiband befestigt werden. Steine sind jedoch in unterschiedlicher Größe und Gewicht leicht erhältlich bzw. im Alltag zu finden und stellt somit auch einen Bezug zur Lebenswelt der Schüler dar. Bei dieser Station stehen zwei verschiedene Arbeitsblätter zur Auswahl. Auf dem Arbeitsblatt A1.2 (siehe S. 95) müssen die Schüler ihre Beobachtungen ankreuzen und zwei Sätze vervollständigen. Auf dem Arbeitsblatt A1.3 (siehe S. 96) sollen die Schüler in eigenen Worten die Fragen beantworten. Im Optimalfall werden bei beiden Arbeitsblättern die gleichen Aspekte protokolliert. Bei der Wahl der Arbeitsblätter ist es die Aufgabe der Lehrkraft zu entscheiden, welches

Arbeitsblatt für das jeweilige Kind bzw. die jeweilige Lerngruppe geeignet ist und stellen hier die Möglichkeit einer Differenzierung dar.

Bei dem Experiment „Bälle im Wasser“ werden den Schülern unterschiedlich große schwimmende Bälle zum Experimentieren zur Verfügung gestellt. Die Schüler werden aufgefordert die Bälle unter Wasser zu drücken und sie im Anschluss zu vergleichen. Bei allen anderen Schülerexperimenten soll den Schülern auffallen, dass alles im Wasser leichter wird. Bei diesem Experiment soll den Schülern ein erster Hinweis darauf gegeben werden warum das so ist. Denn hier geht es nicht darum, dass sich etwas leichter anfühlt, sondern, dass das Wasser Gegenstände nach oben drückt. Denn die Schüler müssen Kraft aufwenden, um die Bälle unter Wasser zu halten. Besonders deutlich wird dies bei einem großen Ball, z.B. einem Basketball. Dadurch können die Kinder auch herausfinden, dass die großen Bälle, im Vergleich zu den kleineren, sehr viel schwerer unter Wasser zu drücken sind - bedingt durch die größere Fläche, auf die das Wasser Druck ausübt. Allerdings ist nicht zu erwarten, dass die Schüler durch dieses Experiment allein erarbeiten, dass das Wasser alle Körper nach oben drückt. Dieses Experiment kann den Schülern vielmehr im Plenum einen Denkanstoß geben, warum sich das Gewicht eines Gegenstandes im Wasser leichter anfühlt.

Auch bei diesem Experiment stehen wieder zwei Arbeitsblätter zur Verfügung. Auf dem vermeintlich schwierigeren Arbeitsblatt A1.5 (siehe S. 98) ist folgender Arbeitsauftrag formuliert: „Was ist dir aufgefallen? Schreibe deine Beobachtungen auf.“ Durch das freie Beobachten und Formulieren wird ermöglicht mehr Aspekte zu protokollieren. Beispielsweise könnte auch beobachtet werden, dass der Wasserstand bei den größeren Bällen stärker ansteigt, wenn diese nach unten gedrückt werden. Für manche Schüler ist ein solcher Arbeitsauftrag sinnvoll. Für Schüler, denen das freie Antworten noch schwerfällt, steht das Arbeitsblatt A1.4 (siehe S. 97) zur Verfügung. Auch hier liegt es in der Entscheidung der Lehrkraft welches Kind welches Arbeitsblatt bearbeiten sollte.

Wie schon angedeutet soll auch bei dem Experiment „Wasserflaschen“ gespürt werden, dass sich das Gewicht von Gegenständen im Wasser verringert. Dafür werden zwei gleich große Flaschen mit Wasser gefüllt. Eine Flasche wird in einen Eimer mit Wasser gestellt, die andere daneben. Anschließend werden beide hochgehoben (siehe Abb. 7). Hier kann beobachtet werden, dass sich die Flasche in

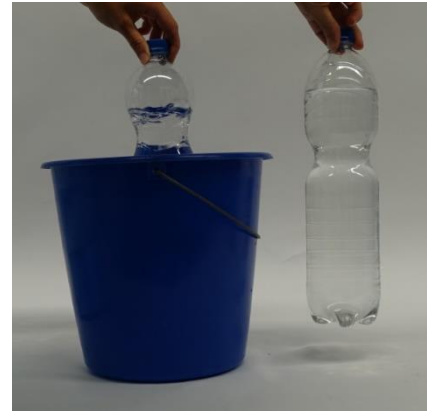


Abb. 7: Die Wasserflasche im Eimer ist leichter hochzuheben.

dem Eimer deutlich leichter anheben lässt. Parallel zu dem Experiment stehen den Schülern die Arbeitsblätter A1.6 (siehe S. 99) und A1.7 (siehe S. 100) zur Verfügung, zwischen denen gewählt wird. Da die Durchführung dieses Experiments in der Regel weniger Zeit in Anspruch nimmt als die anderen Experimente, sind auf beiden Arbeitsblättern zum Schluss die Fragen „Warum ist das so? Was vermutest du?“ gestellt. Das gibt den Schülern die Gelegenheit ihre bisherigen Beobachtungen zu reflektieren und erste Überlegungen anzustellen, die in der Reflexionsphase aufgegriffen werden können.

Für das letzte Experiment wird eine Balkenwaage benötigt. Je nach Anzahl der vorhandenen Balkenwaagen in der Schule und deren Beschaffenheit sollte überlegt werden, ob dieses Experiment als Schülerexperiment oder als Demonstrationsexperiment von der Lehrkraft durchgeführt wird. Zunächst werden zwei gleich schwere Gegenstände an jeweils ein Ende der Balkenwaage gehängt, sodass sich diese im Gleichgewicht befindet (siehe Abb. 8). Im Anschluss wird ein Gegenstand in eine Schüssel mit Wasser eingetaucht. Die Balkenwaage befindet sich nun nicht mehr im Gleichgewicht (siehe Abb. 9). Das Wasser drückt den Gegenstand nach oben und wird somit leichter. Für dieses Experiment ist das Arbeitsblatt A1.8 (siehe S. 101) vorgesehen. Darauf sollen die Schüler eine Skizze der Balkenwaage vervollständigen. Dadurch werden die Beobachtungen des Experiments bildlich protokolliert.

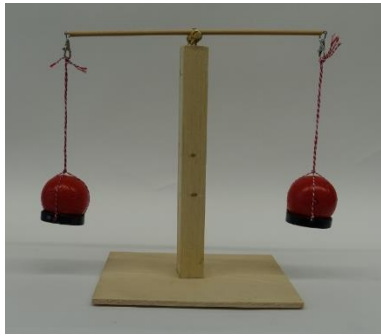


Abb. 8: Die Balkenwaage befindet sich im Gleichgewicht: Die Kugeln sind gleich schwer.

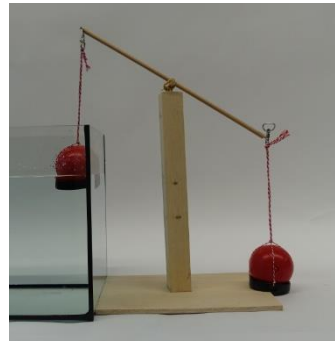


Abb. 9: Das Wasser drückt die Kugel nach oben. Die Kugel im Wasser wird leichter.

Als Unterrichtsabschluss sollten im Plenum einzelne Ergebnisse der Experimente besprochen werden. Dabei sollten insbesondere die Lernziele herausgearbeitet werden. Sinnvoll ist hierbei die physikalischen Erkenntnisse auf einem Merkplakat festzuhalten und in der Klasse aufzuhängen. Dadurch kann auch in späteren Unterrichtseinheiten leicht darauf zurückgegriffen werden. Abschließend sollte das erworbene Wissen dieser Unterrichtsstunde auf die anfängliche Frage „Warum geht ein schweres U-Boot nicht unter?“ angewendet werden. Eine umfängliche Antwort kann hierbei natürlich noch nicht erreicht werden. Die weiteren Unterrichtseinheiten sollen einer angemessenen Antwort immer näherkommen.

8.2. Einheit 2: Das Wasser übt Kräfte aus

Ziele der Einheit

Die Schüler können:

- anhand eines Experiments im Plenum erarbeiten, dass...
 - auf einen in Wasser eingetauchten Körper Wasser von allen Seiten drückt.
 - die Kraft, mit der das Wasser gegen den Körper drückt, mit der Eintauchtiefe zunimmt.
- selbstständig an Lernstationen Experimente durchführen.
- an jeder Lernstation ihre Beobachtungen und Erkenntnisse mithilfe von Arbeitsblättern festhalten.
- die gewonnenen Erkenntnisse aus den Experimenten im Plenum in den Experimenten der Lernstationen wiedererkennen.

Didaktisch-methodischer Kommentar und Sachdarstellung

Die Einheit „Das Wasser übt Kräfte aus“ stellt die zweite Unterrichtseinheit der gesamten Unterrichtsreihe zum Thema Auftrieb dar.

Der vorgeschlagene Unterrichtsverlaufsplan sieht es vor, dass die fachliche Auflösung der Inhalte gleich zu Beginn der Stunde im Plenum anhand von zwei Experimenten erarbeitet werden. Die so gewonnenen Erkenntnisse sollen im Anschluss an Lernstationen wiedererkannt und angewendet werden.

Das Experiment zu Beginn nennt sich „Membran am Flaschenboden“. Dabei wird eine Flasche ins Wasser eingetaucht, deren Flaschenboden durch eine elastische Membran ersetzt ist. Je tiefer die Flasche eingetaucht wird, desto mehr wölbt sich die Membran nach innen (siehe Abb. 10). Anhand dieses Experiments sollen die Schüler wiederholen, dass Wasser auf die Unterseite von eingetauchten Gegenständen eine nach oben gerichtete Kraft ausübt. Darüber hinaus soll erkannt werden, dass die Kraft, mit der das Wasser



Abb. 10: Die Membran der linken Flasche wölbt sich stärker nach innen.

gegen den Körper drückt, mit der Eintauchtiefe zunimmt. Hierbei werden die „Druckkraftpfeile“ mithilfe von Skizzen des Experiments eingeführt (siehe Abb. 11). Die Druckkraftpfeile sollen symbolisieren welche Kraft das Wasser auf Gegenstände ausübt. Je tiefer sich ein Gegenstand im Wasser befindet, desto länger muss auch der eingezeichnete Druckkraftpfeil sein. Dies ergibt sich aufgrund des proportionalen Verhältnisses zwischen der Druckkraft des Wassers und der Eintauchtiefe. Für die Einführung der Druckkraftpfeile sollte sich die Lehrkraft genügend Zeit nehmen, da diese elementare Hilfsmittel der gesamten Unterrichtsreihe sind und immer wieder darauf zurückgegriffen wird.

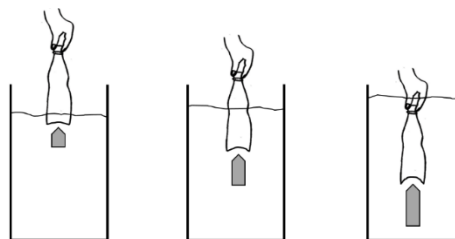


Abb. 11: Je tiefer die Flasche ins Wasser eingetaucht wird, desto stärker wölbt sich die Membran nach innen.

Zu beachten ist jedoch, dass das Wasser nicht nur gegen die Unterseite von eingetauchten Gegenständen drückt, sondern gegen alle Seiten. Um die Schüler schrittweise daran heranzuführen, empfiehlt es sich, die einzelnen Aspekte getrennt zu betrachten. Das folgende Experiment „Druckdose“ verdeutlicht im Zusammenhang weitere physikalische Aspekte. Dafür wird bei einer Plastikflasche sowohl der Flaschenboden als auch der Flaschenhals durch eine Membran ersetzt und senkrecht ins Wasser eingetaucht (siehe Abb. 12). Zu erkennen ist



Abb. 12: Druckdose in senkrechter Position

hierbei, dass sich nicht nur die untere Membran nach innen wölbt, sondern auch die obere Membran vom Wasser in die Flasche hineingedrückt wird. Dabei sollen die Schüler in einem ersten Schritt erkennen, dass das Wasser auf eingetauchte Körper auch eine Kraft von oben ausübt. Hieraus kann abgeleitet werden, dass das Wasser einen Gegenstand nicht nur nach oben drückt, sondern auch eine nach unten gerichtete Kraft auf einen Körper ausübt. Die Kraft von oben auf den Gegenstand ist allerdings geringer als die Kraft, die von unten auf den Gegenstand ausgeübt wird. Das kann daran erkannt werden, dass die untere Membran stärker nach innen gedrückt wird als die obere. Zur Visualisierung werden Skizzen der Druckdose mit Druckkraftpfeilen von oben und von unten an die Tafel angezeichnet (siehe Abb. 13). Hierbei ist darauf zu achten, dass der obere Pfeil stets kürzer ist als der untere Druckkraftpfeil.

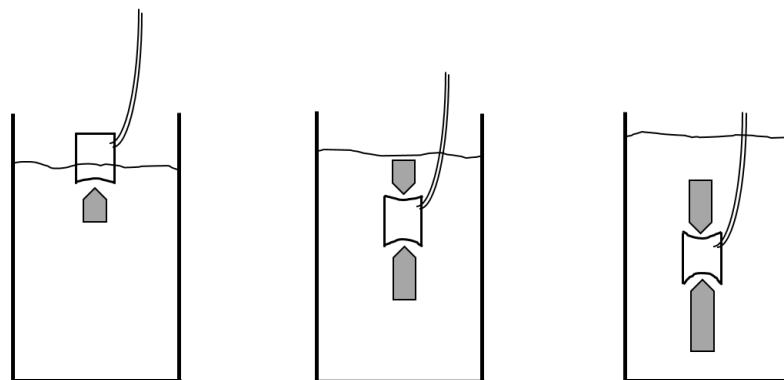


Abb. 13: Skizzen der Druckdose in senkrechter Position mit Druckkraftpfeilen

Im nächsten Schritt wird die Druckdose in waagerechter Position ins Wasser eingetaucht. Hierbei kann beobachtet werden, dass sich die beiden Membranen gleich stark nach innen wölben (siehe Abb. 14). Denn auf die Seiten eines Gegenstandes übt Wasser immer gleich große, aber entgegengesetzte Kräfte aus. Um später den Auftrieb eines Gegenstandes zu bestimmen, kann somit auf die Betrachtung der Seiten verzichtet werden, da sich hier die wirkenden Kräfte gegenseitig ausgleichen. Zur Visualisierung des Experiments und Einübung der Druckkraftpfeile werden auch von diesem Experiment Skizzen an der Tafel angefertigt (siehe Abb. 15).

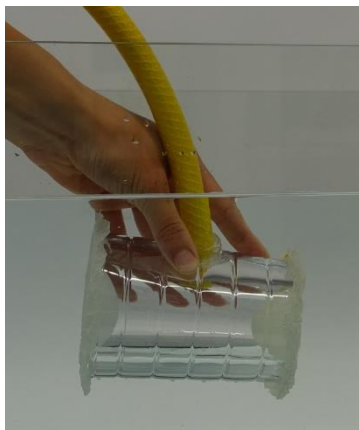


Abb. 14: Druckdose in waagerechter Position

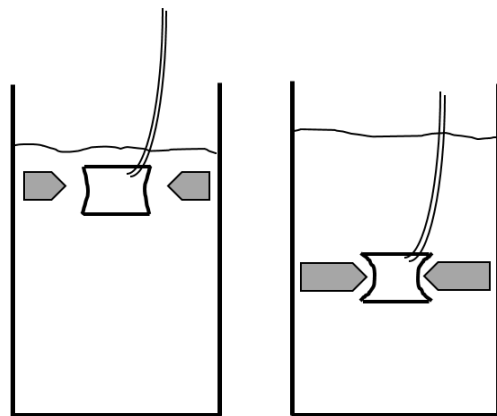


Abb. 15: Skizzen der Druckdose in waagerechter Position mit Druckkraftpfeilen

Alternativ zur eben beschriebenen Druckdose kann eine Druckdose mit vier Membranen genutzt werden. Hierfür wird eine durchsichtige und wasserdichte Brotdose genutzt und an jeder der vier Seiten eine Membran angebracht. Diese Druckdose hat den Vorteil, dass die Schüler die Wölbungen der Membranen bei allen vier Seiten gleichzeitig sehen und vergleichen können. Im Gegensatz zur vereinfachten Druckdose kann die Betrachtung der Seiten somit in einem Schritt erfolgen (siehe Abb. 16). Als Nachteil kann jedoch gesehen werden, dass der Bau dieser Dose einen erhöhten Arbeitsaufwand darstellt.

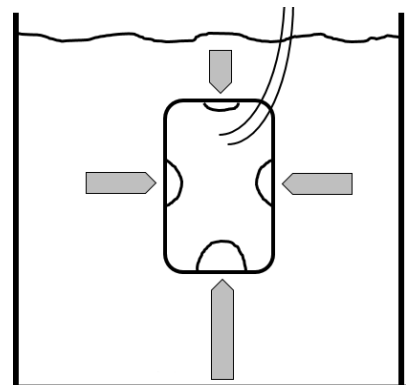


Abb. 16: Skizzen einer Druckdose mit vier Membranen

Im Anschluss an beide Experimente werden die Lernziele der Stunde aus den gewonnenen Erkenntnissen zusammengefasst. Empfehlenswert ist die Anfertigung eines Merkplakates, das in der Klasse für den Zeitraum der Unterrichtsreihe aufgehängt wird. Zur besseren Visualisierung sollten zusätzlich zu den Merksätzen die angefertigten Skizzen der Experimente und die dazugehörigen Druckkraftpfeile beigelegt werden. Die jeweiligen Skizzen können auch durch die Lehrkräfte ausgedruckt werden, um eine höhere Genauigkeit zu erlangen und Zeit zu sparen (siehe S. 111f).

Im nächsten Schritt werden den Schülern vier verschiedene Experimente angeboten. Diese können als Lernstationen oder als Demonstrationsversuche durchgeführt werden. In allen Experimenten sollen die zuvor erarbeiteten Erkenntnisse überprüft und bestätigt werden. Zu jedem der vier Experimente gibt es jeweils ein Arbeitsblatt, auf dem die Durchführung des Experiments beschrieben ist. Zudem werden Aufgaben gestellt, mit deren Hilfe die Schüler ihre Beobachtungen dokumentieren und reflektieren können.

Bei dem Experiment „Plastikhandschuh“ ziehen die Schüler jeweils einen Plastikhandschuh an. Anschließend sollen die Schüler ihre Hand in Wasser eintauchen. Hierbei kann beobachtet und gespürt werden, dass sich der Handschuh an die Hand andrückt. Der Aspekt, dass Wasser von allen Seiten drückt, wird durch dieses Experiment besonders deutlich. Schwierigkeiten können bei dem Experiment auftreten, wenn die Öffnung des Plastikhandschuhs auch unter Wasser getaucht wird. Dann kann Wasser in



Abb. 17: Der Plastikhandschuh wird von allen Seiten an die Hand gedrückt.

den Handschuh laufen und das Plastik würde sich nicht mehr an die Haut drücken. Dies kann verhindert werden, indem zuvor im Plenum darauf hingewiesen wird. Zudem ist es empfehlenswert, wenn den Schülern besonders große Plastikhandschuhe zur Verfügung gestellt werden. Dadurch werden die Ergebnisse besonders deutlich. Auf dem dazugehörigen Arbeitsblatt A2.1 (siehe

S. 113) sollen die Schüler u.a. ihre Hand mit dem Plastikhandschuh einzeichnen. Es ist zu erwarten, dass es einigen Schülern Schwierigkeiten bereiten wird einen Plastikhandschuh zu malen, der sich an die Haut drückt. Daher sollte der Fokus der Lehrkräfte darauf liegen, dass die Druckkraftpfeile richtig eingezeichnet werden: von allen Seiten und mit zunehmender Tiefe größer werdend.

Für das Experiment „Wasserfontäne“ wird eine Plastikflasche mit einem kleinen Loch im Flaschenboden senkrecht in ein Wassergefäß eingetaucht. Beim Eintauchen entsteht im Innern der Flasche eine kleine Wasserfontäne (siehe Abb. 18). Je tiefer die Flasche eingetaucht wird, desto größer wird die Fontäne. Das liegt daran, dass die Kraft, die das Wasser auf die Flasche ausübt, mit der Eintauchtiefe zunimmt. Parallel zu dem Experiment bearbeiten die Schüler das Experiment A2.3 (siehe S. 115). Für die Protokollierung des Experiments sollen die Schüler Wasserfontänen in drei unterschiedlich tief eingetauchte Flaschen einzeichnen. Um den Schülern bereits hier eine Hilfestellung für die zweite Aufgabe „Warum ist das so? Was vermutest du?“ zu geben, sollen die Schüler in die Skizzen zusätzlich Druckkraftpfeile in der richtigen Länge einzeichnen.



Abb. 18: Im Innern der Flasche entsteht eine kleine Fontäne.

Bei dem Experiment „Wasserstrahlen“ wird eine Plastikflasche mit drei übereinanderliegenden Löchern benötigt. Die Flasche wird mit Wasser gefüllt und aufrecht über ein Wasserbecken gehalten. Aus den Löchern treten daraufhin Wasserstrahlen (siehe Abb. 19). Durch die unterschiedlichen Druckverhältnisse in der Flasche sind die Wasserstrahlen unterschiedlich stark ausgeprägt. Je weiter unten das Loch liegt, desto weiter geht dessen Wasserstrahl. Auf



Abb. 19: Die drei Wasserstrahlen sind unterschiedlich stark ausgeprägt.

dem Arbeitsblatt A2.4 (siehe S. 116) sollen die Schüler in einer Aufgabe die Wasserstrahlen und drei Druckkraftpfeile in der Nähe der Löcher einzeichnen. Hier gibt es verschiedene Lösungsmöglichkeiten. Die Druckkraftpfeile können seitlich, von oben oder von unten auf die Löcher zeigen, denn das Wasser drückt von allen Seiten gegen den Flaschenrand. Bei allen Lösungsvarianten sollte jedoch darauf geachtet werden, dass die Größe der Druckkraftpfeile mit der Tiefe zunimmt.

Für das Experiment „Luftballon mit Wasser“ wird ein Luftballon mit Wasser gefüllt. Anschließend wird ein durchsichtiges Rohr in die Öffnung des Luftballons gesteckt und mit einem Haushaltsgummi befestigt. Der Luftballon wird anschließend langsam und immer tiefer ins Wasser eingetaucht. Je tiefer der Luftballon eingetaucht wird, desto mehr zieht er sich zusammen. Deutlich wird dies auch daran, dass der Wasserstand im Rohr

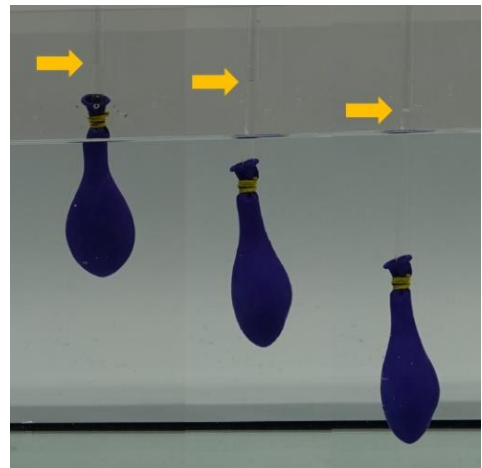


Abb. 20: Die Form des Luftballons und der Wasserstand im Rohr ändern sich mit der Wassertiefe.

ansteigt (siehe gelbe Pfeile der Abb. 20). Beide Lernziele der Stunde („Wasser drückt von allen Seiten auf einen eingetauchten Körper.“ und „Die Kraft, mit der das Wasser gegen den Körper drückt, nimmt mit der Eintauchtiefe zu“) können somit bei diesem Experiment gut beobachtet werden. Das dazugehörige Arbeitsblatt A2.5 (siehe S. 117) fordert die Schüler in der ersten Aufgabe zunächst selbst auf, zu beobachten, was sich verändert. Damit aber alle Schüler letztendlich die relevanten Aspekte beobachten und protokollieren, sollen die Schüler in der nächsten Aufgabe in den vorgefertigten Skizzen die Form des Luftballons und den Wasserstand im Rohr einzeichnen. Die Einzeichnung der Druckkraftpfeile soll auch hier den Schülern helfen ihre Beobachtungen aus physikalischer Sicht zu verstehen.

Abschließend ist im Plenum eine gemeinsame Reflexion vorgesehen. Die einzelnen Ergebnisse der Experimente werden besprochen. Bei Bedarf können

auch einzelne Experimente noch einmal als Demonstrationsversuch durchgeführt werden. Hierbei sollten die Beobachtungen und Ergebnisse auch immer in Bezug zu den bereits erarbeiteten Lernzielen gesetzt werden. Diese werden somit wiederholt und in konkreten Situationen angewendet.

8.3. Einheit 3: Wie entsteht die Auftriebskraft?

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen:

- mithilfe der Arbeit an einem „Meeresplakat“ und der dazugehörigen Druck- und Auftriebspfeile lernen, dass...
 - Wasser von allen Seiten auf einen untergetauchten Gegenstand drückt. Aber auf die Unterseite drückt es stärker nach oben als auf die Oberseite nach unten. Dadurch bleibt eine Kraft nach oben übrig, Auftriebskraft genannt (oder abgekürzt: Auftrieb).
 - sich die Druckkräfte auf die Seiten des Gegenstandes aufheben.

Didaktisch-methodischer Kommentar und Sachdarstellung

Die Einheit „Wie entsteht die Auftriebskraft?“ stellt die dritte Unterrichtseinheit der gesamten Unterrichtsreihe zum Thema Auftrieb dar.

Zu Beginn der Stunde werden im Plenum die Erkenntnisse der letzten Stunde wiederholt. Diese sind Grundvoraussetzung für diese Unterrichtseinheit. Dafür werden unvollständige Skizzen der Druckdose an die Tafel gehängt (KV3.1, siehe S. 125f). Die Schüler sollen im Anschluss die Wölbung der Membranen sowie die dazugehörigen Druckkraftpfeile einzeichnen.

Falls die Druckdose mit vier Membranen nicht gebaut wurde, sollte hier mithilfe einer Skizze die zu erwartende Wölbung der Membranen besprochen werden, da diese später mit einer kleineren theoretischen Druckdose verglichen werden soll. Die Lernziele der letzten Unterrichtseinheit „Wasser drückt von allen Seiten“, „Die Druckkraft nimmt mit der Wassertiefe zu“ und „Auf die Seiten eines Gegenstandes wird gleich stark gedrückt“ sollten dabei noch einmal explizit erarbeitet bzw. wiederholt werden.

Im nächsten Schritt sollen die Erkenntnisse in einem theoretischen Experiment angewendet und gleichzeitig überprüft werden. Dafür wird eine Skizze einer

halbgroßen bzw. quadratischen Druckdose an die Tafel gezeichnet und durch die Schüler vervollständigt. Hierbei müssen die Druckkraftpfeile und Membranen in der Mitte und unten kleiner sein als bei der Skizze der größeren Druckdose (siehe Abb. 21).

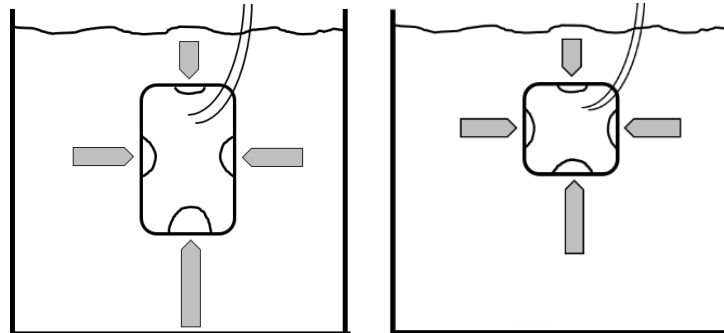


Abb. 21: Eine große Druckdose im Vergleich zu einer halb so großen Druckdose

Ziel der anschließenden Unterrichtsfrequenz ist den Auftriebspfeil einzuführen. Dieser ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Druckkraftpfeil von unten und dem Druckkraftpfeil von oben eines eingetauchten Körpers. Mit den Schülern soll diese Gesetzmäßigkeit erarbeitet werden indem die Druckdose mit dem größeren Abstand der beiden Membranen mit der Dose mit kürzerem Abstand zwischen den beiden Membranen verglichen wird. Hierbei eignet sich die Frage: „Welche Druckdose wird stärker nach oben gedrückt?“. Einerseits erfahren beide Druckdosen eine gleich starke nach unten gerichtete Kraft auf die obere Seite. Andererseits wird die größere Dose aufgrund der größeren Eintauchtiefe stärker als die kleinere Druckdose nach oben gedrückt. Daher wäre hier die richtige Antwort, dass die größere Druckdose stärker nach oben gedrückt wird bzw. die Auftriebskraft größer ist. Dadurch erfahren die Schüler zum einen, dass der Auftrieb eines Gegenstandes von der Größe abhängig ist. Zum anderen stellt dieser Schritt eine Überleitung zur nächsten Unterrichtssequenz dar.

Anschließend soll erarbeitet werden, wie die unterschiedlichen Auftriebskräfte auf einen Blick dargestellt werden können. Die beiden Druckkraftpfeile, die die Druckkraft des Wassers von oben und unten auf den eingetauchten Körper symbolisieren, werden dafür nebeneinander gehängt. Die Spitze des größeren Pfeils und der Anfang des kleineren Pfeils werden dafür auf einer Höhe befestigt (siehe Abb. 22). Unterhalb des kleineren Druckkraftpfeils wird anschließend der Auftriebspfeil eingezeichnet. Eine einheitliche farbliche Abgrenzung der

Druckkraftpfeile und des Auftriebspfeils ist dabei zur besseren Darstellung und Visualisierung sinnvoll. Bei den angebotenen Arbeitsblättern wurde durchweg die Farbe Gelb für den Auftriebspfeil und Grau für die Druckkraftpfeile verwendet. In der Klasse soll dieses Vorgehen für beide Druckdosen erfolgen. Daraus ergibt sich, dass der Auftriebspfeil der größeren Druckdose länger ist als bei der kleineren Druckdose. Somit können die Kinder beobachten, dass bei der größeren Druckdose eine größere Auftriebskraft vorliegt.

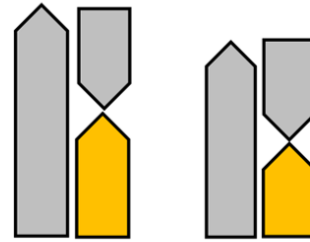


Abb. 22: Druckkraftpfeile und Auftriebspfeil der großen Druckdose (links) und der kleinen Druckdose (rechts)

Dieses systematische Vorgehen soll weiter mit der Klasse geübt und vertieft werden. Dafür wird an die Tafel ein großes Meeresplakat in Hochformat gehängt (siehe Abb. 23). Im oberen Viertel des Plakates ist eine Landschaft und der Himmel eingezeichnet. Für die Arbeit mit dem Plakat hat dieser Bereich keine Relevanz. Der restliche Teil des Plakates stellt das Meer dar. Das Meer ist unterteilt in sechs

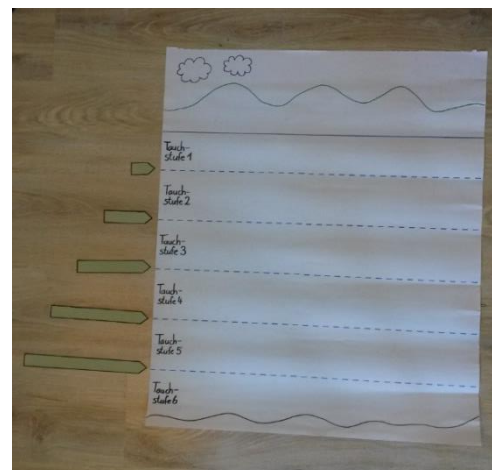


Abb. 23: Meeresplakat für die Tafel mit dazugehörigen Druckkraftpfeilen

gleichgroße „Tauchstufen“. Die Tauchstufen sind durch parallele gestrichelte Linien voneinander abgetrennt. Diese sollen die Tiefe des Meeres in Bereiche einteilen, um später systematisch darzustellen, dass der Druck im Wasser mit der Wassertiefe zunimmt. Selbstverständlich nimmt der Druck im Wasser gleichmäßig und nicht stufenweise zu. Dies dient lediglich der systematischen Arbeit mit den Druckkraftpfeilen. Der genannte Aufbau wird mit der Klasse gemeinsam besprochen. Im Anschluss werden fünf unterschiedlich lange Druckkraftpfeile an die Tafel gehängt. Die Schüler bekommen die Aufgabe die Pfeile den richtigen Stellen des Plakates zuzuordnen. Letztendlich sollen die Pfeile waagerecht neben das Plakat gehängt werden. Der kleinste Pfeil soll

zwischen der ersten und der zweiten Tauchstufe platziert werden bzw. auf die gestrichelte Linie zeigen. Der größte Pfeil wird dementsprechend zwischen die fünfte und sechste Tauchstufe gehängt. Durch die gleichen Abstände zwischen den Tauchstufen und den proportional größer werdenden Druckkraftpfeilen kann der daraus resultierende Auftrieb von verschiedenen Körpern besser miteinander verglichen werden. Zusätzlich kann auch der Auftrieb von demselben Gegenstand in Abhängigkeit von der Eintauchtiefe untersucht und besser visualisiert werden. Dadurch kann herausgefunden werden, dass der Auftrieb von demselben Körper in jeder Tiefe gleich groß ist, was als zusätzliches Lernziel der Stunde formuliert wurde.

Im Anschluss sollen an dem Plakat verschiedene Tauchsituationen durchgespielt werden (siehe Abb. 24). Dafür wird wieder die Thematik des U-Bootes aufgegriffen. Dafür wird ein ausgeschnittenes U-Boot auf eine Tauchstufe gelegt. Dabei ist darauf zu achten, dass das U-Boot die gleiche Höhe hat wie eine Tauchstufe. Danach werden die dazugehörigen Druckkraftpfeile für die obere und untere Seite des U-Bootes ermittelt. Diese ergeben sich aus den Druckkraftpfeilen, die an der Seite des Plakates hängen. Um die Länge

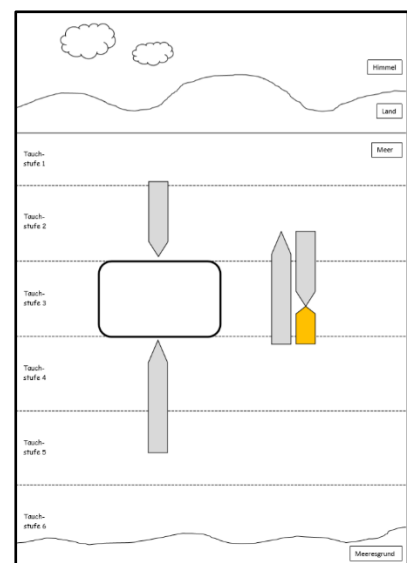


Abb. 24: Beispiel einer Tauchsituation

des Auftriebspfeils herauszufinden, werden nun die beiden ausgewählten Druckkraftpfeile nebeneinandergelegt und der daraus resultierende Auftriebspfeil wird eingezeichnet. Alternativ bietet es sich auch an verschiedene Längen von Auftriebspfeilen vorher anzufertigen, sodass diese nicht eingezeichnet werden müssen. Dies ist das gleiche Vorgehen wie bei den beiden Druckdosen. Je nach Bedarf können an der Tafel verschiedene Situationen nach dem gleichen Schema durchgespielt werden. Beispielsweise können auch größere U-Boote verwendet werden, die sich über zwei oder drei Tauchstufen erstrecken. Für einen besseren Überblick ist es empfehlenswert die Druckkraftpfeile in mehrfacher Ausführung bereitzustellen. Dadurch können die jeweiligen Druckkraftpfeile auf die Ober- und Unterseite des U-Bootes zeigen während neben dem U-Boot der Auftriebspfeil mit den gleichen

Druckkraftpfeilen ermittelt wird. Das ermöglicht den Schülern einen besseren Überblick. Für ein schnelles Verschieben der Pfeile ist es zudem empfehlenswert an die Rückseite der Pfeile Magnetband zu kleben.

Die im Plenum erarbeitete Vorgehensweise für die Ermittlung der Auftriebspfeile soll im Anschluss in Einzel- oder Partnerarbeit geübt werden. Dafür erhält jeder Schüler ein eigenes Meeresplakat in DIN-A4-Format. Es ist sinnvoll die passenden U-Boote und Druckkraftpfeile bereits als Hausaufgabe ausschneiden zu lassen. Die auszuschneidenden Druckkraftpfeile sollten zur Vorbereitung auf den Unterricht von der Lehrkraft einlaminiert werden. Das ermöglicht später eine leichtere Umrandung der Pfeile mit einem Bleistift.

Bei den drei auszuschneidenden U-Booten hat nur das kleinste U-Boot eine annähernd realistische Form. Die zwei anderen U-Boote sind höher als breiter. Das liegt daran, dass die U-Boote die einzelnen Tauchstufen nur vollständig bedecken sollen. Das größte U-Boot soll somit drei Tauchstufen abdecken. Würde dieses U-Boot jetzt noch eine längere Breite als Höhe aufweisen, würde es zu viel Platz auf dem Meeresplakat einnehmen.

Neben den einlamierten Druckkraftpfeilen, können alternativ auch die Meeresplakate einlaminiert werden. Das ermöglicht Übungen auch mit Folienstift einzuzeichnen und wieder wegzuwischen.

Mithilfe der erstellten bzw. ausgeteilten Arbeitsmaterialien bearbeiten die Schüler ein Arbeitsblatt. Darauf sind verschiedene Tauchsituationen beschrieben (z.B. „U-Boot 1 taucht auf Tauchstufe 4“). Diese sollen dann auf dem Meeresplakat mit den ausgeschnittenen U-Booten und Druckkraftpfeilen dargestellt werden. Die genutzten Druckkraftpfeile und der daraus resultierende Auftriebspfeil sollen im Anschluss auf dem Arbeitsblatt eingezeichnet werden. Die im Plenum erarbeiteten Schritte können somit in Einzelarbeit im individuellen Arbeitstempo durchgeführt werden. Da die Ergebnisse nur schwer mündlich im Plenum verglichen werden können, wird den Schülern ein Lösungsblatt zur Eigenkontrolle zur Verfügung gestellt.

Zum Abschluss erfolgt im Plenum eine Wiederholung bzw. Festigung der Lernziele der Stunde („Auf einen untergetauchten Gegenstand drückt das Wasser von allen Seiten. Aber auf die Unterseite drückt es stärker nach oben als

auf die Oberseite nach unten. Dadurch bleibt eine Kraft nach oben übrig. Diese wird Auftriebskraft oder auch nur Auftrieb genannt.“). Zu Beginn kann beispielsweise ein U-Boot auf eine Tauchstufe des Meeresplakates gelegt werden. Die Schüler werden im Anschluss dazu aufgefordert in eigenen Worten zu erklären wie der Auftrieb bei diesem U-Boot entsteht. Die Druckkraftpfeile können auch hier wieder genutzt werden. Als zusätzliche Erarbeitung für eine leistungsstarke Lerngruppen oder als Forscherauftrag für leistungsstarke Schüler kann auf folgende Lernziele hingearbeitet werden: „Die Auftriebskraft von einem Körper ist in jeder Wassertiefe gleich groß“ und „Die Auftriebskraft der größeren U-Boote ist größer als die der kleineren U-Boote.“ Das kann mithilfe des ausgefüllten Arbeitsblattes besprochen werden. Denn bei den Tauchsituationen von denselben U-Booten erhöht sich der Druck von oben und von unten immer gleich stark. Deshalb bleibt auch der Auftriebspfeil immer gleich groß. Dass die Auftriebskraft der U-Boote mit dessen Größe zunimmt, kann an den unterschiedlich großen Auftriebspfeilen der verschiedenen U-Boote abgelesen werden.

8.4. Einheit 4: Die Wirkung der Gewichtskraft

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen mithilfe von Experimenten folgende Grundsätze verstehen und diese in Arbeitsaufträgen umsetzen:

- Die Gewichtskraft wirkt der Auftriebskraft entgegen.
- Ob etwas schwimmt, schwebt oder sinkt, hängt von dem Verhältnis zwischen Gewichtskraft und Auftriebskraft ab.

Didaktisch-methodischer Kommentar und Sachdarstellung

Die Einheit „Die Wirkung der Gewichtskraft“ stellt die vierte Unterrichtseinheit der gesamten Unterrichtsreihe zum Thema Auftrieb dar.

Zu Beginn der Stunde werden zunächst die Erkenntnisse der letzten Stunde durch ein Experiment wiederholt. Dafür wird den Schülern eine vollständig mit Sand gefüllte Brotdose gezeigt. Diese soll ein U-Boot darstellen. Damit sollen wieder die Anfangsfragen der Unterrichtsreihe aufgegriffen werden. Anschließend wird die Klasse gefragt, was mit dem U-Boot passieren wird, wenn man es ins Wasser legt. Nach erfolgter Diskussion wird das U-Boot ins

Wasser gelegt. Das U-Boot sinkt zu Boden. Mithilfe einer Tafelskizze eines sinkenden U-Bootes und den dazugehörigen Druckkraftpfeilen und des Auftriebspfeils werden einige Lernziele der vorherigen Unterrichtseinheiten wiederholt („Auf jeden Körper wirkt eine nach oben gerichtete Kraft im Wasser, „Das Wasser drückt von allen Seiten auf den Körper“, „Die Druckkraft nimmt mit der Wassertiefe zu“). Wichtig ist hierbei, dass das U-Boot erst im sinkenden Zustand eingezeichnet wird. Dadurch kann auch der Druckkraftpfeil auf die Unterseite des U-Bootes eingezeichnet und der Auftriebspfeil leichter ermittelt werden. Im Anschluss sollte zur Vollständigkeit auch eine Skizze eines zu Boden gesunkenen U-Bootes mit der Klasse erarbeitet werden. Allerdings ist hier darauf zu achten, dass ein felsiger Untergrund eingezeichnet wird, sodass noch Wasser unter dem Bootsboden ist und ein Druckkraftpfeil von unten eingezeichnet werden kann. Bei allen genannten und folgenden Skizzen kann alternativ auch wieder das Meeresplakat der letzten Stunde genutzt werden.

Im nächsten Experiment wird der Klasse eine gleich große Brotdose bzw. ein gleich großes U-Boot gezeigt. Im Unterschied zum vorherigen U-Boot ist dieses U-Boot leer oder nur mit wenig Sand gefüllt. Die Klasse wird gefragt, was passieren wird, wenn dieses U-Boot ins Wasser gelegt wird. Nach erfolgten Vermutungen wird das U-Boot unter Wasser gedrückt und steigt zur Wasseroberfläche. Auch bei diesem Experiment wird eine Skizze eines steigenden U-Bootes und eines an der Wasseroberfläche schwimmenden U-Bootes mit entsprechenden Druckkraft- und Auftriebspfeilen angefertigt. Bei dem schwimmenden U-Boot ist der Auftriebspfeil identisch mit dem Druckkraftpfeil auf die Unterseite des U-Bootes, da keine entgegengesetzte Kraft mehr auf die Oberseite des U-Bootes wirkt. Im Anschluss soll die Klasse die Druckkraftpfeile und den Auftriebspfeil des sinkenden und des nach oben schwimmenden U-Bootes vergleichen und ihre Beobachtung begründen. Im Unterrichtsgespräch wird dadurch darauf hingearbeitet, dass bei beiden getauchten U-Booten die Auftriebskraft gleich groß ist. Dennoch sinkt das eine U-Boot und das andere schwimmt. Um eine genaue Vergleichbarkeit der Druckkraftpfeile des schwimmenden und sinkenden U-Bootes zu erreichen, ist auch hier die Nutzung des Meeresplakates aus der vorherigen Unterrichtseinheit sehr zu empfehlen.

Mithilfe der erarbeiteten Problematik soll die Gewichtskraft eingeführt werden. Dafür stellen die Schüler Überlegungen an, warum die U-Boote sich trotz gleicher Auftriebskraft im Wasser unterschiedlich verhalten. Eine zu erwartende Schülerantwort ist, dass die U-Boote unterschiedlich schwer sind. Ziel ist es zu erarbeiten, dass die Erde auf jeden Körper eine nach unten gerichtete Kraft ausübt, die Gewichtskraft. Im Anschluss werden Gewichtskraftpfeile eingeführt. Zur Vereinfachung können diese auch Gewichtspfeile genannt werden. Diese werden als nach unten gerichtete rote Pfeile dargestellt. Die Länge der Pfeile ist durch das Gewicht bestimmt. Je schwerer ein Körper ist, desto länger ist auch sein Gewichtskraftpfeil. Dieser Aspekt wird eingeführt indem den Schülern zwei unterschiedlich lange Gewichtskraftpfeile angezeichnet oder in ausgeschnittener Form an die Tafel gehängt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass der eine Pfeil länger und der andere kürzer ist als die Auftriebspfeile der beiden Skizzen. Aufgabe der Schüler ist, die Pfeile zu den Skizzen des steigenden, des schwimmenden, des sinkenden und des gesunkenen U-Bootes zuzuordnen. Da sich die Gewichtskraft nicht ändert, muss bei dem sinkenden und dem gesunkenen U-Boot der Gewichtskraftpfeil gleich lang sein. Gleiches gilt für das schwimmende und das steigende U-Boot. Danach werden die Gewichtskraftpfeile neben die bereits erarbeiteten Auftriebspfeile gezeichnet. Gemeinsam wird mit den Schülern erarbeitet, dass bei dem sinkenden U-Boot der Gewichtskraftpfeil länger ist als der Auftriebspfeil und bei dem schwimmenden U-Boot der Gewichtskraftpfeil kürzer ist als der Auftriebspfeil. Optional kann auch noch das Verhältnis zwischen dem Gewichtskraftpfeil und den Druckkraft- bzw. Auftriebspfeilen des gesunkenen und des schwimmenden U-Bootes erarbeitet werden. Somit sollen die Schüler lernen, dass die Schwimmfähigkeit eines Körpers von dem Verhältnis zwischen Gewichtskraft und Auftriebskraft abhängig ist.

Zur besseren Übersicht und Zusammenfassen der Ergebnisse soll im Plenum ein Merkplakat mit einer „Auftriebs-Gewichts-Tabelle“ geschrieben werden. Dafür wird eine Tabelle mit den Spalten „Auftrieb“, „Gewicht“, und „Was passiert?“ erstellt. Zur Visualisierung sollen entsprechend lange Auftriebs- und Gewichtskraftpfeile in die Tabelle eingezeichnet werden. Optional kann noch

zur Vertiefung der bisherigen Erkenntnisse das Spiel „Wer gewinnt: Auftrieb oder Gewicht?“ gespielt werden. Dabei nennt die Lehrkraft nacheinander verschiedene Gegenstände oder Materialien (z.B. Kieselstein oder Luftmatratze) und fragt die Klasse jedes Mal: „Wer gewinnt: Auftrieb oder Gewicht?“. Hierbei können auch Schüler nach ein paar Beispielen die Rolle der Lehrkraft übernehmen und einen Gegenstand nennen sowie die dazugehörige Frage stellen.

Das nächste Experiment befasst sich mit der noch fehlenden Situation „Schweben“. Wieder wird eine gleich große Dose genommen, die ein U-Boot darstellen soll. Diese wird so voll mit Sand gefüllt, sodass sie schwebt. Allerdings ist dieser Zustand sehr schwer zu erreichen. Die weiteren Unterrichtsschritte erfolgen genau wie bei den ersten beiden Experimenten. Es werden Vermutungen von den Schülern geäußert, die Dose wird ins Wasser gelegt und es wird eine Tafelskizze angefertigt. Bei der Größe des Gewichtspfeils ist es wichtig zu erarbeiten, dass der Auftriebs- und der Gewichtskraftpfeil genau gleich lang sind. Die gewonnenen Erkenntnisse werden im Anschluss auf dem Merkplakat mit der „Auftriebs-Gewichts-Tabelle“ ergänzt.

Zur weiteren Vertiefung bzw. Anwendung führen die Schüler ein weiteres Experiment durch. Dies erfolgt in Partner- oder Kleingruppenarbeit. Dafür werden gleich große Plastikröhrchen genutzt. Empfehlenswert sind hier transparente Filmdosen oder alternativ die Dosen von Brausetabletten. Die Filmdosen sind mit unterschiedlich schwerem Material gefüllt und werden später in eine Schüssel mit Wasser gelegt (siehe Abb. 25). Zuerst

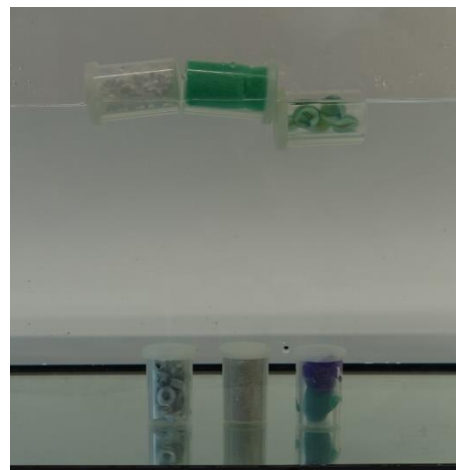


Abb. 25: Es kommt auf das Gewicht der Füllung an, ob die jeweilige Filmdose sinkt oder schwimmt.

sollen die Schüler aber auf dem Arbeitsblatt A4.1 (siehe S. 144f) für jede Filmdose Vermutungen anstellen, ob die Gewichtskraft oder die Auftriebskraft „gewinnt“. Die Vermutungen werden danach praktisch überprüft und

gegebenenfalls korrigiert. Die nächste Aufgabe sieht vor, dass die Schüler alle sinkenden Filmdosen im Hinblick auf ihre „Sinkgeschwindigkeit“ vergleichen. Dies ist eine vorbereitende Aufgabe für die zweite Seite des Arbeitsblattes. Bei der letzten Aufgabe sollen die Schüler für die Filmdosen Auftriebspfeile und Gewichtspfeile einzeichnen. Die Druckkraftpfeile sind jeweils vorgegeben, um eine bessere Vergleichbarkeit der einzelnen Ergebnisse zu erlangen. Der Auftriebspfeil muss bei jeder Aufgabe gleich groß eingezeichnet werden, da der Auftrieb vom Volumen des verdrängten Wassers abhängt und nicht von der Gewichtskraft. Die Gewichtskraftpfeile der sinkenden Röhrchen müssen länger sein als der Auftriebspfeil. Je schwerer eine sinkende Filmdose ist, desto schneller sinkt es nach unten und desto länger muss auch der Gewichtskraftpfeil eingezeichnet werden. Bei den schwimmenden Gegenständen muss der Gewichtskraftpfeil kürzer sein als der Auftriebspfeil.

Zum Abschluss der Unterrichtseinheit werden die Ergebnisse des Experiments und die Lösungen des Arbeitsblattes im Plenum besprochen. Insbesondere die Größe des Gewichtspfeils im Verhältnis zum Auftriebspfeil sollte noch einmal thematisiert werden. Sinnvoll ist dabei die Zuhilfenahme des bereits angefertigten Merkplakates. Als mögliche Ergänzung könnte in dieser Unterrichtsphase noch auf den Fall eines gesunkenen U-Bootes eingegangen werden, dessen Unterseite sich in einer Schlammschicht befindet. Durch die Schlammschicht könnte das Wasser auf das U-Boot keine nach oben gerichtete Kraft mehr ausüben, da das Wasser ausschließlich Druckkraft auf die Oberseite und die Seiten des U-Bootes ausübt. Daher kann hier auch kein Auftriebspfeil ermittelt werden.

8.5. Einheit 5: Die Wirkung der Fläche

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen mithilfe von Experimenten folgenden Grundsatz verstehen und diesen in eigenständigen Experimenten wiedererkennen und umsetzen:

- Je größer die Fläche eines Gegenstandes ist, auf die das Wasser drücken kann, desto größer ist der Auftrieb.

Didaktisch-methodischer Kommentar und Sachdarstellung

Die Einheit „Die Wirkung der Fläche“ stellt die fünfte Unterrichtseinheit der gesamten Unterrichtsreihe zum Thema Auftrieb dar. Es handelt sich hierbei um eine optionale Unterrichtseinheit.

Zur Wiederholung und weiteren Vertiefung wird im Plenum das Experiment „Filmdosen“ aus der vorherigen Unterrichtseinheit wiederholt. Die gleich großen Dosen werden gleichzeitig ins Wasser gelegt. Durch die unterschiedliche Gewichtskraft der einzelnen Füllungen sinkt ein Teil der Filmdosen zu Boden und ein Teil schwimmt an der Wasseroberfläche. Hierbei sollte insbesondere darauf eingegangen werden, dass das Volumen und somit die Auftriebskraft gleich groß ist, aber das Gewicht bzw. die Gewichtskraft der einzelnen Filmdosen unterschiedlich ist.

Die nächsten vier Experimente sollen ebenfalls im Plenum durchgeführt und besprochen werden. Dafür werden immer zwei Dosen ohne Deckel mit Murmeln gefüllt. Die Dosen sollen entweder Schiffe oder aufgetauchte U-Boote darstellen und im Unterrichtsgespräch auch entsprechend benannt werden, um einen Lebensweltbezug für die Schüler herzustellen.

Für das erste „Schiffsexperiment“ werden zwei gleich große Dosen genommen und mit unterschiedlich vielen Murmeln gefüllt. Vor der Durchführung soll im Unterrichtsgespräch diskutiert werden, was passieren wird, wenn beide Schiffe gleichzeitig ins Wasser gesetzt werden. Im Anschluss werden die Vermutungen überprüft und die Beobachtungen physikalisch begründet. Dieses Vorgehen ist auch bei den weiteren Schiffsexperimenten zu empfehlen. Bei diesem Experiment sollen die Schüler beobachten, dass das Schiff, welches mit mehr Murmeln beladen ist, eine größere Eintauchtiefe hat als das weniger beladene Schiff. Das liegt daran, dass beide Schiffe zwar einerseits eine gleiche Auftriebskraft haben, da das Wasser gleich stark von unten drückt, aber andererseits ist die Gewichtskraft bei beiden Schiffen unterschiedlich und verursacht die unterschiedlichen Eintauchtiefen. Letztendlich sollte auch deutlich werden, dass dieses Experiment sehr ähnlich zu dem Experiment „Filmdosen“ ist, da auch hier das Volumen gleich und das jeweilige Gewicht unterschiedlich ist. Hierbei und auch bei allen weiteren Schiffsexperimenten

sollte immer darauf geachtet werden, dass die Schiffe nicht durch Überladung untergehen. Die maximale Füllmenge sollte daher vor dem Unterricht von der Lehrkraft ausprobiert werden.

Im Anschluss wird das leichtere Schiff mit so vielen Murmeln aufgefüllt, sodass beide Schiffe die gleiche Beladung haben. Somit ist hier sowohl das Volumen und dementsprechend die Auftriebskraft als auch die Gewichtskraft gleich. Die beiden Schiffe sinken daher gleich tief.

In den nächsten beiden Schiffsexperimenten werden jeweils zwei unterschiedlich große Dosen bzw. Schiffe genutzt. Dadurch ist die Auftriebskraft bei beiden Schiffen unterschiedlich groß. Denn die Unterseite des größeren Schiffes bietet mehr Fläche, auf die das Wasser drücken bzw. eine nach oben gerichtete Kraft ausüben kann. Zur Veranschaulichung werden daher im dritten Schiffsexperiment beide Schiffe trotz unterschiedlicher Größe mit gleich vielen Murmeln gefüllt. Da das kleinere Schiff eine geringere Auftriebskraft hat, sinkt es durch die gleich große Gewichtskraft weiter nach unten als das größere Schiff.

Als letztes Schiffsexperiment werden beide Schiffe mit so vielen Murmeln gefüllt, dass beide Schiffe gleich tief sinken. Wenn beispielsweise eine Dose doppelt so groß ist wie die andere Dose, dann muss die größere Dose auch mit doppelt so vielen Murmeln gefüllt werden wie die kleinere Dose. Somit ist bei beiden Schiffen das Verhältnis zwischen Auftriebs- und Gewichtskraft gleich.

Abschließend werden im Plenum die bisherigen Erkenntnisse zusammengefasst. Zum einen wurde gelernt, dass ein Schiff umso mehr beladen werden kann, desto größer die Fläche des Schiffes ist. Das liegt daran, dass das Wasser bei einer größeren Fläche mehr von unten gegen das Schiff drücken kann und so eine größere Auftriebskraft entsteht. Zur besseren Visualisierung kann bei der Skizze des letzten durchgeführten Schiffsexperiments Druckkraftpfeile eingezeichnet werden. Bei dem größeren Schiff können sehr viel mehr Druckkraftpfeile eingezeichnet werden als bei dem kleineren Schiff. Daher ist auch die Auftriebskraft bei dem kleineren Schiff geringer.

Darüber hinaus ist ein Tafelbild in Form einer Tabelle zu empfehlen, dass während der Schiffsexperimente parallel angefertigt wird. Die Spalten der Tabelle beinhalten „Fläche/Volumen“, „Gewicht/Füllmenge“ und „Tiefgang im Wasser“. Für jedes Experiment wird eine Spalte genutzt und mit jeweiligen Skizzen vervollständigt. Eine vollständige Tabelle und Skizzen der Experimente zum Ausdrucken und Aufhängen an die Tafel lässt sich im „Materialteil“ finden.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Plenum sollen im Anschluss in einem weiteren Experiment in Einzel- oder Partnerarbeit weiter vertieft bzw. angewendet werden. Die im nachfolgenden beschriebenen Aufgaben sind auf dem dazugehörigen Arbeitsblatt A5.1 (siehe S. 152f) aufgeführt. Dafür bekommt jeder Schüler zunächst ein gleich großes Stück Knete. Bei der Auswahl der Knete sollte allerdings darauf geachtet werden, dass sich die Knete im Wasser nicht auflöst. Alternativ kann Alufolie verwendet werden und jedem Kind ein gleich großes Stück Alufolie gegeben werden.

Die Schüler sollen die Knete so formen, dass verschiedene Kriterien erfüllt werden. Zuerst soll die Knete untergehen. Das kann erreicht werden, indem die Knete als Kugel ins Wasser gelegt wird. Durch die geringe Fläche, auf die das Wasser von unten drücken kann, entsteht nicht genügend Auftriebskraft, um der Gewichtskraft entgegenzuwirken.

Als nächstes soll die Knete so geformt werden, dass die Knete schwimmt. Je flacher die Knete geformt wird, desto eher kann dieser Zustand erreicht werden. Denn durch die Vergrößerung der Fläche wird auch die Auftriebskraft größer und kann der gleichbleibenden Gewichtskraft der Knete entgegenwirken.

Als letzte praktische Aufgabe sollen die Schüler ihre Knetboote so optimieren, dass möglichst viele Mutttern transportiert werden können.

Parallel zu den Experimenten bearbeiten die Schüler das Arbeitsblatt 5.1. Dabei sollen sie bei jeder praktischen Aufgabe die Form ihrer Knete beschreiben oder skizzieren. Als Abschlussaufgabe sollen die Schüler versuchen zu erklären warum die Knete sinken, schwimmen und auch Gegenstände transportieren kann. Die Erklärungen dürfen auch mithilfe von Skizzen erfolgen.

Die Ergebnisse aus der Einzel- bzw. Partnerarbeit werden abschließend im Plenum besprochen. Hierfür werden ein paar Knetboote der Schüler auf ihre

Tragfähigkeit überprüft, indem gemeinsam gezählt wird wie viele Muttern die Boote maximal tragen können. Anhand der unterschiedlichen Tragfähigkeit der Boote kann die Theorie der Wirkung auf die Fläche noch einmal anschaulich bewiesen werden. Denn Knetboote, die besonders flach geformt sind, besitzen eine größere Fläche und können somit auch mehr Muttern tragen. Zusätzlich ist es sinnvoll noch einmal von allen drei Aufgaben (Knete sinkt, schwimmt oder transportiert Muttern) Skizzen mit Druckkraftpfeilen an der Tafel anzufertigen. Bei der sinkenden Knete sind weniger Druckkraftpfeile einzuzichnen als bei der schwimmenden Knete. Daher entsteht ein ähnliches Tafelbild wie bei der abschließenden Besprechung der Schiffsexperimente.

Optional kann noch eine weitere Unterrichtsphase hinzugefügt werden. Hierfür wird die Klasse gefragt, wie es geschafft werden könnte, mit einem Knetboot noch mehr Muttern zu tragen. Hierbei soll darauf hingearbeitet werden, dass für jedes Boot mehr Knete benötigt wird. Anschließend wird die Klasse in gleich große Gruppen eingeteilt. Jedes Gruppenmitglied bringt sein bisheriges Stück Knete mit in die Gruppenarbeit ein, sodass jede Gruppe ein gemeinsames Boot baut. Im Plenum werden die einzelnen Boote wiederum auf ihre maximale Tragfähigkeit mithilfe von Muttern überprüft. Falls die Gruppen eine unterschiedliche Anzahl an Schülern haben, kann thematisiert werden, warum die größeren Gruppen einen Vorteil gegenüber den kleineren Gruppen hatten.

8.6. Einheit 6: Der kartesische Taucher

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen mithilfe des Experiments „kartesischer Taucher“ folgenden Grundsatz aus den vorherigen Unterrichtseinheiten vertieft anwenden:

- Wasser drückt von allen Seiten auf einen untergetauchten Gegenstand. Aber auf die Unterseite drückt es stärker nach oben als auf die Oberseite nach unten. Dadurch bleibt eine Kraft nach oben übrig. Diese wird Auftriebskraft oder Auftrieb genannt.
- Die Auftriebskraft ergibt sich aus der Differenz zwischen der Druckkraft von unten und von oben auf einen Gegenstand.
- Die Gewichtskraft wirkt der Auftriebskraft entgegen.

- Ob etwas schwimmt, schwebt oder sinkt, hängt von dem Verhältnis zwischen Gewichtskraft und Auftriebskraft ab.

Didaktisch-methodischer Kommentar und Sachdarstellung

Die Einheit „Der kartesische Taucher“ stellt die sechste und abschließende Unterrichtseinheit der gesamten Unterrichtsreihe zum Thema Auftrieb dar. Es handelt sich hierbei um eine optionale Unterrichtseinheit, da die physikalischen Hintergründe eines kartesischen Tauchers sehr komplex sind.

Der kartesische Taucher wird auch Flaschenteufel genannt. Für ihn gibt es verschiedene Baumöglichkeiten. In der Bauanleitung und in dem Unterrichtsverlaufsplan wird auf folgende Variante eingegangen: In die Kappe eines Filzstiftes, Kugelschreibers oder Fineliners wird eine Büroklammer eingeklemmt. Gegebenenfalls wird eine weitere Büroklammer angehängt. An das untere Ende wird ein aufgeschnittenes Stück Folie geheftet. Zur Verschönerung kann mit einem Permanentfilzstift auf ein Stück weißes Plastik das Gesicht eines Teufels gemalt und seitlich an der Kappe befestigt werden. Der fertige Teufel wird anschließend in eine mit Wasser gefüllte Plastikflasche gesteckt. Die Öffnung der Kappe zeigt dabei nach unten. Der Deckel wird fest zuge dreht. Jetzt sollte der Teufel direkt unter dem Flaschendeckel schwimmen. Ragt er deutlich über die Wasseroberfläche hinaus, wird er durch Anhängen einer weiteren Büroklammer beschwert bis er nur noch ca. 1mm herausragt. Wird nun die Flasche seitlich mit der Hand zusammengedrückt, sinkt der kartesische Taucher zum Boden der Flasche. Wird die Flasche wieder losgelassen, so steigt der kartesische Taucher wieder zum Deckel der Flasche.

Die Funktionsweise eines kartesischen Tauchers kann wie folgt erklärt werden: In der Filzstiftkappe befindet sich Luft. Daher schwimmt die Kappe auch trotz Gewichtszusatz (Büroklammern etc.) direkt unter der Wasseroberfläche, da die Auftriebskraft größer als die Gewichtskraft ist. Wird aber Druck auf die Seiten der Flasche ausgeübt, wird die vorhandene Luft in der Kappe durch das Wasser zusammengedrückt. Die Auftriebskraft wird dadurch geringer und kann der Gewichtskraft nicht mehr entgegenwirken. Dies kann auch mit Druck- und Gewichtskraftpfeilen graphisch dargestellt werden (siehe Abb. 26):

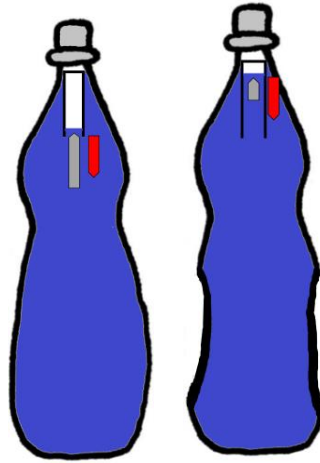


Abb. 26: Erklärungshilfe für die Funktionsweise eines kartesischen Tauchers

Im Unterricht soll der Klasse im Plenum ein kartesischer Taucher gezeigt werden, der sich noch nicht in der Flasche befindet. Nachdem die Bestandteile untersucht und Vermutungen geäußert wurden, was mit dem Teufel in einer Flasche passiert, wird das bereits beschriebene Experiment durchgeführt.

Die physikalische Begründung für das Steigen und Sinken des Teufels ist für viele Kinder schwer nachzuvollziehen. Daher sollte die Funktionsweise des kartesischen Tauchers nur bei einer entsprechend leistungsstarken Klasse im Plenum besprochen werden. Alternativ gibt es im Materialteil eine Kopiervorlage, die die Funktionsweise des kartesischen Tauchers erklärt. Diese könnte an interessierte Kinder zur Selbsterarbeitung ausgeteilt werden.

Im Anschluss soll jedes Kind einen eigenen funktionsfähigen kartesischen Taucher bauen. Die einzelnen Schritte und mögliche Schwierigkeiten und Lösungsansätze beim Bau werden zuvor im Plenum besprochen. Für Schüler, die besonders schnell mit dem Bau fertig werden, sind Zusatzaufgaben denkbar. Beispielsweise können die Schüler üben ihren Teufel in der Mitte der Flasche schweben zu lassen. Eine andere Möglichkeit für leistungsstarke Gruppen ist die Formulierung der Funktionsweise in Textform oder die selbstständige Erarbeitung der Funktionsweise mithilfe der Kopiervorlage „Funktionsweise kartesischer Taucher“.

Je nach vorherigem Unterrichtsverlauf sind verschiedene Varianten für die letzte Phase in der Unterrichtseinheit denkbar. Wurde viel Zeit für den Bau der Flaschenteufel verwendet, ist z.B. ein „Museumsrundgang“ empfehlenswert. Die Schüler können so die Arbeitsergebnisse ihrer Mitschüler betrachten und

jedem Produkt wird Wertschätzung entgegengebracht. Sind die Schüler gut in der Handhabung ihrer kartesischen Taucher, kann im Sitzkreis eine Geschichte zu einem Wasserteufel erzählt werden. Passend zur Handlung in der Geschichte sollen die Schüler ihren Teufel steigen, sinken oder schweben lassen. Dadurch können die Schüler die Funktionsweise des kartesischen Tauchers vertieft erfahren und üben. Bei leistungsstarken Gruppen ist auch die Wiederholung der Funktionsweise des kartesischen Tauchers denkbar. Falls Schüler in der vorherigen Unterrichtsphase eigene Formulierungen für die Funktionsweise geschrieben haben, können diese zum Abschluss vorgelesen bzw. besprochen werden.

9. Reflexion der praktischen Umsetzung mit einer 4. Klasse

Nach der Planung der Unterrichtsreihe erfolgte die praktische Umsetzung. Ziel dieser Umsetzung war die erarbeitete Unterrichtskonzeption auf mögliche Schwächen bzw. Verbesserungsmöglichkeiten zu untersuchen, um diese anschließend zu korrigieren.

Die Durchführung der erarbeiteten Unterrichtskonzeption erfolgte in einer vierten Klasse einer Grundschule im Main-Taunus-Kreis. Die Schule war mir bereits bekannt durch mein zweites Praktikum im Rahmen der Schulpraktischen Studien meines Grundschullehramtsstudiums. Die vierte Klasse, in der ich die Unterrichtsreihe durchgeführt habe, habe ich während meines Praktikums nicht begleitet. Aber durch den Vertretungsunterricht, den ich im Anschluss an mein Praktikum gemacht habe, konnte ich die Klasse schon in ein paar Unterrichtsstunden kennenlernen. Die Klasse bestand aus 18 Kindern, darunter neun Mädchen und 9 Jungen. Insgesamt vier der Kinder hatten Deutsch als Zweitsprache.

Die praktische Umsetzung der Reihe erfolgte direkt nach den hessischen Osterferien. Innerhalb von drei Wochen wurden mir jeweils montags und donnerstags eine Doppelstunde mit der Klasse zur Verfügung gestellt. Montags kam ich in der fünften und sechsten Stunde (11:45 – 13:15 Uhr) und donnerstags in den ersten beiden Unterrichtsstunden (8:00 – 9:30 Uhr). Da in dieser Grundschule kein extra Sachunterrichtsraum gegeben ist, erfolgte der Unterricht im Klassenraum der 4a. Der Raum war mit Einzeltischen bestückt, sodass diese leicht zu Gruppentischen verschoben werden konnten. Im Klassenraum selbst

war auch ein kleines Waschbecken vorhanden, was das Füllen der Wasserschüsseln bzw. Eimer für die Experimente erleichterte. Vor der Tafel stand ein kleiner Tisch, auf dem Experimente noch einmal wiederholt werden konnten oder in Form einer Lehrerdemonstration gemacht werden konnten. Zudem gab es stapelbare Bänke, die vor der Tafel entweder im Sitzkreis oder im Kinostuhl aufgebaut werden konnten.

Mit in der Klasse anwesend war die Sachunterrichtslehrerin der Klasse. Sie hat nicht die Klassenleitung der 4a, sondern ist zusätzlich noch Direktorin der Schule. Während der gesamten Unterrichtsreihe hielt sie sich im Hintergrund. Um Unterstützung bat ich dennoch bei klassenspezifischen Angelegenheiten, wie z.B. die Einteilung der vier Gruppen für die Lernstationen. Dies ermöglichte, dass in jeder Gruppe sowohl leistungsstärkere wie auch leistungsschwächere Schüler zusammenarbeiteten und jede Gruppe in einem ungefähr gleichen Tempo arbeitete.

Im Folgenden werde ich die Unterrichtsreihe gegliedert nach den Unterrichtseinheiten reflektieren. Überprüfen möchte ich dabei welche Aspekte bereits gut verliefen und letztendlich so gelassen werden können. Darüber hinaus werde ich auf Aspekte eingehen, die verbessert werden können. Hierbei möchte ich die möglichen Ursachen aufführen und meine anschließenden Korrekturen erläutern. Anhaltspunkte, ob Unterrichtsphasen bereits gut ausgearbeitet waren bzw. verbessert werden sollten, boten mir u.a. folgende Aspekte: Schülerbeiträge im Plenum und in Einzelgesprächen, Schülergespräche in den Gruppenarbeitsphasen, Fragen an die Lehrkraft, Ergebnisse auf den Arbeitsblättern und der Anteil an Schülern, die sich während den Plenumsphasen beteiligten.

Reflexion Einheit 1: Weshalb sinkt ein U-Boot nicht immer auf den Meeresgrund?

Vor Beginn der Unterrichtsreihe wurde den Schülern nicht gesagt, was für ein Thema mit ihnen in den folgenden Stunden erarbeitet wird. Vermutungen, die aufkamen, waren z.B. „Wasser“ oder „Strand“, da die Klasse die vorbereiteten Schüsseln mit Wasser bereits im Klassenraum gesehen haben.

Der Unterrichtseinstieg mit dem Zeigen von U-Boot-Bildern erwies sich insgesamt als gelungen. Bei der anfänglichen Beschreibung der Bilder zeigte

sich, dass einige Kinder den Begriff U-Boot nicht kannten oder den Begriff in diesem Moment den Bildern nicht zuordnen konnten und nutzen Umschreibungen. Sobald jedoch ein Schüler den Begriff „U-Boot“ nannte, verwendeten alle anderen Kinder in ihren weiteren Unterrichtsbeiträgen diesen Fachbegriff. Ein Kind kam auf die Idee die Bilder in eine andere Reihenfolge zu legen. Der Schüler legte die Bilder der schwimmenden U-Boote nach ganz oben nebeneinander, die schwebenden U-Boote in die nächste Reihe, und das Bild eines auf dem Meeresgrund liegenden U-Boot-Wracks in die unterste Reihe. Diese Idee habe ich auch in den Unterrichtsverlaufsplan hinzugefügt, da die Bilder zum einen für die Kinder strukturierter aufbereitet sind. Zum anderen hatte ich den Eindruck, dass die entstandene Struktur der Klasse weiterhalf weiterführende Fragen zu den Bildern zu stellen. Die Fragen, die die Kinder stellten, lassen sich grob in drei Unterpunkte gliedern. Erstens wurden technische Fragen gestellt, z.B. wie groß und wie schwer ein U-Boot ist. Zweitens kamen physikalische Fragen auf, deren Beantwortung nicht in der Unterrichtsreihe vorgesehen sind, wie z.B. die Aussage bzw. Frage einer Schülerin: „Ein Auto fährt mit Benzin. Aber wie kommt ein U-Boot voran?“ Und drittens formulierten die Schüler Fragen, die in der Unterrichtsreihe behandelt werden. Dazu gehörten beispielsweise die Fragen „Wie kann es sein, dass so ein tonnenschweres U-Boot schwimmen kann?“ und „Wieso kann ein U-Boot nach unten sinken und wieder nach oben schwimmen?“

Vor Beginn des Experimentierens an Lernstationen habe ich mit den Kindern Verhaltensregeln besprochen, insbesondere was den Umgang mit dem Wasser betrifft. Da sich dieses Vorgehen als zielführend erwies, und da dementsprechend keine Überschwemmungen, „Wasserschlächten“ oder ähnliches vorkamen, habe ich diesen Aspekt dem Unterrichtsverlaufsplan hinzugefügt.

Methodisch habe ich mich dafür entschieden die Klasse in vier gleich große Gruppen (jeweils vier bis fünf Kinder) einzuteilen und vier Gruppentische vorzubereiten. An jedem Gruppentisch wurde ein Experiment durchgeführt. Die Durchführung der Experimente wurde somit in Form von Gruppenarbeit durchgeführt. Dennoch war jedes Kind selbst verantwortlich für die Protokollierung und das Analysieren der Experimente in Form von jeweils einem Arbeitsblatt. Das Wechseln der Lernstationen erfolgte gruppenweise und

gleichzeitig. Dieses Vorgehen ermöglichte, dass am Ende der praktischen Unterrichtsphase alle Schüler ungefähr gleichzeitig fertig wurden. Da sich diese methodische Entscheidung als eine sinnvolle Variante erwies, habe ich sie auch im didaktisch-methodischen Kommentar der Unterrichtseinheit weiterempfohlen.

Wenn eine Gruppe an einer Station früher fertig wurde als andere Gruppen, war besonders auffällig, dass sie selbstständig weiter mit dem vorhandenen Material experimentierten. Häufig wiederholten sie die Experimente oder probierten weitere Sachen aus. Das spricht für einen hohen Aufforderungscharakter der ausgewählten Experimente.

Im Folgenden gehe ich nacheinander auf die einzelnen Experimente ein. Dabei gehe ich insbesondere auf die Ergebnisse der Arbeitsblätter sowie auf entstandene Unterrichtsgespräche zwischen den Schülern und mit mir ein. Daraus leite ich jeweils ab welche Experimente und Arbeitsmaterialien so weiterempfohlen werden können und welche Aspekte verbessert werden.

Bei dem Experiment „Schwerer Köder an der Angel“ zeigt sich, dass der Arbeitsauftrag durch die gegebenen Materialien und das Arbeitsblatt eindeutig waren. Für mich wurde das besonders deutlich daran, dass die Kinder keine Hilfestellungen benötigten, selbstständig arbeiteten und auf Nachfragen meinerseits eindeutig die richtigen Antworten gaben. An der Angel habe ich mit einer Boulekugel einen verhältnismäßig besonders schweren Gegenstand gewählt. Dadurch war das Ergebnis für die Schüler besonders spürbar. Diese Empfehlung habe ich auch nachträglich dem Unterrichtsverlaufsplan hinzugefügt. Den eindeutig spürbaren Unterschied drückte sich auch in den Ergebnissen des Arbeitsblattes aus. Alle 18 Schüler haben die Frage „Wie verändert sich das Gewicht des Gegenstandes, wenn er ins Wasser eingetaucht wurde?“ richtig beantwortet und gaben an, dass der Gegenstand leichter wird. Sechs der Schüler bekräftigten ihre Beobachtungen noch, indem sie schrieben, dass der Gegenstand „viel“, „eindeutig“ oder „enorm“ leichter wurde. Den großen Unterschied zwischen dem gefühlten Gewicht in der Luft und im Wasser wurde besonders in einer Antwort deutlich, die drei Kinder aufschrieben:

Es verändert sich enorm. Es fühlt sich an als wäre der Gegenstand nicht mehr da. Er ist wie eine Feder.

Abb. 27: Beispielhafte Schülerantwort auf die Frage „Wie verändert sich das Gewicht des Gegenstandes, wenn er ins Wasser eingetaucht wurde?“

Bei dem Experiment „Stein am Gummiband“ hatte ich ursprünglich auf dem Arbeitsblatt von Knete gesprochen, die an dem Gummifaden befestigt werden soll. Da sich die Knete, die ich zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung hatte, im Wasser aufgelöst hat, habe ich einen Stein mit einem Durchmesser von etwa 10cm genommen. Die Wahl eines Gummizuges für einen Hosenbund hat sich als geeignet herausgestellt, wenn man ihn einmal mittig längs durchgeschnitten hat. Beide Aspekte habe ich auf den beiden Arbeitsblättern und auf dem Unterrichtsverlaufsplan entsprechend geändert.

Bei den Ergebnissen der Arbeitsblätter zeigten sich im Gegensatz zu dem Experiment „Schwerer Köder an der Angel“ einige Fehler. Zum einen sollte den Schülern auffallen, dass der Stein im Wasser leichter wird. 14 Kinder gaben dies auch an. Vier Kinder gaben an, dass der Stein im Wasser schwerer wird. Zum anderen sollte beobachtet werden, dass das Gummiband beim Eintauchen ins Wasser kürzer wird. Neun Kinder und somit die Hälfte der Klasse dokumentierte diesen Aspekt falsch und gaben an, dass das Gummiband im Wasser länger wird. Fünf Kinder kreuzten richtig an, dass das Gummiband im Wasser kürzer wird und vier beschrieben, dass das Gummiband nicht mehr so straff ist.

Aus den Ergebnissen ist abzuleiten, dass die gewünschten Effekte des Experiments nicht eindeutig zu sehen waren. Grund dafür war, dass die beiden genutzten Schüsseln nur etwa 15cm tief waren. Besser wäre es gewesen, wenn die Schüsseln eine höhere Eintauchtiefe ermöglicht hätten. Der Auftrieb wäre dann deutlicher spürbar gewesen. Zudem wären die beiden genutzten Steine dadurch nicht kurz nach dem Eintauchen auf dem Boden aufgekommen. Somit gab es nur eine geringe Höhe, in der der Gewichtsverlust spürbar war, bevor der Stein auf dem Boden aufgekommen ist. So kam auch folgende Aussage eines Kindes zustande: „Der Stein wird im Wasser leichter, weil er dann auf dem Boden liegt.“ Bei einem ausreichend tiefen Gefäß hätte einer solchen Aussage vorgebeugt werden können, indem der Stein nicht auf den Boden aufkommt,

ohne dass dabei die Hand das Wasser berührt. Der Hinweis auf ein ausreichend tiefes Gefäß wurde daher auch in der Anleitung vermerkt.

Eine größere Eintauchtiefe könnte auch die Beobachtung erleichtern, dass das Gummiband im Wasser kürzer wird. Darüber hinaus wurde in den Materialien geändert, dass den Schülern in Messgerät (z.B. ein Lineal) gegeben wird. Dadurch können die Längen des Gummibandes leichter verglichen werden.

Auf einem der zwei möglichen Arbeitsblätter, zwischen denen sich die Schüler entscheiden durften, wird die Frage gestellt „Wie erklärst du dir deine Beobachtungen?“ Fünf der neun Kinder, die dieses Arbeitsblatt bearbeiteten, antworteten mit „Weil alles im Wasser leichter ist.“. Die Kinder, die diese Aussage aufschrieben, hatten zuvor schon alle drei anderen Experimente durchgeführt. Es zeigt sich, dass die Kinder durch die gemachten Experimente die Auftriebskraft selbstständig erfahren haben, die dahinterstehende physikalische Gesetzmäßigkeit in eigenen Worten formulieren und sie auf andere Experimente anwenden konnten.

Auch bei dem Experiment „Bälle im Wasser“ konnten sich die Schüler zwischen zwei gegebenen Arbeitsblättern entscheiden. Auf dem einen Arbeitsblatt sollten die Schüler ihre Beobachtungen frei formulieren. Bei dem alternativen Arbeitsblatt wurden die Schüler konkret dazu aufgefordert zu untersuchen, welche Bälle sich am leichtesten und welche am schwersten nach unten drücken ließen und dazu ein Ranking erstellen. Insgesamt 11 von 12 Kindern, die dieses Arbeitsblatt bearbeiteten, hatten korrekte Ergebnisse. Auf dem Arbeitsblatt, auf dem die Kinder ihre Beobachtungen frei formulieren sollten, zeigten sich zum Teil große Unterschiede. Vier der Kinder, die sich für dieses Arbeitsblatt entschieden, beobachteten selbstständig den Zusammenhang der Größe des Balls mit der Größe der Kraft, die aufgewendet werden muss, um den Ball unter Wasser zu drücken. Beispielsweise wurde von den Schülern erklärt: „Die kleineren Bälle lassen sich einfacher runterdrücken als die größeren.“ oder „Es kommt drauf an wie groß der Ball ist. Umso kleiner, desto leichter. Umso größer, desto schwerer.“ Darüber hinaus konnten auch noch weitere Beobachtungen formuliert werden, wie z.B., dass das Wasser bei den größeren Bällen mehr ansteigt beim Runterdrücken als bei den kleineren Bällen. Zwei Schüler schrieben allerdings als einzige Beobachtung folgenden Satz auf: „Alle Bälle

gehen nicht unter.“ Laut der Sachunterrichtslehrerin gehörten diese zwei Schüler zu den leistungsschwächeren Kindern in der Klasse. Für diese beiden Kinder wäre es sinnvoller gewesen das andere Arbeitsblatt zu bearbeiten. Zusammenfassend sollte die Lehrkraft bei dieser Station darauf achten, welches Arbeitsblatt für welches Kind passend ist. Darauf habe ich bei der Überarbeitung dieser Unterrichtseinheit auch noch einmal explizit hingewiesen.

Bei dem Experiment „Wasserflaschen“ standen den Kindern ebenfalls zwei Arbeitsblätter zur Verfügung. Auf dem einen Arbeitsblatt sollten die Schüler in eigenen Worten auf die Frage „Was fällt dir auf?“ antworten. Auf dem vereinfachten Arbeitsblatt sollten die Schüler ankreuzen, welche Flasche leichter hochzuheben ist und im Anschluss folgende Sätze vervollständigen: „Je tiefer ich die Flasche ins Wasser halte, desto ____ wird sie.“, „Je weiter ich die Flasche aus dem Wasser hebe, desto ____ wird sie.“ Insgesamt lässt sich festhalten, dass alle Schüler beobachteten, egal welches Arbeitsblatt sie bearbeiteten, dass die Flasche im Wasser deutlich leichter hochzuheben ist. Auf dem schweren Arbeitsblatt hatten die Schüler jedoch Schwierigkeiten mit der Beantwortung der zusätzlichen Frage „Wie kannst du dir deine Beobachtungen erklären?“ Dort wiederholten die Schüler ihre Antworten von der ersten Frage oder schrieben weitere Beobachtungen auf, wie z.B. „Je tiefer die Flasche ist, desto leichter ist sie.“ In Zusammenarbeit mit der Sachunterrichtslehrerin habe ich die Frage daraufhin umformuliert. Mit der Umformulierung „Warum ist das so? Was vermutest du?“ soll der Arbeitsauftrag für die Schüler klarer formuliert sein. Darüber hinaus ist mir aufgefallen, dass die Schüler, die das vereinfachte Arbeitsblatt bearbeiteten, sehr schnell fertig waren. Daher habe ich eine Zusatzaufgabe hinzugefügt.

Im Plenum wurden wie geplant die Ergebnisse der einzelnen Experimente nacheinander besprochen. Zunächst sollten die Kinder beschreiben, was sie machen sollten. Im Anschluss wurden sie dazu aufgefordert, ihre Beobachtungen zu beschreiben. Für die jeweiligen Beschreibungen und Ergebnisse der Experimente wurde verhältnismäßig wenig Zeit benötigt, sodass alle Experimente besprochen werden konnte. Besonders fiel mir während dieser Unterrichtsphase auf, dass es eine hohe Schülerbeteiligung gab und sich auch

die leistungsschwächeren Kinder häufiger als erwartet meldeten. Als allgemeine Beobachtung konnten die Schüler selbstständig formulieren, dass alles im Wasser leichter wird. Auf die Formulierung bzw. Idee, dass das Wasser alles nach oben drückt, kam kein Schüler. Daher erklärte ich diesen Aspekt der Klasse.

Zum Abschluss der Stunde führte ich mit der Klasse das Experiment „Balkenwaage“ als Lehrerdemonstration durch. Das ermöglichte mir zu überprüfen, ob die Schüler die Lernziele der Stunde auch auf ein weiteres Experiment anwenden können. Zuerst wurden gemeinsam die Eigenschaften einer Balkenwaage besprochen und zwei gleich schwere Gegenstände an die Balkenwaage gehängt. Im Anschluss sollten die Schüler vermuten was passiert, wenn ein Gewicht ins Wasser eingetaucht wird. Zusätzlich zu richtigen zu erwarteten Beobachtungen formulierten mehrere Kinder eine Begründung dafür, die sie aus ihren bisherigen Erkenntnissen der Stunde ableiteten. Zusammenfassend zeigt sich, dass die Lernziele der Stunde erreicht wurden und das Konzept dieser Unterrichtseinheit bis auf wenige Änderungen beibehalten und auch mit weiteren Klassen durchgeführt werden kann.

Reflexion Einheit 2: Das Wasser übt Kräfte aus

Bei der zweiten Unterrichtseinheit habe ich mich dafür entschieden, dass Experiment „Membran am Flaschenboden“ als Unterrichtseinstieg im Plenum zu nutzen. Alternativ ist angegeben, dass dieses Experiment auch als Lernstation durchgeführt werden kann. Bei der Beschreibung der Flasche kam zunächst die Vermutung auf, dass die Membran aus Stoff besteht. Nachdem eine Schülerin die Membran anfassen durfte, wurde diese Vermutung korrigiert. Die Schülerin beobachtete im Anschluss richtig, dass es sich um einen Teil eines Plastikhandschuhs handelte. Schon vor dem Eintauchen der Flasche vermutete die Klasse richtig, dass sich die Membran ins Flascheninnere wölben würde. Auch für die Begründung nutzen die Schüler ihr Wissen aus der letzten Stunde, und erläuterten, dass das Wasser von unten drückt. Beim Eintauchen der Flasche fiel zunächst keinem Schüler auf, dass die Wölbung der Membran mit der Eintauchtiefe stärker wird. Doch nach der Aufforderung auf die Membran zu achten, wurde die gewünschte Beobachtung genannt. Die Erklärung für diese

Beobachtung wurde von Schülern ohne weitere Hilfestellungen genannt: „Das ist so, weil das Wasser weiter unten mehr drückt.“

Im Anschluss führte ich wie geplant das Experiment mit der vereinfachten Druckdose mit der Klasse durch. Die Beschreibung der Einzelteile der Membran waren alle richtig. Dabei konnte ich feststellen, dass die Bauteile der vorherigen Flasche auf die Druckdose übertragen werden konnten. Bei der Vermutung, was passieren wird, wenn die Druckdose eingetaucht wird, waren sich die Kinder bei der unteren Membran einig, dass sich diese nach innen wölben wird. Bei der oberen Membran kamen allerdings Uneinigkeiten auf, ob sich diese nach innen oder außen wölben wird. Nach zweimaligem Durchführen des Experiments (Druckdose in waagerechter und senkrechter Position) konnten die Schüler selbstständig erarbeiten, dass Wasser von allen Seiten drückt. Auch konnten die Kinder die Erkenntnisse des ersten Experiments auf die Druckdose übertragen und erklärten ohne Aufforderung, warum die untere Membran der Druckdose stärker nach innen gedrückt ist als die obere Membran.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollten im Anschluss mithilfe von weiteren vier Experimenten gefestigt werden. Ich entschied mich dafür, methodisch genau wie in der ersten Unterrichtseinheit vorzugehen: Die Schüler arbeiteten gemeinsam an Gruppentischen an einem Experiment und wechselten die Stationen gleichzeitig.

Bei dem Experiment „Plastikhandschuh“ habe ich zuvor im Plenum besprochen, dass die Öffnung des Plastikhandschuhs oberhalb der Wasseroberfläche sein muss und die Handschuhe für die nächste Gruppe immer abgetrocknet werden müssen. Damit wollte ich sicherstellen, dass dieses Experiment auch bei allen weiteren Gruppen funktioniert. Denn ein Plastikhandschuh, der von innen nass ist, lässt sich nur schwer anziehen. Zudem lässt sich nicht mehr beobachten, dass sich der Handschuh an die Hand andrückt, wenn Wasser in den Handschuh gelangt. Da sich diese Hinweise als sinnvoll erwiesen haben und keine weiteren Schwierigkeiten bei diesem Experiment aufkamen, habe ich diese Aspekte zusätzlich auf den Materialien für die Lehrkräfte vermerkt. Bei der Wahl der Plastikhandschuhe haben sich sogenannte „Dieselhandschuhe“, die an Zapfsäulen von Tankstellen ausliegen, als passend erwiesen. Die Handschuhe

sind den Kindern viel zu groß, was den Effekt verstärkte, dass sich die Handschuhe an die Hand angedrückt haben. Auch diesen Hinweis habe ich im Anschluss in den Materialien vermerkt.

Die gewünschten Effekte des Experiments spiegelten sich auch in den Arbeitsergebnissen der Schüler wieder. Alle Schüler beobachteten, dass sich der Handschuh beim Eintauchen ins Wasser an die Hand drückt. Formulierungen von Schülern waren beispielsweise: „Der Handschuh hat sich an die Hand geklebt“, „Der Handschuh wird enger“ und „Der Druck hat deine Hand eingequetscht.“ Vielen Kindern fiel es schwer den angedrückten Handschuh in einer Zeichnung darzustellen (siehe Abb. 28). Dennoch zeichneten die meisten Kinder die zuvor erlernten Druckkraftpfeile von allen Seiten ein. Hierbei kamen bei manchen Kindern nur Schwierigkeiten bei der Größe der Druckkraftpfeile auf. Ein Teil der Klasse zeichnete alle Druckkraftpfeile in der gleichen Größe ein (siehe Abb. 29).

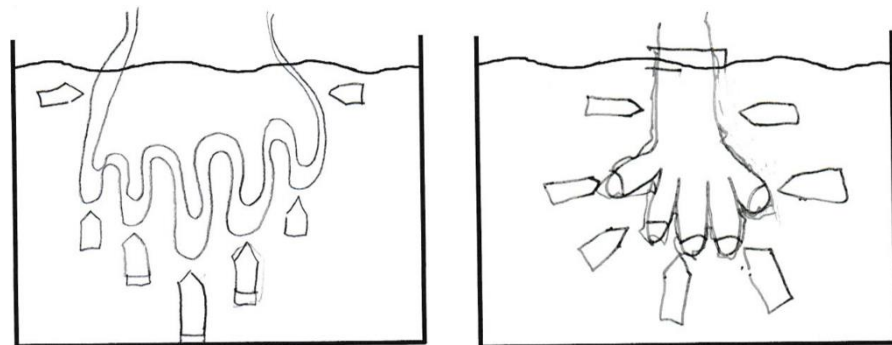


Abb. 28 und 29: Schülerskizzen für das Experiment „Plastikhandschuh“

Bei der Besprechung dieses Experiments im Plenum kamen weitere Aspekte hinzu, die die Schüler nannten. Beispielsweise wurde genannt, dass sich das Wasser kalt angefühlt hat, oder dass der Handschuh wie eine Massage im Wasser war. Zusätzlich zu physikalischen Erkenntnissen können daher mit diesem Experiment auch ästhetische Erfahrungen gesammelt werden. Zudem kam bei der Besprechung heraus, dass bei diesem Experiment das Lernziel „Das Wasser drückt von allen Seiten“ besonders deutlich wurde.

Beim Herstellen der Materialien für das Experiment „Wasserfontäne“ habe ich festgestellt, dass die Wasserfontäne in Plastikflaschen teilweise schwer zu sehen

ist. Insbesondere ist dies der Fall, wenn das Wasserbehältnis nicht durchsichtig ist. Daher habe ich als Alternative einen Becher aus Hartplastik genommen und in den Boden ein kleines Loch gebohrt. Da in die Becher besser von oben reingeschaut werden kann, kann dieses Experiment auch mit undurchsichtigen Wasserbehältnissen durchgeführt werden. Diesen Hinweis habe ich dementsprechend bei den Materialien für die Unterrichtseinheit hinzugefügt.

Bei der eigenständigen Durchführung des Experiments traten bei den Schülern verschiedene Schwierigkeiten auf. Zum einen haben manche Kinder den Becher zu langsam nach unten gedrückt. Dadurch hatte sich schon zu viel Wasser im Becher gefüllt, sodass die Fontäne bei einer größeren Eintauchtiefe nicht mehr zu erkennen war. Bei einem Schüler konnte ich auch beobachten, dass er den Becher zu weit ins Wasser eingetaucht hatte, sodass Wasser von oben in den Becher lief.

Bei diesen Gruppen führte ich das Experiment als Lehrerdemonstration durch. Die Kinder beschrieben mir daraufhin ihre Beobachtungen und probierten das Experiment im Anschluss selbstständig noch einmal aus. Die aufgetretenen

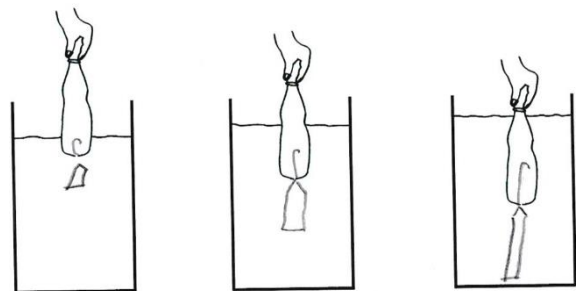


Abb. 30: Eingezeichnete Wasserfontänen und Druckkraftpfeile eines Schülers

Schwierigkeiten lassen sich auch teilweise in den Arbeitsergebnissen wiederfinden. Durch das Eingreifen konnten letztendlich alle Kinder die Wasserfontäne beobachten und hatten überwiegend richtige Arbeitsergebnisse. Auch einen Zusammenhang zwischen der Eintauchtiefe und der Größe des Wasserstrahls konnten die meisten Kinder erkennen. Dies äußerte sich zum einen in der Größe der Druckkraftpfeile (siehe Abb. 30) und in Beschreibungen, wie z.B. „Je tiefer, desto größer ist die Fontäne.“ Auch Begründungen für die Entstehung der Wasserfontäne wurde durch mehrere Schüler genannt. Eine Schülerin schrieb beispielsweise „Die Druckkraft drückt das Wasser durchs Loch in die Flasche. Durch den Druck wird es ein Wasserstrahl.“ Darüber hinaus wurde auch der Aspekt, dass es mit zunehmender Eintauchtiefe schwerer wird den Becher nach unten zu drücken, in verschiedenen Schülerbeiträgen deutlich: „Wenn man den Becher mit Gewalt reindrückt, dann wird der Strahl größer.“, „Je tiefer du es reindrückst, desto schwerer wird es.“ Zusammenfassend lässt

sich festhalten, dass die Arbeitsblätter und die Hinweise zur Durchführung dieses Experiments beibehalten werden können.

Bei dem Experiment „Wasserstrahlen“ haben die Schüler von mir keine Hilfe benötigt. Allerdings habe ich der Klasse zuvor im Plenum gezeigt wie die Flasche in dem Wasserbehälter aufgefüllt werden kann. Durch das zum Befüllen notwendige seitliche Legen der Flasche muss das Wasserbehältnis allerdings breit genug sein. Diesen Aspekt habe ich zusätzlich im Unterrichtsverlaufsplan hinzugefügt, da mir auch selbst erst der Fehler unterlief bei dieser Lernstation eine zu kleine Wasserschüssel zur Verfügung zu stellen.

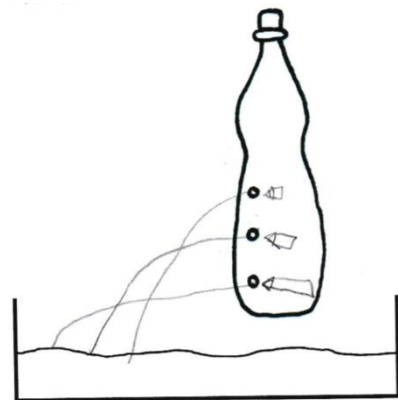


Abb. 31: Schülerskizze mit eingezeichneten Druckkraftpfeilen und Wasserstrahlen

Die Arbeitsergebnisse, die sich auf den Arbeitsblättern widerspiegeln lassen, sind insgesamt positiv zu bewerten. 11 der 18 Kinder haben sowohl die Wasserstrahlen, als auch die Druckkraftpfeile richtig eingezeichnet (siehe Abb. 31). Bei sieben Schülern waren die Druckkraftpfeile fehlerhaft. Bei drei Kindern fehlten die Druckkraftpfeile und bei den restlichen vier Kindern waren die Druckkraftpfeile nicht unterschiedlich lang eingezeichnet. Bei nur drei Kindern waren die Wasserstrahlen nicht richtig oder ungenau eingezeichnet. Durch die Fehlerhäufigkeit lohnte es sich auch letztendlich die Wasserstrahlen und die Druckkraftpfeile in der letzten Unterrichtsphase an der Tafel einzeichnen zu lassen.

Bei dieser Lernstation benötigten die Schüler am wenigsten Zeit im Vergleich zu den anderen Experimenten. Ich habe den Schülern, die an dieser Station gearbeitet haben immer noch zusätzlich das Arbeitsblatt zu dem Experiment „Membran am Flaschenboden“ ausgeteilt, welches zuvor im Plenum durchgeführt worden ist. Damit zukünftig alle Stationen eine ähnliche Arbeitszeit benötigen, habe ich bei diesem Arbeitsblatt folgende Frage hinzugefügt: „Wieso sehen die Wasserstrahlen unterschiedlich aus? Was vermutest du?“

Bei der Vorbereitung für die Lernstation „Luftballon mit Wasser“ musste ich feststellen, dass es einige Schwierigkeiten gibt, wodurch die gewünschten Effekte nicht eindeutig zu sehen sind. Zum einen muss das Wasserbehältnis ausreichend tief und durchsichtig sein, damit der Luftballon sich sichtbar zusammenzieht und dies auch gesehen werden kann. Zudem sollte ein möglichst großer Luftballon verwendet werden. Denn bei größeren Luftballons kann auch mehr Wasser eingefüllt werden, sodass auch der Wasserstand im Rohr schneller steigt. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass das verwendete Rohr oder der Strohhalm nicht zu dünn sind. Denn wenn einmal das Wasser aus dem Luftballon herausgedrückt worden ist, lässt sich der Luftballon durch den Strohhalm nur schwer wieder befüllen. Auf alle genannten Aspekte habe ich dementsprechend nachträglich in den für die Lehrkräfte zur Verfügung stehenden Materialien hingewiesen.

Bei der Durchführung des Experiments konnte ein Großteil Schüler letztendlich die gewünschten Effekte beobachten und schrieben diese in der ersten Frage auf.

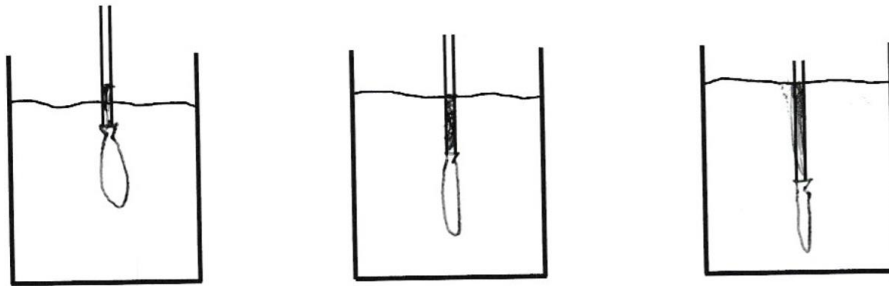


Abb. 32: Schülerskizze für das Experiment „Luftballon mit Wasser“

Bei der zweiten Aufgabe sollten die Schüler in drei Zeichnungen jeweils den Wasserstand im Rohr, den Luftballon und die Druckkraftpfeile einzeichnen. Auffällig war hierbei, dass die meisten Kinder mindestens einen geforderten Aspekt vergaßen einzuzeichnen (siehe Abb. 32, hier wurde vergessen die Druckkraftpfeile einzuzeichnen). Um dem entgegenzuwirken habe ich die Frage umformuliert und die drei geforderten Komponenten stichpunktartig aufgelistet. Dies ermöglicht den Kindern eine bessere Übersicht für die zu erledigende Aufgabe.

Die Besprechung im Plenum erfolgte ähnlich wie bei der ersten Unterrichtseinheit. Jedes Experiment wurde noch einmal gemeinsam besprochen. Zuerst erfolgte eine Beschreibung der Experimentdurchführung. Im Anschluss wurden die Ergebnisse besprochen. Auch in dieser Unterrichtsphase

erfolgte wieder eine hohe Schülerbeteiligung. Die Ergebnisse sowie deren Begründung waren überwiegend richtig. Hierbei konnte das Wissen, das zu Beginn der Stunde und in der letzten Unterrichtseinheit erarbeitet wurde, auf die jeweiligen Experimente übertragen werden.

Reflexion Einheit 3: Wie entsteht die Auftriebskraft?

Zu Beginn der Stunde erfolgte eine Wiederholung der letzten Unterrichtseinheit. Hierbei habe ich mich dafür entschieden, die Skizzen der Druckdosen nicht an die Tafel zu zeichnen, sondern in DIN A4-Format auszudrucken und die Schüler die Membranen und Druckkraftpfeile mit einem schwarzen Filzstift einzeichnen zu lassen. Dadurch können die Experimente genauer dargestellt werden, da die Größe der Druckdosen und Druckkraftpfeile besser verglichen werden können. Zudem ist diese Vorgehensweise sehr viel zeiteffizienter, da nicht jede einzelne Skizze angezeichnet, sondern nur aufgehängt werden muss. Die unvollständigen Skizzen, die an der Tafel zum Einzeichnen genutzt werden können, sowie die vollständigen Skizzen als Lösungsvorschlag, habe ich daher auch dem Materialteil hinzugefügt. Während dem Einzeichnen der Druckkraftpfeile und der Membranen kam es zu einem großen Andrang der Schüler die Komponenten an der Tafel einzeichnen zu dürfen. Um allen Kindern zukünftig das Einzeichnen zu ermöglichen, habe ich die unvollständigen Skizzen auch als Arbeitsblatt konzipiert. Zusätzlich würde das gleichzeitige bzw. parallele Einzeichnen im Plenum sicherstellen, dass alle Schüler mitdenken und am Ende dieser Unterrichtsphase das Ergebnis in ihren Unterlagen protokolliert hätten.

Wie geplant, habe ich die gewonnenen Erkenntnisse mithilfe einer erweiterten Druckdose angewendet. Eine Druckdose mit vier Membranen wurde nicht gebaut bzw. in der Klasse nicht durchgeführt. Eine theoretische Besprechung der zu erwartenden Ergebnisse bei einer solchen Druckdose stellte für die Kinder aber keine Schwierigkeiten dar. Die Schüler konnten auf Anhieb die richtige Größe der Druckkraftpfeile und eine entsprechend große Wölbung der Membranen auf der Skizze eintragen. Das korrekte Einzeichnen der Druckkraftpfeile und Membranen in eine halb so große Druckdose bereitete der Klasse ebenfalls keine Probleme. Das zeigt, dass die Durchführung bzw. der Bau von einer Druckdose für eine Klasse ausreicht.

Im Anschluss wurde der Auftriebspfeil eingeführt, der sich aus der Differenz der Druckkraftpfeile von oben und von unten ergibt. Das geplante Vorgehen und die Fragen, die im Unterrichtsverlaufsplan stehen, erwiesen sich hierbei als zielführend. Verbessert werden kann an dieser Stelle, dass keine eingezeichneten Druckkraftpfeile genommen werden. Stattdessen empfehlen sich ausgeschnittene Druckkraftpfeile, die der Größe der Pfeile der Skizzen entsprechen. So können die Schüler besser nachvollziehen um welche Pfeile es sich handelt, die genommen werden, um den Auftriebspfeil zu ermitteln.

Der Aufbau des Meeresplakates und die dahinterstehende Symbolik bereitete der Klasse keine Schwierigkeiten. Die Klasse konnte den Aufbau des Meeresplakates ohne Hilfestellung beschreiben. Bei der Aufgabe die fünf verschiedenen Druckkraftpfeile auf dem Meeresplakat zu platzieren, habe ich festgestellt, dass es verschiedene Möglichkeiten gibt diese richtig zuzuordnen. So befestigte ein Schüler die Druckkraftpfeile in senkrechter Position auf dem Plakat. Dabei war die Reihenfolge der Pfeile richtig. Einzige Verbesserungsmöglichkeit war, dass die Abstände der Spitzen der Druckkraftpfeile unterschiedlich lang waren. Nachdem dem Ergebnis des Kindes Wertschätzung entgegengebracht worden ist, wurden die Druckkraftpfeile von mir wieder umgeordnet und waagerecht neben dem Plakat angebracht, sodass die Spitzen der Pfeile auf Höhe der gestrichelten Linie waren. Warum diese Anordnung sinnvoller ist, konnte der Klasse anhand der Anwendung von verschiedenen Tauchsituationen von U-Booten gezeigt werden. Die Anwendung des Plakates wurde mehrmals mit zwei verschiedenen U-Booten durchgeführt. Dabei war eine hohe Schülerbeteiligung bemerkbar und die Beiträge waren zu einem großen Anteil richtig. Anfänglich stellte jedoch die Wahl der richtigen Druckkraftpfeile die Schüler vor eine Herausforderung, um die Kraft des Wassers von oben und von unten auf das U-Boot zu symbolisieren. Eine Schülerin wählte bei der ersten Tauchsituation für den oberen Pfeil einen zu kleinen aus und für den unteren einen zu großen Druckkraftpfeil. Durch die Hilfestellung von Mitschülern verstand die Schülerin an der Tafel, dass es die Pfeile nehmen muss, die auf Höhe der Ober- bzw. Unterseite des U-Bootes liegen. Dieser Fehler kam aber anschließend bei anderen Kindern an der Tafel nicht mehr vor.

Während dieser Unterrichtsphase hatte ich Bedenken, dass ich das Vorgehen für die Ermittlung des jeweiligen Auftriebspfeils zu oft im Plenum durchgeführt habe, oder dass es zu einfach für die Kinder sein könnte. Denn bis auf den bereits erwähnten anfänglichen Fehler war eine hohe Schülerbeteiligung zu beobachten. Zudem waren die Ergebnisse und deren Begründungen durchweg richtig. Doch die Sachunterrichtslehrerin vergewisserte mir, dass dieses Vorgehen aus ihrer Sicht richtig war. Häufige Wiederholungen bei einem neuen Thema seien wichtig, damit es alle Schüler im Anschluss allein durchführen können. Dies gelte insbesondere für die leistungsschwächeren Schüler.

Die Einschätzung der Lehrerin erwies sich letztendlich in der Einzelarbeitsphase als richtig. Hierbei sollten die Schüler bei verschiedenen Tauchsituationen von unterschiedlichen U-Booten die Auftriebspfeile ermitteln. Als Hilfestellung bekam jedes Kind ein eigenes Meeresplakat, drei U-Boote und fünf verschieden große Druckkraftpfeile in doppelter Ausführung. Wie die Sachunterrichtslehrerin richtig vermutet hatte, bereitete die Aufgabe den leistungstärken Kindern keine Schwierigkeiten. Bei den leistungsschwächeren Schülern konnte ich feststellen, dass es für sie hilfreich war, wenn der Auftriebspfeil eines U-Bootes gemeinsam mit einem anderen Kind oder mit mir erarbeitet wurde. Danach hatten sie die Vorgehensweise verstanden und konnten die weiteren Auftriebspfeile allein und überwiegend richtig ermitteln. Worauf ich beim nächsten Mal achten würde und nach der Überarbeitung auch im Unterrichtsverlaufsplan hingewiesen habe, ist die Organisation des Arbeitsplatzes bei den Schülern. Die Schüler, die die Aufgabe schnell lösten, hatten ihren Arbeitsplatz mit dem Meeresplakat und den Druckkraftpfeilen so angeordnet, wie es auch im Plenum an der Tafel vorgemacht wurde. Hingegen kamen die Schüler nur langsam voran oder hatten anfängliche Schwierigkeiten, die ihre Druckkraftpfeile nicht geordnet neben dem Meeresplakat liegen hatten. Somit konnten diese Schüler nicht schnell auf die Druckkraftpfeile zurückgreifen oder wählten die falschen Pfeile. Letztendlich sind fast alle Kinder mit dem Arbeitsauftrag in der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit fertig geworden und hatten überwiegend richtige Arbeitsergebnisse.

Eine weitere Änderung, die ich in dem Unterrichtsverlaufsplan vorgenommen habe, ist der Hinweis auf die auszuschneidenden U-Boote und Druckkraftpfeile.

Bei den U-Booten ist es hilfreich, wenn diese komplett oder an den Seiten eingefärbt werden, z.B. mit Buntstiften oder Textmarker. Das hat den Vorteil, dass die U-Boote auf dem weißen Meeresplakat besser zu sehen sind. Wenn die Meeresplakate für die Kinder auf buntem Papier gedruckt wurden, gilt dies natürlich nicht. Zum anderen ist es für die Schüler hilfreich, wenn die Druckkraftpfeile vor dem Ausschneiden einlaminieren wurden. Dadurch lassen sich die Druckkraftpfeile auf dem Arbeitsblatt besser umranden und ermöglichen genauere Arbeitsergebnisse. Sowohl das Einfärben und Ausschneiden der U-Boote, als auch das Einlaminieren und Ausschneiden der Druckkraftpfeile, habe ich für jeden Schüler vor dem Unterricht übernommen. Grund dafür war, dass ich die zur Verfügung stehenden zwei Schulstunden nicht überschreiten wollte. Letztendlich war dies auch die richtige Entscheidung, da das restliche Unterrichtsvorhaben die gesamte Doppelstunde ausfüllte. Jedoch stellt bei einer Klasse von 18 Kindern das Herstellen von 54 solchen U-Booten und 180 Druckkraftpfeilen einen zu hohen zeitlichen Arbeitsaufwand für eine Lehrkraft dar. Daher habe ich das Ausschneiden der U-Boote und Druckkraftpfeile als Hausaufgabe für die Schüler vermerkt.

Während der Einzelarbeitsphase sind die Schüler zu unterschiedlichen Zeiten mit dem Arbeitsblatt fertig geworden. Das ermöglichte mir mit einzelnen Kindern über ihre Arbeitsergebnisse ins Gespräch zu kommen. Das Mädchen, das am schnellsten fertig war, konnte mir die Ergebnisse sehr differenziert erklären. Zum einen konnte sie mir unter Verwendung der gelernten Fachbegriffe erklären, warum die Auftriebskraft bei einem größeren U-Boot größer ist als bei einem kleineren U-Boot. Zum anderen konnte sie mir darlegen, warum die Auftriebskraft bei demselben U-Boot bei jeder Tauchtiefe gleich groß ist. Auch alle weiteren Schüler, mit denen ich einzeln gesprochen habe, konnten mir erklären warum der Auftrieb bei verschiedenen U-Booten unterschiedlich groß ist. Auch den Umstand, dass die Auftriebskraft von einem Körper in jeder Eintauchtiefe gleich groß ist, konnten die meisten Schüler von dem Arbeitsblatt ablesen, wenn auch nur unzureichend erklären wieso das so ist. Auch in der letztendlichen Besprechung im Plenum zeichnete sich ein ähnliches Bild ab wie in den vorherigen Einzelgesprächen. Somit konnte nicht nur das Stundenziel erreicht werden, nämlich zu verstehen wie die Auftriebskraft bei einem Körper

zustande kommt, sondern darüber hinaus noch weitere Erkenntnisse erlangt werden. Die genannten Erkenntnisse habe ich daher auch noch als optionale Lernziele in den Stundenverlaufsplan eingefügt.

Reflexion Einheit 4: Wann schwimmt ein Gegenstand an der Wasseroberfläche und wann geht er unter? - Die Wirkung der Gewichtskraft

Mithilfe von drei gleichgroßen, durchsichtigen Dosen, die unterschiedlich voll mit Sand gefüllt waren und in ein Wasserbehältnis gelegt wurde, sollten zunächst die bisherigen Erkenntnisse der Unterrichtseinheit wiederholt werden. Anders als im ursprünglichen Unterrichtsverlaufsplan beschrieben wurde, habe ich dafür keine Skizzen an die Tafel gemalt, sondern das Meeresplakat der letzten Unterrichtseinheit genutzt. Dies ermöglichte zum einen eine bessere Vergleichbarkeit des aus den Druckkraftpfeilen resultierenden Auftriebspfeils. Zum anderen konnte so an die letzte Unterrichtseinheit besser angeknüpft werden. Daher habe ich die Empfehlung zur erneuten Nutzung des Meeresplakates dem Unterrichtsverlaufsplan hinzugefügt.

Dass die Auftriebspfeile sowohl bei dem sinkenden als auch bei dem schwimmenden U-Boot gleich groß sind, bereitete den Schülern keine Schwierigkeiten. Von mehreren Schülern kam auf dieses Phänomen sofort die Reaktion, dass die Auftriebskraft zwar gleich groß ist, aber beide Dosen unterschiedlich schwer sind. Daher verlief auch die Einführung der Gewichtskraftpfeile problemlos.

Die Schüler konnten die Gesetzmäßigkeit der Druckkraftpfeile und Auftriebspfeile auf die Gewichtskraftpfeile übertragen und ordneten den größeren Gewichtskraftpfeil dem sinkenden U-Boot zu und den kürzeren Pfeil dem schwimmenden U-Boot. An dieser Stelle wurde auch, wie geplant, das Größenverhältnis zwischen dem Auftriebspfeil und dem Gewichtspfeil bei dem sinkenden und dem steigenden U-Boot thematisiert. Hier hatte ich den Eindruck, dass die leistungsschwächeren Schüler die erarbeiteten Zusammenhänge noch nicht ganz verstanden. Daher erwies sich das Erstellen eines Merkplakates als methodisch richtige Entscheidung. Durch die ausschließliche Darstellung von einem Auftriebspfeil im Verhältnis zu einem größeren bzw. kleineren Gewichtskraftpfeil ohne Druckkraftpfeile konnte der Zusammenhang zwischen

der Größe der Auftriebskraft und der Gewichtskraft besser visualisiert werden. Zum besseren Einprägen habe ich den Schülern noch einmal die beiden Dosen gezeigt und jeweils gefragt: „Wer gewinnt? Der Auftrieb oder die Gewichtskraft?“ Zur weiteren Vertiefung habe ich noch weitere Beispiele genannt und der Klasse immer wieder die gleichen Fragen gestellt. Zum einen hatte die Klasse Spaß an dieser Aufgabe und das Wissen wurde vertieft bzw. angewendet. Zum anderen bereiteten diese Fragen auf die erste Aufgabe des später folgenden Arbeitsblattes vor. Daher habe ich diese kurze Unterrichtsphase dem Unterrichtsverlaufsplan hinzugefügt.

Anschließend wurde der Klasse die dritte und letzte Dose gezeigt, die etwa zu zwei Drittel mit Sand gefüllt war. Die Vermutungen gingen hierbei auseinander, ob die Dose sinken oder schwimmen wird. Einige Kinder vermuteten aber schon richtig, dass die Dose schweben wird. Die schwebende Dose beeindruckte die Klasse sichtlich. Dass diese Unterrichtsphase besonders in Erinnerung geblieben ist, kann auch aus einer Zeichnung abgeleitet werden, die mir ein Schüler in der nächsten Unterrichtseinheit schenkte (siehe Abb. 33). Das Verhältnis zwischen Auftriebspfeil und Gewichtspfeil wurde im Anschluss durch die Schüler problemlos auf dem Merkplakat ergänzt. Dennoch musste ich während der Vorbereitung für dieses Experiment feststellen, dass es sehr schwierig ist den schwebenden Zustand bei einer Dose mit Sand zu erreichen. Zwischen Steigen, Schweben und Sinken entschieden letztendlich ein paar Sandkörner. Auf diesen Umstand habe ich deshalb im Verlaufsplan hingewiesen.



Abb. 33: Bild eines Schülers

Im Anschluss erfolgte das Experiment „Filmdosen“. Zu Beginn hatte ich geplant für dieses Experiment Dosen von Brausetabletten zu verwenden. Da ich aber bis zum Beginn dieser Unterrichtseinheit nicht genügend solcher Dosen sammeln konnte, habe ich nach Alternativen gesucht. Letztendlich habe ich mich für

Filmdosen entschieden. Diese können in großer Anzahl kostengünstig erworben werden. Zudem werden auch Filmdosen angeboten, die transparent sind. Dadurch müssen die Dosen nicht beschriftet werden, stattdessen können die Schüler den Inhalt mit eigenen Augen sehen. Daher habe ich zum einen die Empfehlung für die Lehrkräfte in Bezug auf das Material geändert. Zum anderen habe ich die Skizzen auf dem Arbeitsblatt geändert, sodass dort nun in den einzelnen Skizzen die Form einer Filmdose statt einer Brausetablettendose abgebildet ist. Darüber hinaus habe ich bei der Wahl der Materialien und der Erstellung des Arbeitsblattes darauf geachtet, dass insgesamt drei Filmdosen schwimmen und drei untergehen. Wie ich aber falsch vermutet habe, ist die Dose mit den Murmeln geschwommen. Daher habe ich statt der Filmdose ohne Füllung eine Dose mit Schrauben gefüllt und das Arbeitsblatt entsprechend angepasst.

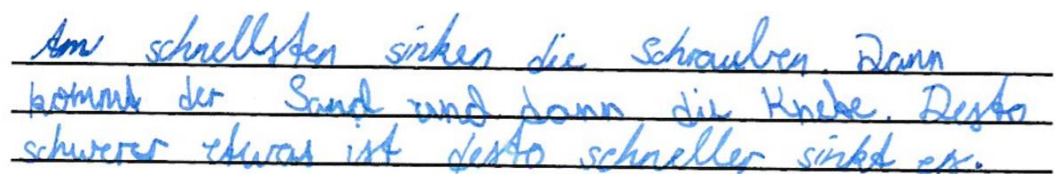
Methodisch entschied ich mich wieder dafür die Klassen in vier Gruppen einzuteilen und an Gruppentischen arbeiten zu lassen. Im Gegensatz zu den ersten beiden Unterrichtseinheiten fand kein Wechsel der Stationen statt, da nur ein Experiment in der Gruppenarbeitsphase vorgesehen war.

Gleich zu Beginn der Arbeitsphase ist mir aufgefallen, dass die Schüler das Experiment direkt ausprobierten und die Dosen ins Wasser legten ohne zuvor ihre Vermutungen auf dem Arbeitsblatt einzutragen. Um dem entgegenzuwirken, hätte ich diesen Arbeitsschritt vorher im Plenum besprechen sollen. Zusätzlich habe ich den Aufbau des Arbeitsblattes geändert. In der Tabelle habe ich zusätzliche Spalten für die Vermutungen hinzugefügt. Dementsprechend habe ich die zweite Aufgabe weggestrichen, in der sie ihre Vermutungen mit einem roten Stift durch Ausprobieren korrigieren sollten. Bei den Vermutungen, die protokolliert wurden, war auffällig, dass das Verhalten im Wasser bei den Materialien Styropor, Schaumstoff, Schrauben und Sand immer richtig eingeschätzt wurde. Falsche Vermutungen kamen bei der Knete, die in der Filmdose nach unten sank, und bei den Murmeln auf, die in der Filmdose an der Wasseroberfläche schwammen.

Bei der nächsten Aufgabe haben alle Kinder richtig erkannt, dass die Röhrchen unterschiedlich schnell sinken. Für diesen Aufgabenstellung habe ich den Schülern vorher gezeigt, dass die Dosen alle in senkrechter Position ins Wasser gelegt werden sollen, um ein besseres Vergleichen zu ermöglichen. Dennoch

kamen bei dem Vergleich der Sinkgeschwindigkeit weitere Schwierigkeiten auf. Beispielsweise konnte ich folgende Situation mehrfach beobachten: Zwei Schüler hatten jeweils eine sinkende Dose in der Hand. Es wurde bis drei gezählt, dann ließen beide Schüler ihre Dosen los. Dies führte häufig zu falschen Vermutungen, da die Kinder die Dosen in unterschiedlicher Höhe oder nicht genau gleichzeitig losließen. Daher habe ich mit jeder der vier Gruppen folgende Vorgehensweise einzeln erarbeitet: Eine Person hält in jeweils einer Hand eine Dose. Diese befinden sich auf gleicher Höhe kurz über der Wasseroberfläche und werden gleichzeitig losgelassen. Um diesen Schwierigkeiten in der Gruppenarbeitsphase vorzubeugen, habe ich diese Erarbeitung dem Unterrichtsverlaufsplan hinzugefügt.

Bei der Bearbeitung der Aufgabe gaben vier Kinder zusätzlich eine Begründung an. Eine Schülerin schrieb beispielsweise:



Am schnellsten sinken die Schrauben. Dann kommt der Sand und dann die Knete. Desto schwerer etwas ist desto schneller sinkt es.

Abb. 34: Beispielhafte Schülerantwort

Um zukünftig alle Kinder ihre Beobachtungen begründen zu lassen, habe ich die Fragen „Warum ist das so? Was vermutest du?“ als zusätzliche Aufgabe hinzugefügt.

Bei der Bearbeitung der nächsten Aufgabe haben alle Kinder die Auftriebspfeile richtig eingezeichnet. Hier zeigt sich, dass die Ermittlung des Auftriebspfeils in der letzten Unterrichtseinheit in ausreichender Form geübt wurde. Die Einzeichnung der Gewichtspfeile war bei den meisten Schülern ebenfalls richtig. Bei insgesamt fünf Kindern waren hierbei Ungenauigkeiten oder falsche Ergebnisse festzustellen. Um den Schülern ein leichteres Einzeichnen der Auftriebspfeile und Gewichtskraftpfeile zu ermöglichen, habe ich die Skizzen und die Druckkraftpfeile vergrößert.

Die Ergebnissicherung im Plenum erfolgte wie geplant. Zusätzlich nannte eine Schülerin noch die Beobachtung, dass die Dosen mit Styropor und Schaumstoff weiter oben an der Wasseroberfläche schwimmen als die Dose mit den Murmeln. Daraufhin beschrieb ein weiterer Schüler folgenden Sachverhalt, den er im

Anschluss der Klasse zeigen durfte: Er nahm die Dose mit dem Styropor und die Dose mit den Murmeln in jeweils eine Hand und ließ sie beide etwa 30cm über der Wasseroberfläche gleichzeitig los. Während die Dose mit dem Styropor nur minimal ins Wasser eintauchte, tauchte die Dose mit den Murmeln bis etwa zur Mitte des Wasserbehältnisses und stieg dann zur Wasseroberfläche. Die Begründung für beide Sachverhalte wurde im Plenum besprochen. Beide Beobachtungen habe ich daher im Unterrichtsverlaufsplan als mögliche Aspekte bei der Ergebnissicherung im Plenum hinzugefügt.

Reflexion Einheit 5: Die Wirkung der Fläche

Die Wiederholung des Experiments „Plastikröhrchen“ nahm nur wenig Zeit in Anspruch. Die Schüler konnten sich gut an das Experiment der letzten Unterrichtseinheit erinnern und die Beobachtungen mit den gelernten Fachbegriffen erklären.

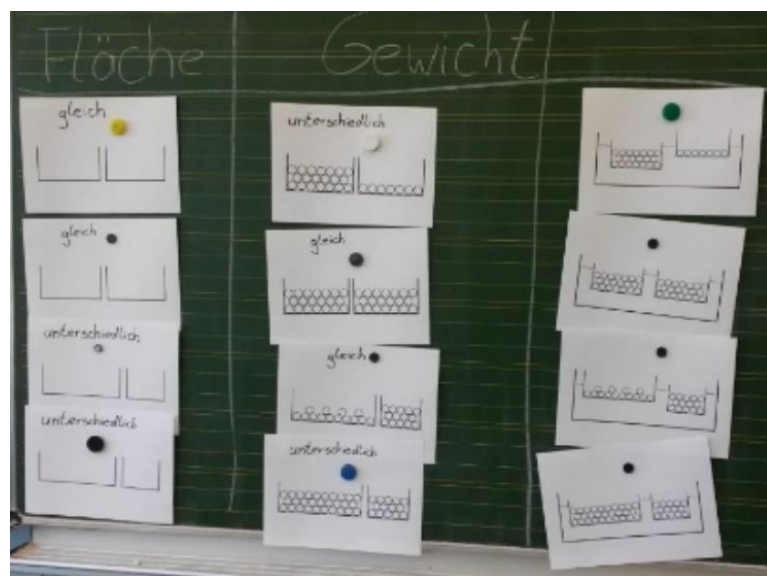


Abb. 35: entstandenes Tafelbild

Im Anschluss erfolgten die verschiedenen Experimente mit Murmeln, die in Boxen gelegt wurden. Parallel dazu entstand eine Tabelle an der Tafel, die alle vier Experimente darstellte und die wesentlichen Aspekte zusammenfasste (siehe Abb. 35). Die Voraussagung bzw. Begründung der ersten beiden Experimente (siehe erste beiden Zeilen der Abb. 35) bereitete den Schülern keine Schwierigkeiten. Erste Schwierigkeiten kamen in dem dritten Experiment auf. Bei diesem Experiment wurden zwei unterschiedlich große Boxen mit gleich

vielen Murmeln beladen. Die Vermutungen, wie tief die beiden Boxen im Vergleich zueinander im Wasser sinken, waren noch richtig. Doch bei dessen Begründung antwortete ein Schüler: „Die kleine Box sinkt tiefer, weil sie schwerer ist.“ Daher nahm ich aus beiden Boxen alle Murmeln heraus. Da ich die Murmeln in Netzen gebündelt hatte, konnte ich die Murmeln aus jeder Dose in jeweils einer Hand halten. Daraufhin revidierte der Schüler seine Meinung. Daran zeigt sich folgende Schwierigkeit, die bei Schülern auftreten können: Durch das geringere Volumen der kleinen Box sieht die gleiche Menge an Murmeln nach mehr aus in der größeren Box. Aber in zwei gleich großen Händen sieht die gleiche Anzahl an Murmeln wieder gleich aus. Die Frage nach einer optimalen Verteilung der Murmeln bei Boxen mit unterschiedlich großer Fläche bereitete den Schülern keine Schwierigkeiten.

Abschließend heftete ich ein Bild des letzten Experiments mit eingezeichneten Druckkraftpfeilen an die Tafel (siehe Abb. 36). Mithilfe der eingezeichneten Druckkraftpfeile konnten die Schüler selbstständig das Lernziel formulieren, dass je größer die Fläche eines Gegenstandes ist, umso mehr Kraft kann das Wasser auf einen Gegenstand ausüben. Diese Gesetzmäßigkeit konnten die Schüler auch auf die weiteren durchgeführten Experimente anwenden.

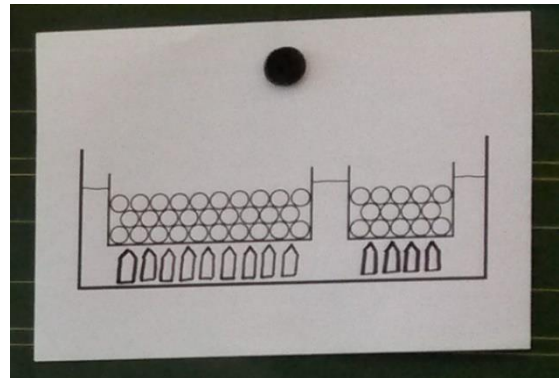


Abb. 36: Unter die größere Dose können mehr Druckkraftpfeile eingezeichnet werden.

Das erarbeitete Wissen sollte im Anschluss in dem Schülerexperiment „Knete“ angewendet werden. Da ich schon in der Vorbereitung für die erste Unterrichtseinheit die Erfahrung gemacht habe, dass selbstgemachte Knete wasserlöslich ist, nutzte ich industriell hergestellte Knete. Diese erwies sich als wasserabweisend, sodass dessen Nutzung auch anderen Lehrkräften weiterempfohlen werden kann. Zudem wird



Abb. 37: Jeder Schüler erhält einen Knetwürfel.

handelsübliche Knete häufig in stangenform verkauft. Das ermöglichte mir jedem Kind die gleiche Menge an Knete zu geben (siehe Abb. 37, hier wurden jeweils für jeden Schüler zwei Stangen zu einem Knetwürfel geformt).

Da die Knete nur in bootsähnlicher Form schwamm, war es für die Kinder kein Problem viele verschiedene Formen zu finden, in der die Knete zu Boden sank. Bei der nächsten Aufgabe sollten die Schüler die Knete so formen, dass sie schwimmt. Hierbei hatten einige



Abb. 38: Beispielhaftes Knetboot einer Schülerin

Schüler zunächst Schwierigkeiten. Beispielsweise formten mehrere Kinder ihre Knete zu einer Platte. Da aber bei jedem Schwimmversuch der zu einer Platte geformten Knete Wasser auf die Oberseite lief, sank die Knete zu Boden. Hieran zeigt sich aber, dass das Wissen aus der vorherigen Unterrichtsphase versucht wurde anzuwenden. Durch Tipps von anderen Kindern bogen die jeweiligen Schüler die Ränder ihrer Knetplatten nach oben, sodass die Knete schwamm. Die Schüler hatten sichtlich Freude an der Optimierung ihrer Knetboote. Beispielsweise funktionierten einige Schüler ihre Filzstifte in Nudelhölzer um, um ihre Knete noch flacher und somit größer zu bekommen. So ging auch eine Schülerin vor, die es schaffte am meisten Muttern mit ihrem Knetboot zu transportieren (siehe Abb. 38). Ursprünglich wollte ich die Schüler versuchen lassen Murmeln auf ihren Knetbooten transportieren zu lassen. Da eine Murmel aber im Verhältnis zur Verfügung stehenden Knete viel wiegt und zudem auf dem Boot nicht in einer Position verharret, habe ich nach anderen Möglichkeiten gesucht. Kleine Muttern stellten sich als eine gute Alternative heraus. Die genutzten Muttern waren leichter als Murmeln und rollten zudem nicht. Daher habe ich auch das Arbeitsblatt entsprechend angepasst.

Als letzten Arbeitsschritt in der schülerzentrierten Arbeitsphase sollten die Kinder erklären warum Knete sinken und schwimmen kann. Hierbei war es für mich besonders interessant wie unterschiedlich die Schüler argumentierten bzw. ihre Antworten formulierten. Eine Schülerin orientierte sich in ihrer Begründung und ihrer Skizze beispielsweise sehr an der vorherigen Unterrichtsphase:



Abb. 39: Antwort und Skizze einer Schülerin

Andere Schüler bezogen sich ebenfalls auf die vorherige Unterrichtsphase und formulierten ihre Erkenntnisse in eigenen Worten in Bezug auf die Knete. Hier ein Beispiel eines Schülers:

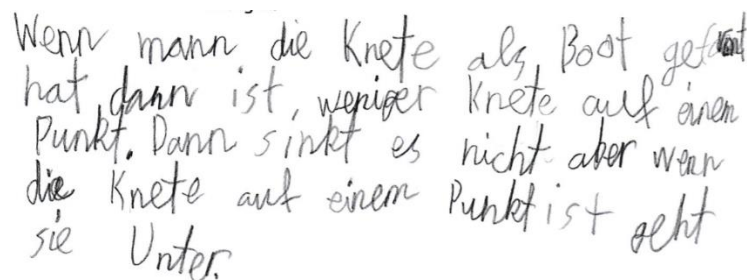


Abb. 40: Antwort eines Schülers

Auch war der Bezug zu anderen Unterrichtseinheiten in den Schülerantworten zu erkennen. So schrieb beispielsweise ein Schüler:

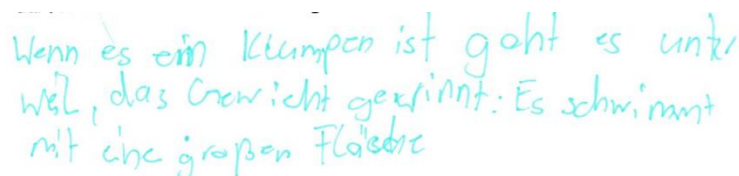


Abb. 41: Antwort eines Schülers

Hieran zeigt sich, dass sich die Frage aus der vorherigen Unterrichtseinheit „Wer gewinnt: Auftrieb oder Gewicht?“ bei dem Schüler eingepreßt hat und er diesen Grundsatz auf weitere Sachverhalte anwenden kann.

In der anschließenden Unterrichtsphase bin ich vom ursprünglichen Unterrichtsverlaufsplan abgewichen. Statt Skizzen an der Tafel anzufertigen zu sinkenden und schwimmenden Knetformen habe ich die Schüler gebeten ihre Knetboote mit in den Sitzkreis zu bringen. Hier wurden einzelne Boote ausgewählt und gemeinsam gezählt wie viele Muttern jeweils getragen werden konnten, bis die Knete unterging. Durch die unterschiedliche Tragfähigkeit der Knetboote konnten die Lernziele noch einmal aufgearbeitet werden. Da ich dieses Vorgehen für empfehlenswert halte, habe ich den Unterrichtsverlaufsplan entsprechend abgeändert.

Da nach Abschluss der Ergebnissicherung noch etwa eine halbe Stunde bis Unterrichtsende Zeit war, habe ich den Schülern eine weitere Aufgabe gestellt. In ihren Gruppen sollten die Schüler ein Boot bauen, das noch mehr Muttern tragen konnte als das bisher tragfähigste Boot (siehe Abb. 38). Noch im Sitzkreis nannten die Schüler ohne Hilfestellung meinerseits die Möglichkeit mehr Knete für den Bau eines Bootes zu verwenden. Die Schüler haben nicht mehr Knete von mir erhalten, sondern die bereits erhaltene Knete aus der vorherigen Unterrichtsphase genutzt. Ich hatte erwartet, dass die Schüler ihre Knete zu einem Knetball formen und daraus wiederum ein Boot formen. Stattdessen gingen alle vier Gruppen wie folgt vor: Jedes Kind formte seine Knete so flach wie möglich. Anschließend fügten sie die Knetteile zusammen und bogen die Ränder nach oben. Durch die verschiedenen Farben der Knete wurde auch der Anteil jedes Kindes an dem Knetboot sichtbar (siehe Abb. 42). Im Plenum wurde wieder jedes Boot auf seine maximale



Abb. 42: Gemeinsames Boot einer Schülergruppe

Tragfähigkeit geprüft. Das tragfähigste Boot konnte 58 Muttern an der Wasseroberfläche tragen bevor es unterging und wurde von einer Gruppe mit fünf Kindern gebaut. Ohne Hinweis meinerseits bemerkten mehrere Schüler, dass die beiden Fünfergruppen einen Vorteil gegenüber den beiden Vierergruppen hatten. Weiter erklärte ein Schüler richtig, dass die Fünfergruppen mehr Knete zur Verfügung hatten und so ein Boot mit größerer

Fläche bauen konnten. Hieran zeigt sich, dass das Lernziel der Stunde erreicht wurde und noch einmal auf zusätzliche Art und Weise visualisiert werden konnte. Daher habe ich diese Unterrichtsphase als optionale Phase dem Unterrichtsverlaufsplan hinzugefügt.

Reflexion Einheit 6: Der kartesische Taucher

Zu Beginn der Stunde wurde mit der Klasse die Bestandteile eines kartesischen Tauchers anhand von drei verschiedenen Beispielen besprochen, die an unterschiedlichen Orten im Sitzkreis lagen. Das ermöglichte, dass alle Kinder trotz der geringen Größe einen kartesischen Taucher sehen konnten. Die Bestandteile wurden alle schnell erkannt. Bei den Vermutungen, was passieren wird, wenn der kartesische Taucher ins Wasser gelegt wird, war die Klasse zwiegespalten. Etwas mehr als die Hälfte der Klasse vermutete, dass der Teufel schwimmen wird. Zwei Kinder vermuteten, dass er schweben wird und der restliche Teil der Klasse schätzte, dass der kartesische Teufel untergehen wird. Bei den Vermutungen, was passieren wird, wenn auf die Seiten der Flasche gedrückt wird, wenn sich der Teufel in der Flasche befindet, zeigt sich ein anderes Bild. Der erste drangenommene Schüler kannte dieses Experiment bereits und erläuterte, was passieren wird. Auf Nachfrage kannten fünf weitere Schüler dieses Experiment. Diese Schüler hatten dieses Experiment in einer Fernsehsendung gesehen. Selbst gebaut hatten sie einen kartesischen Taucher aber noch nicht. Zudem konnten die Schüler das Zustandekommen des Steigens und Sinkens nicht erklären.

In dieser Unterrichtsphase entschied ich mich dafür die physikalischen Hintergründe des kartesischen Tauchers kurz im Plenum zu besprechen. Dafür teilte ich den Schülern die Abbildung der zwei Flaschen mit den entsprechenden Druckkraftpfeilen aus (siehe Abb. 43). Durch die Abbildung konnten die Schüler selbstständig erarbeiten, dass das Wasser im Rohr ansteigt, wenn die Flasche gedrückt wird. Wie zuvor erwartet, hatte ich den Eindruck, dass nicht alle Kinder die weiteren physikalischen

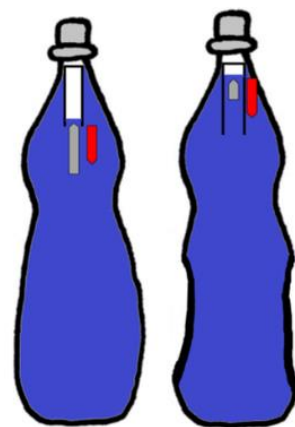


Abb. 43: Erklärungshilfe für die Funktionsweise eines kartesischen Tauchers

Zusammenhänge verstanden. Jedoch konnten mir am Ende dieser Unterrichtsphase mehrere leistungsstarke Schüler die Funktionsweise des kartesischen Tauchers in ihren eigenen Worten aus physikalischer Sicht erklären.

In der anschließenden Unterrichtsphase sollten die Schüler einen eigenen kartesischen Taucher bauen mit selbstmitgebrachten Materialien. Die Zeit, die die Schüler für einen funktionsfähigen kartesischen Taucher benötigten, hing insbesondere von der Größe des Materials ab. Bei den Filzstiftkappen eigneten sich am besten die Filzstiftkappen der Marke „Rex“. Bei kleineren Filzstiftdeckeln, wie z.B. die Filzstiftdeckel der Marke „Stabilo“, hatten die Kinder die Schwierigkeit die Büroklammer selbstständig in der Kappe zu befestigen. Außerdem war das Verhältnis von Gewicht und Volumen bei den Filzstiftkappen der Marke „Rex“ besser ausgeglichen. Des Weiteren stellten sich Flaschen mit einem Fassungsvermögen von 0,5l als geeignetste Variante für die Kinder heraus, da bei größeren Flaschen mehr Druck ausgeübt werden muss. Hierfür reichte oftmals die Kraft in den Händen der Kinder nicht aus, um den kartesischen Teufel zum Sinken zu bringen. Letztendlich haben es aber alle Kinder in der zur Verfügung stehenden Zeit geschafft einen funktionsfähigen kartesischen Taucher zu bauen.

Für den Unterrichtsabschluss entschied ich mich für das „Theaterstück“ und las der Klasse im Sitzkreis die Geschichte „Flori der Flaschenteufel“ vor. Die Handlungen in der Geschichte waren eindeutig genug formuliert, sodass die Schüler immer wussten, wie sie ihren Teufel in der Flasche bewegen sollten. Einzige Schwierigkeiten kamen bei folgender Passage auf: „Auf dem Weg zur Schule ist Flori im Ranzen durchgeschüttelt worden und ganz unkontrolliert durch die Flasche gehüpft.“ Hier drückten viele Kinder nicht mehr auf die Seiten der Flasche, sondern schüttelten die ganze Flasche. Das hatte zur Folge, dass bei vielen Filzstiftkappen die Luft entwich und die kartesischen Taucher dauerhaft zu Boden sanken. Daher habe ich diese Textstelle entsprechend umgeschrieben.

Reflexion der Lernergebnisse der gesamten Unterrichtseinheit

Um die Lernergebnisse der Klasse besser beurteilen zu können, habe ich vor Beginn der letzten Unterrichtseinheit „Der kartesische Taucher“ der Klasse ein Arbeitsblatt mit verschiedenen Aufgaben ausgeteilt. Die Fragen bezogen sich auf alle bisherigen fünf Unterrichtseinheiten. Bei den Aufgabenarten handelte es sich sowohl um Reproduktions- als auch um Transferaufgaben. An dieser Stelle sei erwähnt, dass von den 18 Schülern an diesem Tag drei Kinder krank waren. Dadurch haben insgesamt 15 Kinder die Aufgaben ausgefüllt.

Bei der ersten Aufgabe sollten die Schüler in Stichpunkten oder Sätzen aufschreiben, was sie alles in den letzten fünf Doppelstunden Sachunterricht gelernt haben. Hierbei wollte ich insbesondere herausfinden, welche Lernziele und Unterrichtsinhalte bzw. -einheiten den Schülern besonders in Erinnerung geblieben sind. Die einzelnen Nennungen habe ich den jeweiligen Unterrichtseinheiten zugeordnet und anschließend die Häufung der jeweiligen Nennungen ermittelt. Die einzelnen Ergebnisse sind der Tabelle zu entnehmen (siehe Tab. 1 auf der nächsten Seite). Als besonders einprägsam für die Kinder stellt sich der Aspekt heraus, dass alles im Wasser leichter wird, den etwa die Hälfte aller Kinder nannten. Ebenfalls rund die Hälfte aller Kinder nannten die Druckkraft-, Auftriebs-, und Gewichtskraftpfeile. Hieraus kann abgeleitet werden, dass die Schüler gelernt haben welche Komponenten beim Verhalten eines Körpers im Wasser eine Rolle spielen.

Unterrichtseinheit	Nennung	Anzahl
1 „Weshalb sinkt ein U-Boot nicht immer auf den Meeresgrund?“	Im Wasser wird alles leichter.	8
2 „Das Wasser übt Kräfte aus“	- Druckkraftpfeile - Wasser drückt von allen Seiten auf einen Gegenstand. - Wasser drückt weiter unten stärker als weiter oben.	7 4 2
3 „Wie entsteht die Auftriebskraft?“	Auftriebspfeile	9
4 „Die Wirkung der Gewichtskraft“	- Gewichtspfeile - Es gibt Gegenstände, die im Wasser schweben können. - Es gibt sinkende und schwimmende Gegenstände.	7 4 3
5 „Die Wirkung der Fläche“	- Flache Gegenstände schwimmen besser. - Ein großes Boot kann mehr tragen als ein kleines Boot.	1 1

Tab. 1: Übersicht der Schülerantworten auf die Frage, was sie alles gelernt haben.

Bei der nächsten Aufgabe sollten die Schüler die Korrektheit von Aussagen überprüfen (siehe Abb. 44). Teilweise beinhalteten die Aussagen Aspekte, die die Schüler bereits in der vorherigen Aufgabe genannt haben. Ich gehe aber nicht davon aus, dass die Schüler die Aussagen aus der zweiten Aufgabe für die erste Aufgabe abgeschrieben haben, da diese zuvor nicht gemeinsam gelesen wurden und die Schüler die Anweisung hatten die Aufgaben nach der Reihenfolge zu bearbeiten. Zudem formulierten die Schüler ihr erlerntes Wissen in ihren eigenen Worten.

2) Sind die Aussagen richtig oder falsch? Kreuze an!

Aussage	richtig	falsch
Im Wasser wird alles leichter.	✓	
Wasser drückt <u>nur</u> von oben und von unten auf einen eingetauchten Gegenstand.		✗
Je tiefer ein Gegenstand im Wasser ist, desto mehr drückt das Wasser auf den Gegenstand.	✓	
Ob ein Gegenstand schwimmt, schwebt oder sinkt, hängt allein von der Größe des Gegenstandes ab.		✗

Abb. 44: Beispielhaftes Schülerergebnis mit richtigen Antworten

Die erste Aussage bezieht sich auf die erste Unterrichtseinheit. Die zweite und dritte Aussage lässt sich aus der zweiten Unterrichtseinheit ableiten. Alle drei Aufgaben beantworteten alle 15 Schüler richtig. Die letzte Aussage bezieht sich

auf mehrere Unterrichtseinheiten. Diese Frage beantworteten insgesamt 10 Kinder richtig und fünf Kinder falsch.

Die nächsten drei Aufgaben waren reine Reproduktionsaufgaben und bezogen sich auf den Umgang mit den erlernten Druckkraft-, Auftriebs-, und Gewichtskraftpfeilen (siehe Abb. 45). Bei der ersten dieser Aufgaben zeichneten drei Schüler nur einen Pfeil von unten ein. 12 der 15

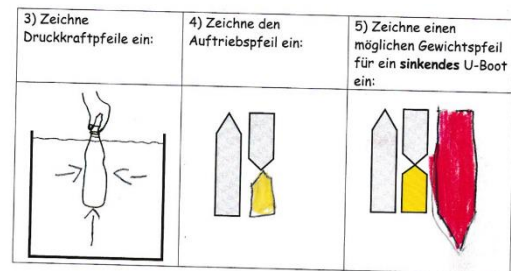


Abb. 45: Beispielhaftes Schülerergebnis mit fehlerfreien Skizzen

Schüler zeichneten Druckkraftpfeile von allen Seiten ein. Hierbei sei jedoch erwähnt, dass sechs Schüler gleich große Pfeile einzeichnete. Die anderen sechs Kinder zeichneten die oberen Pfeile kleiner ein als die unteren. Den geforderten Auftriebspfeil aus der Aufgabe 4) zeichneten alle Kinder richtig ein. Auch das Einzeichnen eines Gewichtspfeils für ein sinkendes U-Boot bereitete den meisten Schülern keine Schwierigkeiten. 12 der 15 Schüler malten einen Gewichtspfeil ein, der länger als der Auftriebspfeil war.

Die nächste Aufgabe bezog sich insbesondere auf die vierte Unterrichtseinheit. Zum einen musste hier das Merkplakat der vierten Einheit reproduziert werden. Die Reproduktion des Merkplakates war bei allen Schülern richtig. 12 der Schüler

Auftrieb	Gewicht	Was passiert?	Beispiel
		schwimmt	Schwamm
		sinkt	Knete
		schwebt	Eine Dose die halb voll mit Sand ist.

Abb. 46: Beispielhaftes Schülerergebnis

nutzten auch die richtigen Fachbegriffe „schwimmt“, „sinkt“ und „schwebt“. Zwei Kinder schrieben „geht unter“ statt „sinkt“ und ein Kind antwortete mit „bleibt in der Mitte“ statt „schwebt“. Zum anderen sollten die Schüler für alle Situationen (schwimmen, sinken, schweben) ein Beispiel nennen. Hierbei konnten sie auf alle Einheiten zurückgreifen oder Alltagswissen anwenden. Am häufigsten nutzten die Schüler Beispiele aus der vierten Unterrichtseinheit (Experiment „Plastikröhrchen“ und Lehrerdemonstration „Sanddosen“). Die

genaue Verteilung der Beispiele kann der folgenden Tabelle entnommen werden:

	Experiment „Plastikröhrchen“	Lehrerdemo „Sanddosen“	Experiment „Knete“	U-Boot	Eigene Beispiele
schwimmt	10	2	-	2	1
sinkt	6	2	2	2	3
schwebt	-	11	-	3	1

Tab. 2: Übersicht über die Anzahl der Nennungen für verschiedene Beispiele bei den Situationen „schwimmt“, „schwebt“ und „sinkt“

Bei den letzten zwei Aufgaben handelt es sich um Transferaufgaben. Bei der ersten dieser beiden Aufgaben ging es um die Frage, warum es im Wasser leichter ist jemanden zu tragen. Erfreulich war für mich, dass alle 15 Schüler hierfür eine Begründung finden konnten, die in Bezug zu den Inhalten der Unterrichtsreihe standen. Exemplarisch sind im Folgenden zwei Schülerantworten zitiert: „Das ist so, weil das Wasser immer den Gegenstand (in diesem Fall ein Mensch) nach oben drückt.“ und „Im Wasser gibt es Auftrieb. Der Auftrieb hilft einem beim Tragen im Wasser.“

Die nächste Frage „Wieso schwimmt ein großer Baumstamm auf dem Wasser, während kleine Kieselsteine untergehen?“ stellte ein Schüler während der zweiten Unterrichtseinheit. Zu diesem Zeitpunkt hatte noch kein Mitschüler eine Antwort dafür. Ich antwortete dem Schüler, dass das eine sehr gute Beobachtung sei und wir den Grund dafür noch herausfinden werden. Die Frage selbst habe ich mit der Klasse nicht mehr gemeinsam aufgegriffen. Auch hier konnten alle Schüler eine Antwort finden, die sich auf Lernziele aus verschiedenen Unterrichtseinheiten beziehen. Die Antwort „Wegen der großen Fläche wird der Baumstamm von den Auftriebspfeilen hochgedrückt und weil die Kieselsteine kleiner sind, ist es für den Gewichtspfeil leichter“ lässt sich beispielsweise auf die vierte Unterrichtseinheit beziehen, in der das Verhältnis von Auftrieb und Gewichtskraft thematisiert worden ist. Durch den genannten Aspekt der Fläche ist wiederum auch ein Bezug zur fünften Einheit „Die Wirkung der Fläche“ zu erkennen. Hierauf beziehen sich auch die meisten anderen Schülerantworten. Beispiele hierfür sind „Der Baumstamm hat mehr Auftrieb, weil er größer ist und mehr von unten gedrückt wird. Der Kieselstein hat so wenig Auftrieb, dass er sinkt.“ oder „Weil bei einem Baumstamm das Gewicht verlagert ist und bei den Steinen nicht.“

Abschlussreflexion der durchgeführten Unterrichtsreihe

Die Durchführung der Unterrichtsreihe war für mich mit einem enormen zeitlichen und organisatorischen Aufwand verbunden. Abgesehen von den zusätzlichen Fahrtwegen und den Absprachen mit den Lehrerinnen der Grundschule habe ich viel Zeit für die Vorbereitungen der Einheiten benötigt. Insbesondere das Vorbereiten und die Herstellung der Experimentiermaterialien haben viel Zeit in Anspruch genommen. Oftmals haben die Experimente in der Vorbereitung nicht wie gewünscht geklappt oder die gewünschten Ergebnisse waren nicht eindeutig zu erkennen, sodass noch Änderungen vorgenommen werden mussten. Daher stellte sich für mich immer wieder die Frage, wie die Materialien so verändert werden können, dass andere Sachunterrichtslehrkräfte einen deutlich geringeren Arbeitsaufwand haben werden als ich. Für mich war es dadurch besonders wichtig, in den Materialien auf mögliche Schwierigkeiten und entsprechende Lösungen hinzuweisen.

Darüber hinaus ergibt sich für mich die Empfehlung an andere Sachunterrichtslehrkräfte, dass bei der Durchführung der Unterrichtsreihe mit den Sachunterrichtslehrkräften der Parallelklassen zusammengearbeitet wird. Zudem ist es sinnvoll auch die Schüler mit in die Besorgung der Materialien mit einzubinden. Denn manche Materialien sind in einzelnen Haushalten schon vorhanden und müssen nur mitgebracht und nicht extra gekauft werden.

Neben der Überprüfung der konzipierten Unterrichtsreihe u.a. auf Fehler, Verbesserungen und Eignung für Schüler, hat die Durchführung für mich persönlich auch viel gebracht. Bei meinen beiden bisherigen Praktika im Rahmen der Schulpraktischen Studien lag der Fokus immer auf dem Fach Mathematik. Daher konnte ich auch noch einmal in einem anderen Unterrichtsfach praktische Erfahrungen sammeln. Hier war für mich besonders auffällig wie sehr sich die beiden Unterrichtsfächer doch in ihren Anforderungen und Vorgehensweisen unterscheiden. Darüber hinaus sollten meiner Meinung nach immer praktische Erfahrungen während der Studienzeit gesammelt werden, wenn sich die Gelegenheit dafür bietet.

Interessant waren für mich auch die Rückmeldungen der Sachunterrichtslehrerin der Klasse. Obwohl sie schon seit vielen Jahren Sachunterricht in der

Grundschule unterrichtet, hat sie bisher noch keinen Unterricht zum Thema Auftrieb durchgeführt. Auch erklärte sie mir, dass sie selbst bei diesem Thema dazugelernt hätte und zudem nicht gewusst hätte, wie man dieses Unterrichtsthema in einer Grundschulklasse angehen soll. Darüber hinaus sei sie immer wieder erstaunt gewesen wie viel sich die Schüler aus vergangenen Unterrichtseinheiten gemerkt hätten und in einer neuen Unterrichtseinheit wiederholen oder anwenden konnten. Sie führte das insbesondere auf die vielen praktischen Experimente zurück. Dabei kritisierte sie selbst, dass den Schülern im Unterricht zu oft Lernziele „vorgekauft“ werden würde und es dadurch nicht verwunderlich sei, dass in der nächsten Unterrichtsstunde kein oder nur wenig Wissen der letzten Stunde abgerufen werden kann. Am meisten freute mich jedoch die Nachfrage der Lehrerin, ob ich ihr die Materialien zur Unterrichtsreihe zur Verfügung stellen könnte. Denn wenn sie das nächste Mal wieder eine dritte oder vierte Klasse im Sachunterricht hat, würde sie diese Unterrichtsreihe gerne selbst durchführen.

Auch von den Schülern bekam ich immer wieder positive Rückmeldungen. Neben den erfreulichen Arbeitsergebnissen wurde seitens der Schüler immer wieder betont wie viel Spaß ihnen der Unterricht machen würde. Auch kam es nicht selten vor, dass ich auf dem Schulhof von einzelnen Kindern freudig begrüßt und gefragt wurde, ob wir denn heute wieder experimentieren würden.

10. Fazit

Das Thema „Auftrieb“ ist ein beliebtes und dennoch komplexes Thema im Sachunterricht der Grundschule. Selbst Erwachsene haben häufig Schwierigkeiten, Alltagsbeispiele zu diesem Thema zu erklären.

Studien haben aber gezeigt, dass bei einem didaktisch fundierten Unterricht die Inhalte dieses Themas trotzdem nachhaltig vermittelt werden können. Hierbei sollte immer ein handelnder Unterricht im Fokus stehen, bei dem Lernen als ein aktiver Prozess verstanden wird. Insbesondere die Aufbereitung und Durchführung von entsprechenden Experimenten kann hierbei eine Hilfestellung leisten.

Zudem konnte dargelegt werden, dass mithilfe dieses Themas geforderte Bildungsstandard und Kompetenzen des Hessischen Kerncurriculums abgedeckt bzw. erarbeitet werden können.

Dennoch zeigt diese Wissenschaftliche Hausarbeit auf, dass Handlungsbedarf bei der Unterstützung der Sachunterrichtslehrkräfte besteht. Vorhandene Schulbücher geben Lehrkräften nur unzureichende Hilfestellungen bei der Planung und Durchführung des Themas „Auftrieb“. Die Lernplattform SUPRA leistet diese Unterstützung für eine Vielzahl von Themen. Da das Thema „Auftrieb“ bisher noch nicht für diese Lernplattform ausgearbeitet wurde, hat diese Arbeit die Gelegenheit geboten eine Unterrichtskonzeption zu erstellen, die Lehrkräften konkrete Unterrichtsvorschläge und -materialien bietet. Die in der Praxis erfolgreich erprobte Durchführung der erarbeiteten Unterrichtskonzeption hat gezeigt, dass die Konzipierung der einzelnen Einheiten insgesamt stimmig ist und auch weiteren Sachunterrichtslehrkräften weiterempfohlen werden kann.

11. Literaturverzeichnis

- Barmeier, M.; Willmer-Klumpp, C. (2010). Prisma. Naturwissenschaften 7/8. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Cieplik, D. (Hrsg.) (2012). Erlebnis Physik 2. Ein Lehr- und Arbeitsbuch. Braunschweig: Schroedel Verlag.
- Drechsler-Köhler, B. (Hrsg.) (2008). Bausteine. Sachunterricht 1. Braunschweig: Diesterweg.
- Drechsler-Köhler, B. (Hrsg.) (2009a). Bausteine. Sachunterricht 2. Braunschweig: Diesterweg.
- Drechsler-Köhler, B. (Hrsg.) (2009b). Bausteine. Sachunterricht 2. Arbeitsheft. Braunschweig: Diesterweg.
- Drechsler-Köhler, B. (Hrsg.) (2009c). Bausteine. Sachunterricht 3. Braunschweig: Diesterweg.
- Drechsler-Köhler, B. (Hrsg.) (2009d). Bausteine. Sachunterricht 3. Arbeitsheft. Braunschweig: Diesterweg.
- Drechsler-Köhler, B. (Hrsg.) (2009e). Bausteine. Sachunterricht 4. Braunschweig: Diesterweg.
- Drechsler-Köhler, B. (Hrsg.) (2011). Bausteine. Sachunterricht 4. Arbeitsheft. Braunschweig: Diesterweg.
- Ehrich, S.; Koch, I. (2006a). 3-malig. Differenzierungsmaterial auf drei Niveaustufen. Sachunterricht. 3. Schuljahr. Berlin: Cornelsen Verlag.

- Ehrich, S.; Koch, I. (2006b). 3-malig. Differenzierungsmaterial auf drei Niveaustufen. Sachunterricht. 4. Schuljahr. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.) (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Kinkhardt.
- Hecker, J. (2010). Experimente. Den Naturwissenschaften auf der Spur. Gütersloh/München: Brockhaus.
- Herb, M.; Hüser, K.; Kiesinger-Jehle, B.; Menzel, D.; Rebenstorff, H.; Volk, M. (2013). Forscher-Stars 3/4. Naturwissenschaften. München: Oldenbourg Schulbuchverlag.
- Hessisches Kultusministerium (Hrsg.) (2011): Bildungsstandards und Inhaltsfelder – Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe. Sachunterricht. Wiesbaden.
- Jonen, A.; Möller, K.; Hardy, I.: Lernen als Veränderung von Konzepten am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: Czech, D.; Schwier, H.-J. (Hrsg.) (2003) Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Kierzek, S. (2006). 3-malig. Differenzierungsmaterial auf drei Niveaustufen. Sachunterricht. 2. Schuljahr. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Kraft, D. (Hrsg.) (2013). Pustebume. Das Arbeitsbuch 1 und 2. Braunschweig: Schroedel Verlag.
- Kraft, D. (Hrsg.) (2014). Pustebume. Das Arbeitsbuch 3 und 4. Braunschweig: Schroedel Verlag.
- Möller, K.; Vehmeyer, J.; Stadelhofer, B.; Tröbst, S. (2008). Lernen mit der Klasse(n)kiste „Schwimmen und Sinken“ im Sachunterricht der Grundschule. Ergebnisse einer Befragung von Grundschullehrkräften. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität.
- Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M.; Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer-Verlag.
- Spreckelsen, K. (2010). Das U-Boot in der Limoflasche. Mit 100 einfachen Experimenten Naturgesetze verstehen. Frankfurt am Main: S. Fischer Verlag.

- Stern, E.; Möller, K.; Hardy, I.; Jonen, A. (2002). Warum schwimmt ein Baumstamm? Physik Journal, 1. Nr. 3, 63-67.
- Stern, E.; Schumacher, R.; Hänger, B.: Anschlussfähiges Wissen aufbauen: Spiralcurricula für den Physikunterricht. In: Wiesner, H. (Hrsg.) (2016). PdN PHYSIK in der Schule, 65. Jahrgang. Heft 8, S. 6-11.
- SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Heran – Dörr, E.; Wiesner, H.; Kahlert, J.; Fenn, M. et al.: Informationen – Die SUPRA-Lernplattform (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/informationen/informationen-ueber-die-supra-lernplattform>) Datum des Zugriffs: 30.05.2019.
- SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret: Heran – Dörr, E.; Wiesner, H.; Kahlert, J.; Fenn, M. et al.: Lernfeld Natur & Technik (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik>) Datum des Zugriffs: 30.05.2019.
- Weylandt, D.; Hahn, N. (2006). 3-malig. Differenzierungsmaterial auf drei Niveaustufen. Sachunterricht. 1. Schuljahr. Berlin: Cornelsen Verlag.

12. [Abbildungsverzeichnis](#)

Abb. 64: von Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner.

Hinweis: Alle weiteren Abbildungen wurden von mir selbst erstellt.

13. [Anhang](#)

13.1. [Einheit 1: Weshalb sinkt ein U-Boot nicht immer auf den Meeresgrund?](#)

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen:

- selbstständig an Lernstationen Experimente durchführen.
- an jeder Lernstation ihre Beobachtungen und gewonnene Erkenntnisse mithilfe von Arbeitsblättern festhalten.

Durch die Einheit sollen folgende Lernziele erreicht werden:

- Jeder Gegenstand fühlt sich im Wasser leichter an. / Jeder Gegenstand wird im Wasser nach oben gedrückt.
- Die Bezeichnung „Auftrieb“ für dieses Phänomen lernen.

Vorbereitungen

Zusammenstellen der Experimentiermaterialien und Kopieren der Arbeitsblätter.

Die geplante Unterrichtszeit beträgt etwa eine Doppelstunde.

Benötigtes Material / Anleitungen

Bei allen Experimenten ist es empfehlenswert die Schüler der Klasse mit in die Materialbeschaffung einzubinden. Zudem sollten alle Experimente vor dem Unterricht von der Lehrkraft ausprobiert und bei Bedarf das Material oder die Wassergefäße geändert bzw. angepasst werden. Im Folgenden sind für jedes Experiment einzeln die Materialien beschrieben.

Experiment „Schwerer Köder an der Angel“

- Die **Angel** sollte aus einem festen Stab sowie einer starren Schnur bestehen. Empfehlenswert ist hier beispielsweise die Nutzung einer Halterung einer Kinderlaterne. Alternativ kann auch ein stabiler Stock verwendet werden, an dessen Ende Kordel gebunden wird.
- Der **Gegenstand**, der an die Angel gebunden wird, sollte ausreichend schwer sein. Nur dann ist auch ein Gewichtsunterschied spürbar.
- Das **Wassergefäß** muss ausreichend tief sein. Wenn dies nicht der Fall ist, könnte der Gegenstand den Boden zu schnell berühren. Bei diesem Experiment ist es nicht nötig, dass das Wassergefäß durchsichtig ist.

Experiment „Stein am Gummiband“

- Der **Stein** sollte ausreichend schwer sein. Ein Durchmesser von ca. 10 cm ist empfehlenswert.
- Die Elastizität des **Gummibands** muss auf das Gewicht des Steins abgestimmt sein. Denn der gewählte Gummi darf sich weder zu weit noch zu wenig dehnen, damit ein Ergebnis für die Schüler messbar wird. Der Gummizug für einen Hosenbund kann beispielsweise empfohlen werden.
- Das **Lineal** muss ausreichend lang sein. Alternativ kann auch für den Vergleich der Längen ein Stab oder ähnliches genutzt werden.

- Das **Wassergefäß** muss ausreichend tief sein, damit der Stein nicht zu schnell auf den Boden aufkommt. Auch bei diesem Experiment ist es nicht zwingend nötig, dass das Gefäß durchsichtig ist.

Experiment „Bälle im Wasser“

- Die **vier Bälle** sollen unterschiedlich groß sein.
- Das **Wassergefäß** muss ausreichend tief sein, sodass auch der größte Ball vollständig eingetaucht werden kann. Zudem muss die maximale Füllmenge dabei beachtet werden. Beim Eintauchen des größten Balls sollte das Wasser nicht aus dem Gefäß laufen.

Experiment „Wasserflaschen“

- Für das **Wassergefäß** eignet sich ein handelsüblicher Eimer, der mit Wasser gefüllt ist. Der Eimer sollte nur so weit gefüllt werden, dass das Wasser nicht überläuft, wenn die Wasserflasche reingestellt wird.
- Die **zwei Wasserflaschen** müssen gleich groß sein und mit Wasser gefüllt sein, sodass sie gleich schwer sind. Bei der Nutzung von einem handelsüblichen Eimer eignen sich 1,5l-Flaschen.

Experiment „Balkenwaage“

- Bei der Waage muss es sich um eine **Balkenwaage** handeln.
- Die **zwei Gegenstände** müssen gleich schwer sein, sodass sich die Balkenwaage im Gleichgewicht befindet. Zur besseren Visualisierung eignen sich zwei gleiche Gegenstände.
- **Zwei gleich lange Schnüre**, die zum Befestigen der Gegenstände an der Balkenwaage dienen.
- Das **Wassergefäß** muss ausreichend tief sein. Zudem darf es nicht zu vollgefüllt werden, damit ein Überlaufen des Wassers beim Eintauchen des Gegenstandes verhindert wird.

Hinweise

Zusätzlich zu den aufgeführten Materialien sollte an jeder Lernstation den Schülern mindestens ein Handtuch zur Verfügung stehen.

Je nach Klassengröße ist es ratsam die Materialien der Experimente in doppelter oder mehrfacher Ausführung anzubieten. Dadurch werden Wartezeiten reduziert und jedes Kind kann die Experimente selbst durchführen.

Unterrichtsverlauf

1. Schritt: Einführung in das Thema

Im Plenum / Sitzkreis

- Ankündigung neues Thema im Sachunterricht
- Den Schülern werden Bilder von schwimmenden und schwebenden U-Booten gezeigt, sowie ein U-Boot-Wrack.
- Die Schüler sollen beschreiben, was sie sehen.
- Aufforderung an die Klasse, die Bilder in eine für sie sinnergebende Reihenfolge zu bringen.
- Es sollen Fragen formuliert werden, die durch die Bilder entstehen.
- Zentrale Frage: „Warum geht ein schweres U-Boot nicht unter?“
- Überleitung zum weiteren Unterrichtsvorhaben: Anhand von Experimenten soll herausgefunden werden, was mit Gegenständen im Wasser passiert.
- Den Schülern wird der organisatorische Ablauf der Lernstationen erklärt. Alternativ können die Lernstationen als Demonstrationsversuche durchgeführt werden. Eine gemischte Variante ist ebenfalls denkbar.
- Besprechung von Verhaltensregeln, insbesondere was den Umgang mit Wasser an den Lernstationen betrifft.

2. Schritt: Experimente als Lernstationen oder Demonstrationsversuche

Experiment „Schwerer Köder an der Angel“

- Ein Gegenstand wird an einer Angel befestigt.
- Die Angel hat eine starre Schnur.
- Der Gegenstand wird langsam ins Wasser eingetaucht.

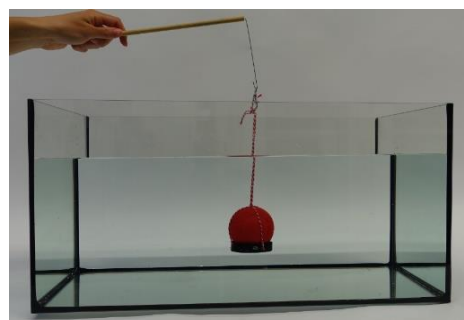


Abb. 47: Experiment „Schwerer Köder an der Angel“

- Beobachtung:
 - Der Knetklumpen wird scheinbar leichter, sobald er ins Wasser eintaucht
 - / Der Knetklumpen wird nach oben gedrückt

Experiment „Stein am Gummiband“

- Ein Stein wird an einem Ende eines Gummibandes befestigt.
- Das Gummiband wird langsam ins Wasser gelassen.
- Beobachtungen:
 - Beim Eintauchen des Steins ins Wasser verringert sich die Länge des Gummifadens. Dies kann mithilfe eines Lineals überprüft werden.

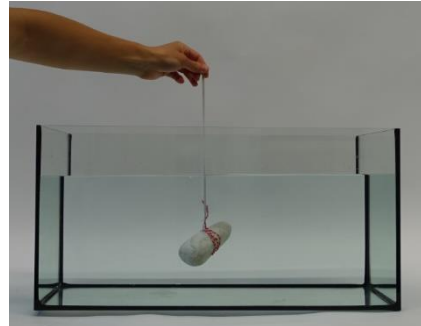


Abb. 48: Experiment „Stein am Gummiband“

- Der Stein wird scheinbar leichter, sobald er ins Wasser eintaucht. Das Wasser drückt den Stein nach oben.
- Zur Ergebnissicherung bearbeiten die Schüler das Arbeitsblatt A1.2 bzw. A1.3. Das Arbeitsblatt gibt es in zwei Ausführungen mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden. Entweder die Schüler wählen das jeweilige Arbeitsblatt selbst aus, oder die Lehrkraft gibt es vor.

Experiment „Bälle im Wasser“

- Verschiedene Bälle mit unterschiedlicher Größe und Gewicht werden in einem Behälter mit Wasser mit der Hand nach unten gedrückt.

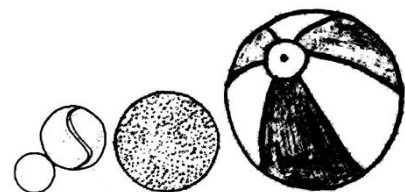


Abb. 49: Beispielhafte Auswahl an Bällen für das Experiment „Bälle im Wasser“

- Beobachtungen:
 - Das Wasser drückt die Bälle nach oben.
 - Die Bälle bleiben nicht unter Wasser.
 - Es ist unterschiedlich schwer die Bälle nach unten zu drücken. Die größeren Bälle lassen sich schwerer nach unten drücken als die kleineren Bälle.

- Zur Ergebnissicherung bearbeiten die Schüler das Arbeitsblatt A1.4 bzw. A1.5. Das Arbeitsblatt gibt es in zwei Ausführungen mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden.

Experiment „Wasserflaschen“

- Zwei gleich große Wasserflaschen werden mit Wasser gefüllt.
- Eine Flasche wird in einen Eimer mit Wasser eingetaucht, die andere Flasche wird neben den Eimer gestellt.
- Nun werden beide Flaschen wenige Zentimeter angehoben



Abb. 50: Experiment „Wasserflaschen“

- Beobachtung:
→ Die Flasche in dem Wasserbehälter ist leichter hochzuheben, da das Wasser von außen Druck auf die Flasche ausübt und die Flasche nach oben drückt.
- Zur Ergebnissicherung bearbeiten die Schüler das Arbeitsblatt A1.6 bzw. A1.7. Das Arbeitsblatt gibt es in zwei Ausführungen mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden.

Experiment „Balkenwaage“

- Zwei gleich große und gleich schwere Gegenstände werden an eine Balkenwaage gehängt, sodass sie sich im Gleichgewicht befinden.
- Danach wird ein Gegenstand in einen Wasserbehälter eingetaucht.
- Beobachtungen
→ Die Waage befindet sich nicht mehr im Gleichgewicht.
→ Der Gegenstand im Wasser wird scheinbar leichter.

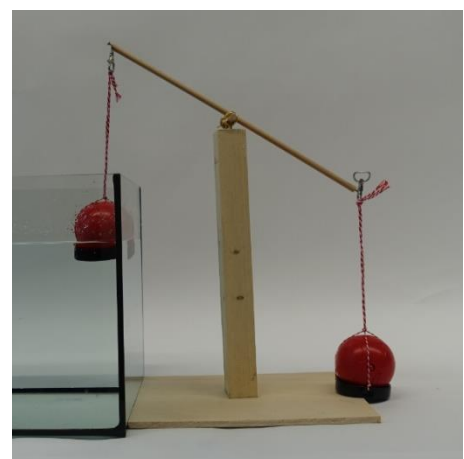


Abb. 51: Experiment „Balkenwaage“

- Zur Ergebnissicherung bearbeiten die Schüler das Arbeitsblatt A1.8.

3. Schritt: Reflexion / Ergebnissicherung

Im Plenum / Sitzkreis

- Besprechung der einzelnen Ergebnisse der Experimente
- Herausarbeitung und Visualisierung der Lernziele an der Tafel oder auf einem Plakat:
 - Jeder Gegenstand fühlt sich im Wasser leichter an. / Das Wasser übt eine nach oben gerichtete Kraft auf Gegenstände aus.
 - Dieses Phänomen nennt man „Auftrieb“.
- Bilder der U-Boote vom Unterrichtsbeginn werden noch einmal gezeigt. Erarbeitetes Wissen soll auf U-Boote übertragen werden.

Materialteil

- Arbeitsblatt „A1.1 Schwerer Köder an der Angel“
- Arbeitsblatt „A1.2 Stein am Gummiband - vereinfacht“
- Arbeitsblatt „A1.3 Stein am Gummiband“
- Arbeitsblatt „A1.4 Bälle im Wasser - vereinfacht“
- Arbeitsblatt „A1.5 Bälle im Wasser“
- Arbeitsblatt „A1.6 Wasserflaschen – vereinfacht“
- Arbeitsblatt „A1.7 Wasserflaschen“
- Arbeitsblatt „A1.8 Balkenwaage“

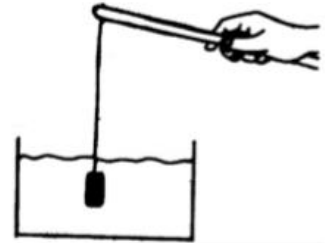
Experiment: Schwerer Köder an der Angel

Du brauchst:

- Eine Schüssel mit Wasser
- Eine Angel
- Einen schweren Gegenstand

So gehst du vor:

- Befestige einen schweren Gegenstand an der Angel.
- Tauche den Gegenstand ins Wasser ein.



Wie verändert sich das Gewicht des Gegenstandes, wenn er ins Wasser eingetaucht wurde?

Abb. 52: Arbeitsblatt „A1.1 Schwerer Köder an der Angel“

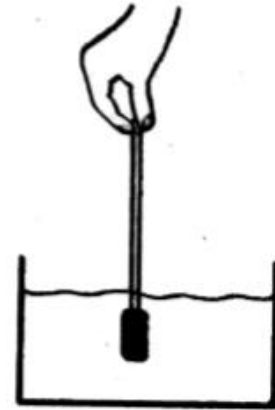
Experiment: Stein am Gummiband

Du brauchst:

- Eine tiefe Schüssel mit Wasser
- Einen Stein (ca. 10cm breit)
- Ein Gummiband
- Ein langes Lineal

So gehst du vor:

- Befestige den Stein am Gummiband.
- Halte das Gummiband am anderen Ende fest und tauche den Stein ins Wasser ein.



Was passiert mit dem Gummiband, wenn die Knete ins Wasser eingetaucht wurde? Nutze zum Vergleichen das Lineal.

- ☐ Das Gummiband wird kürzer.
- ☐ Das Gummiband wird länger.
- ☐ Das Gummiband bleibt gleich lang.

Vervollständige die Sätze!

In der Luft hat sich der Stein _____ angefühlt als im Wasser.

Im Wasser hat sich der Stein _____ angefühlt als in der Luft.

Lösungswörter: schweren, leichter

Abb. 53: Arbeitsblatt „A1.2 Stein am Gummiband - vereinfacht“

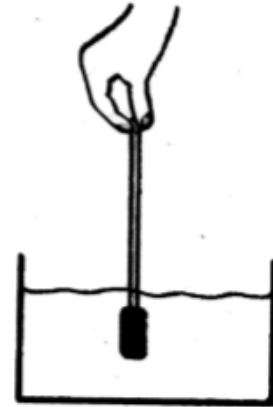
Experiment: Stein am Gummiband

Du brauchst:

- Eine tiefe Schüssel mit Wasser
- Einen Stein (ca. 10cm breit)
- Ein Gummiband
- Ein langes Lineal

So gehst du vor:

- Befestige den Stein am Gummiband.
- Halte das Gummiband am anderen Ende fest und tauche den Stein ins Wasser ein.



Was passiert mit dem Gummiband, wenn die Knete ins Wasser eingetaucht wurde? (Tipp: nutze das Lineal)

Vergleiche: Wie schwer hat sich der Stein in der Luft und im Wasser angefühlt?

Wie erklärst du dir deine Beobachtungen?

Abb. 54: Arbeitsblatt „A1.3 Stein am Gummiband“

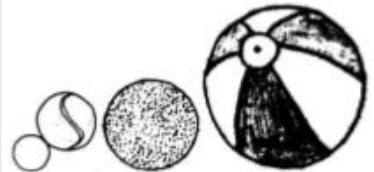
Experiment: Bälle im Wasser

Du brauchst:

- Eine Schüssel mit Wasser
- Verschiedene Bälle (z.B. Wasserball, Styroporkugel, Tennisball, Tischtennisball)

So gehst du vor:

- Tauche die Bälle mit der Hand nacheinander langsam ins Wasser ein.
- Vergleiche dabei die Bälle. Dafür nimmst du einen Ball in die rechte und einen in die linke Hand. Tauche beide Bälle gleichzeitig ins Wasser ein.



Überprüfe, ob folgende Aussagen richtig oder falsch sind und kreuze an!

Aussage	richtig	falsch
Die Bälle sind alle von allein nach unten gesunken.		
Alle Bälle mussten nach unten gedrückt werden, damit sie den Boden der Schüssel berührt haben.		
Man benötigt immer gleich viel Kraft, um die Bälle nach unten zu drücken.		

Schreibe eine Liste mit allen getesteten Bällen. Der Ball, der sich am schwersten nach unten drücken ließ, steht ganz oben. Der Ball, der sich am leichtesten nach unten drücken ließ, steht ganz unten.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Abb. 55: Arbeitsblatt „A1.4 Bälle im Wasser - vereinfacht“

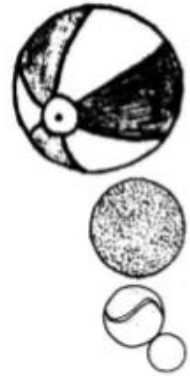
Experiment: Bälle im Wasser

Du brauchst:

- Eine Schüssel mit Wasser
- Verschiedene Bälle (z.B. Wasserball, Styroporkugel, Tennisball, Tischtennisball)

So gehst du vor:

- Tauche die Bälle mit der Hand nacheinander langsam ins Wasser ein.
- Vergleiche dabei die Bälle. Dafür nimmst du einen Ball in die rechte und einen in die linke Hand. Tauche beide Bälle gleichzeitig ins Wasser ein.



Was ist dir aufgefallen? Schreibe deine Beobachtungen in Stichpunkten auf:

Abb. 56: Arbeitsblatt „A1.5 Bälle im Wasser“

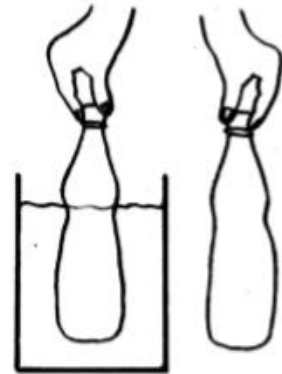
Experiment: Wasserflaschen

Du brauchst:

- Einen Eimer mit Wasser
- 2 gleich volle und gleich große Wasserflaschen

So gehst du vor:

- In jeder Hand hältst du eine Wasserflasche.
- Eine Wasserflasche stellst du in den Wassereimer. Die andere Flasche stellst du neben den Eimer
- Hebe jetzt beide Flaschen gleichzeitig ein wenig an.



Was stellst du fest? Welche Flasche fühlt sich leichter an?

Kreuze an!



Vervollständige die Sätze!

Je tiefer ich die Flasche ins Wasser halte, desto _____

_____.

Je weiter ich die Flasche aus dem Wasser hebe, desto _____

_____.

Warum ist das so? Was vermutest du?

Abb. 57: Arbeitsblatt „A1.6 Wasserflaschen - vereinfacht“

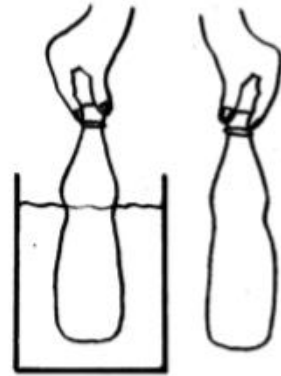
Experiment: Wasserflaschen

Du brauchst:

- Einen Eimer mit Wasser
- 2 gleich volle und gleich große Wasserflaschen

So gehst du vor:

- In jeder Hand hältst du eine Wasserflasche.
- Eine Wasserflasche stellst du in den Wassereimer. Die andere Flasche stellst du neben den Eimer
- Hebe jetzt beide Flaschen gleichzeitig ein wenig an.



Was fällt dir auf?

Warum ist das so? Was vermutest du?

Abb. 58: Arbeitsblatt „A1.7 Wasserflaschen“

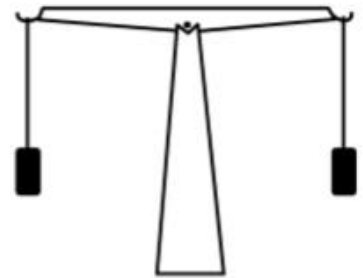
Experiment: Balkenwaage

Du brauchst:

- Eine Schüssel mit Wasser
- Eine Balkenwaage
- 2 gleich schwere Gegenstände
- 2 gleich lange Schnüre

So gehst du vor:

- Hänge jeden Gegenstand an ein Ende der Balkenwaage, sodass die Waage im Gleichgewicht ist.
- Stelle unter einen Gegenstand eine Schüssel mit Wasser.
- Schütte Wasser in die Schüssel, bis der Gegenstand mit Wasser bedeckt ist.



Was kannst du beobachten?

Wie sieht die Balkenwaage aus nachdem du Wasser in die Schüssel geschüttet hast? Vervollständige das Bild!



Abb. 59: Arbeitsblatt „A1.8 Balkenwaage“

13.2. Einheit 2: Das Wasser übt Kräfte aus

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen:

- anhand eines Experiments im Plenum erarbeiten, dass...
 - auf einen in Wasser eingetauchten Körper Wasser von allen Seiten drückt.
 - die Kraft, mit der das Wasser gegen den Körper drückt, mit der Eintauchtiefe zunimmt.
- selbstständig an Lernstationen Experimente durchführen.
- an jeder Lernstation ihre Beobachtungen und Erkenntnisse mithilfe von Arbeitsblättern festhalten.
- die gewonnenen Erkenntnisse aus den Experimenten im Plenum in den Experimenten der Lernstationen wiedererkennen.

Vorbereitungen

Zusammenstellen und Präparieren der Experimentiermaterialien und Kopieren der Arbeitsblätter.

Die geplante Unterrichtszeit beträgt etwa eine Doppelstunde.

Benötigtes Material / Anleitungen

Experiment „Membran am Flaschenboden“

- Eine **Plastikflasche**, deren Boden mit einer Schere abgeschnitten wird. Der Deckel der Flasche wird nicht benötigt. Die Luft muss beim Eintauchen der Flasche aus dem Flascheninnern entweichen können.
- Ein **Latexhandschuh**, der aufgeschnitten wird. Anschließend wird daraus ein Kreis ausgeschnitten, dessen Durchmesser etwa 1cm größer ist als der des Flaschenbodens.
- Der kreisförmige Ausschnitt des Latexhandschuhs wird mit **Silikon** auf dem abgeschnittenen Teil der Flasche befestigt.
- Das **Wassergefäß** sollte ausreichend tief sein, sodass die unterschiedlich starken Wölbungen der Membran gesehen werden kann. Damit der Versuch auch von allen Schülern gut gesehen werden kann, sollte das Wassergefäß durchsichtig sein.

Experiment „Druckdose“

- Von einer **1,5l-Plastikflasche** wird mit einer Schere der Flaschenboden und die obere Hälfte der Flasche abgeschnitten, sodass ein kleines Rohr übrigbleibt.
- Aus **zwei Latexhandschuhen** werden zwei Kreise ausgeschnitten und auf die Enden des Plastikrohres mit **Silikon** geklebt (wie bei dem vorherigen Experiment).
- In die Seite des Plastikrohres wird ein kleines Loch geschnitten und ein **Schlauch** eingeführt. Die Abdichtung erfolgt mit Silikon.
- Das **Wassergefäß** des Experiments „Membran am Flaschenboden“ ist auch für dieses Experiment geeignet.

Experiment „Plastikhandschuh“

- Mehrere **Plastikhandschuhe**: Diese sollten den Schülern zu groß sein. Empfehlenswert sind Einweghandschuhe in Größe L oder sogenannte „Dieselhandschuhe“, die an Zapfsäulen von Tankstellen ausliegen.
- Ein **Wassergefäß**, das etwas tiefer als die Hand eines Kindes ist.

Experiment „Wasserfontäne“

- In eine **Plastikflasche** wird in die Mitte des Flaschenbodens ein kleines Loch gebohrt. Hierfür eignet sich die Nutzung eines **Korkenziehers**. Alternativ kann auch ein Becher aus Hartplastik genutzt werden, in dessen Boden ebenfalls ein kleines Loch gebohrt wird.
- Das **Wassergefäß** muss ausreichend tief sein, um die Plastikflasche unterschiedlich tief eintauchen zu können. Um die Wasserfontäne gut sehen zu können, sollte das Wassergefäß durchsichtig sein. Wird ein Becher für das Experiment genutzt, muss das Wassergefäß nicht durchsichtig sein, da die Wasserfontäne von oben beobachtet werden kann.

Experiment „Wasserstrahlen“

- In eine **1,5l-Plastikflasche** werden drei übereinanderliegende kleine Löcher geschnitten. Die Löcher sollten alle ungefähr gleich groß und die Abstände der Löcher ungefähr gleich weit entfernt sein.

- Die **Schüssel mit Wasser** sollte ausreichend breit sein, sodass die Flasche zum Füllen hineingelegt werden kann.

Experiment „Luftballon mit Wasser“

- Ein **durchsichtiges Rohr**, das zu beiden Seiten offen ist. Alternativ kann auch ein breiter und stabiler Strohhalm genutzt werden.
- Ein **Haushaltsgummi**
- Ein **Luftballon** wird unter einem Wasserhahn mit Wasser gefüllt. Das eine Ende des Rohres wird in die Öffnung des Luftballons gesteckt und mit dem Haushaltsgummi fixiert. Der Luftballon sollte nicht zu klein sein, um später die Veränderungen unter Wasser und in dem Rohr besser sehen zu können.
- Das **Wassergefäß** sollte ausreichend tief sein, um die Veränderungen durch die unterschiedlichen Eintauchtiefen beobachten zu können. Zudem sollte es sich um ein durchsichtiges Wassergefäß handeln, da die Veränderungen von der Seite besser beobachtet werden können.

Hinweise

Zusätzlich zu den aufgeführten Materialien sollte an jeder Lernstation den Schülern mindestens ein Handtuch zur Verfügung stehen.

Je nach Klassengröße ist es ratsam die Materialien der Experimente in doppelter oder mehrfacher Ausführung anzubieten.

Bauanleitungen für einzelne Elemente der Experimente sind unter „Materialteil“ aufgeführt.

Unterrichtsverlauf

1. Schritt: Unterrichtseinstieg mit dem Experiment „Membran am Flaschenboden“

Im Plenum / Sitzkreis

- Die vorbereitete Flasche mit der Membran am Flaschenboden wird im Sitzkreis gezeigt und auf ihre Eigenschaften hin untersucht.
- Die Flasche wird langsam ins Wasser eingetaucht.
- Beobachtungen:
 - Der Boden der Flasche wölbt sich nach innen.
 - Je tiefer die Flasche eingetaucht wird, desto mehr wölbt sich der Boden nach innen.



Abb. 60: Experiment „Membran am Flaschenboden“

- Skizze der Flasche an die Tafel malen
- Einführen der Druckkraftpfeile als Symbol für das Drücken (Bedeutung der Größe!)

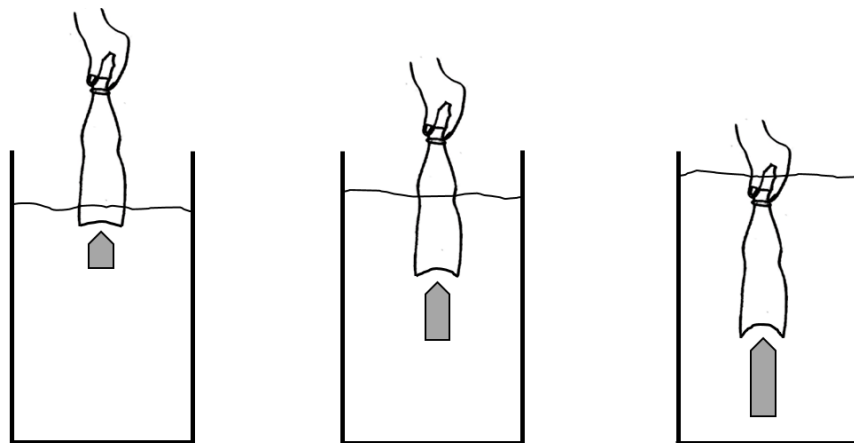


Abb. 61: Skizze des Experiments „Membran am Flaschenboden“ mit dazugehörigen Druckkraftpfeilen

- Alternativ kann auch als Unterrichtseinstieg mit der Druckdose begonnen werden. Dieses Experiment könnte dann im 4. Schritt als Lernstation durchgeführt werden. Zur Ergebnissicherung würden die Schüler im Anschluss das Arbeitsblatt A2.1 bearbeiten.

2. Schritt: Erweiterung des vorherigen Experiments mit dem Experiment „Druckdose“

- Die vorbereitete Druckdose wird im Sitzkreis gezeigt und auf ihre Eigenschaften hin untersucht. Die Druckdose ist eine Erweiterung des vorherigen Experiments.
- Die Druckdose wird langsam ins Wasser eingetaucht. Die Druckdose wird dabei senkrecht gehalten, sodass eine der beiden Membranen zuerst das Wasser berührt.
- Beobachtungen:
 - Beide Membranen wölben sich nach innen.
 - Je tiefer die Druckdose eingetaucht wird, desto stärker wölben sich die Membranen nach innen.
 - Die untere Membran ist stets stärker nach innen gewölbt als die obere Membran
- Skizze der Druckdose mit Druckkraftpfeilen an die Tafel malen

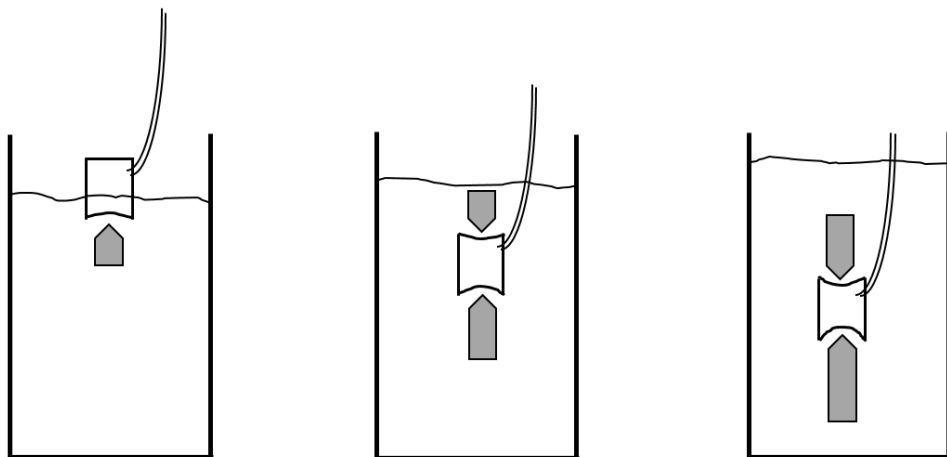


Abb. 62: Skizzen der Druckdose in senkrechter Position

- Ankündigung, dass die Druckdose in waagerechter Position ins Wasser getaucht wird
- Vermutungen der Schüler, was passieren wird (mit Begründungen)
- Die Druckdose wird langsam ins Wasser eingetaucht
- Beobachtungen:
 - Beide Membranen wölben sich nach innen.

→ Je tiefer die Druckdose eingetaucht wird, desto stärker wölben sich die Membranen nach innen.

→ Beide Membranen sind stets gleich stark nach innen gewölbt

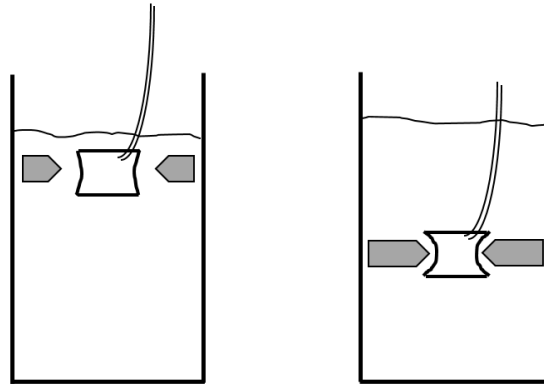


Abb. 63: Skizzen der Druckdose in waagerechter Position

Experiment mit erweiterter Druckdose als Alternative

Als Alternative zur vorherigen Druckdose kann eine Druckdose mit vier Membranen verwendet werden (siehe Anleitung). Der Bau einer solchen Druckdose erfordert allerdings einen erhöhten Arbeitsaufwand im Vergleich zur vorherigen Druckdose.

Der Unterrichtsverlauf gestaltet sich ähnlich wie bei der vereinfachten Druckdose:

- Die vorbereitete Druckdose wird im Sitzkreis gezeigt und auf ihre Eigenschaften hin untersucht.
- Die Druckdose wird langsam ins Wasser eingetaucht.
- Beobachtungen:
 - Die unterste Membran ist am stärksten nach innen gedrückt, die oberste am wenigsten
 - Die beiden Membranen an den Seiten sind gleich stark nach innen gedrückt, aber weniger stark wie die untere Membran und stärker als die obere Membran.

- Skizze der Druckdose und der Druckkraftpfeile an die Tafel malen

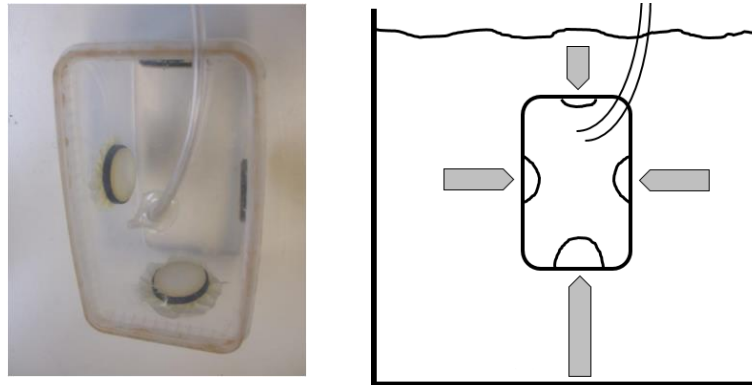


Abb. 64 und 65: Foto und Skizze der erweiterten Druckdose

3. Schritt: Gemeinsames Fazit aus den durchgeführten Experimenten

- Die Lernziele der Stunde werden aus den gewonnenen Erkenntnissen der durchgeführten Experimente zusammengefasst:
 - Wasser drückt von allen Seiten auf einen eingetauchten Körper.
 - Die Kraft, mit der das Wasser gegen einen eingetauchten Körper drückt, nimmt mit der Eintauchtiefe zu.
 - Auf die Unterseite wird am stärksten gedrückt, auf die Oberseite am schwächsten.
 - Auf die Seiten eines Gegenstandes wird im Wasser gleich stark gedrückt.
- Visualisierung der Lernziele an der Tafel oder auf einem Merkplakat

4. Schritt: Experimente als Lernstationen oder Demonstrationsversuche

Experiment „Plastikhandschuh“

- Ein Plastikhandschuh wird angezogen.
- Die Hand wird in einen Wasserbehälter eingetaucht.
- Die Öffnung des Handschuhs sollte nicht ins Wasser eingetaucht werden.
- Beobachtungen:
 - Der Plastikhandschuh wird überall an die Haut gedrückt.
 - Der Druck des Wassers kann gesehen und gefühlt werden.



Abb. 66: Experiment „Plastikhandschuh“

- Zur Ergebnissicherung bearbeiten die Schüler das Arbeitsblatt A2.2.

Experiment „Wasserfontäne“

- In einer vorbereiteten Plastikflasche befindet sich in der Mitte des Flaschenbodens ein kleines Loch.
- Die Flasche wird langsam und dann immer tiefer in ein Gefäß mit Wasser getaucht.
- Beobachtungen:
 - In der Flasche entsteht eine kleine Wasserfontäne.
 - Je tiefer die Flasche eingetaucht wird, desto größer wird die Wasserfontäne.
- Zur Ergebnissicherung bearbeiten die Schüler das Arbeitsblatt A2.3.



Abb. 67: Experiment „Wasserfontäne“

Experiment „Wasserstrahlen“

- In einer vorbereiteten Plastikflasche befinden sich drei übereinanderliegende Löcher.
- Die Flasche wird randvoll mit Wasser gefüllt und über ein Auffangbecken gehalten.
- Beobachtungen:
 - Beim untersten Loch tritt das Wasser mit dem meisten Druck aus (der Strahl ist nahezu waagrecht).
 - Beim obersten Loch ist der Wasserstrahl nahezu senkrecht.
- Zur Ergebnissicherung bearbeiten die Schüler das Arbeitsblatt A2.4.



Abb. 68: Experiment „Wasserstrahlen“

Experiment „Luftballon mit Wasser“

- Ein mit Wasser gefüllter Luftballon wird an einem durchsichtigen, an beiden Seiten offenen Rohr befestigt.
- Der Luftballon und das Rohr werden langsam in das Wasser eingetaucht
- Beobachtungen:
 - Je tiefer der Ballon eingetaucht wird, desto mehr wird der Luftballon zusammengedrückt.
 - Je tiefer der Ballon eingetaucht wird, desto mehr steigt das Wasser in dem Rohr.

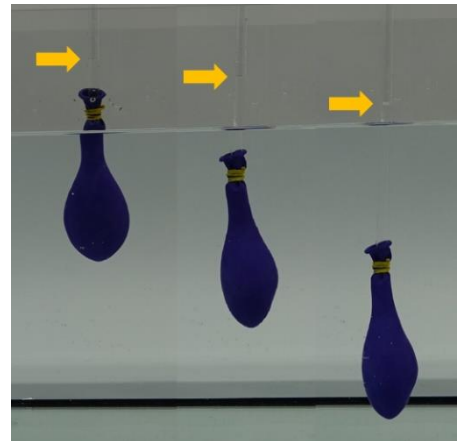


Abb. 69: Experiment „Wasserstrahlen“

- Zur Ergebnissicherung bearbeiten die Schüler das Arbeitsblatt A2.5.

5. Schritt: Reflexion / Ergebnissicherung

Im Plenum / Sitzkreis

- Besprechung der einzelnen Ergebnisse der Experimente
- Beobachtungen und Ergebnisse werden in Bezug zu den Lernzielen gebracht, die im 3. Schritt bereits erarbeitet und visualisiert wurden:
 - Wasser drückt von allen Seiten auf einen eingetauchten Körper.
 - Die Kraft, mit der das Wasser gegen einen eingetauchten Körper drückt, nimmt mit der Eintauchtiefe zu.
 - Auf die Unterseite wird am stärksten gedrückt, auf die Oberseite am schwächsten.
 - Auf die Seiten eines Gegenstandes wird im Wasser gleich stark gedrückt.

Materialteil

- Kopiervorlagen für die Tafel „KV Skizzen Druckdose“
- Arbeitsblatt „A2.1 Membran am Flaschenboden“
- Arbeitsblatt „A2.2 Plastikhandschuh“
- Arbeitsblatt „A2.3 Wasserfontäne“
- Arbeitsblatt „A2.4 Wasserstrahlen“
- Arbeitsblatt „A2.5 Luftballon mit Wasser“

Abbildungen 70 – 75: Kopiervorlagen für die Tafel „KV Skizzen Druckdose“

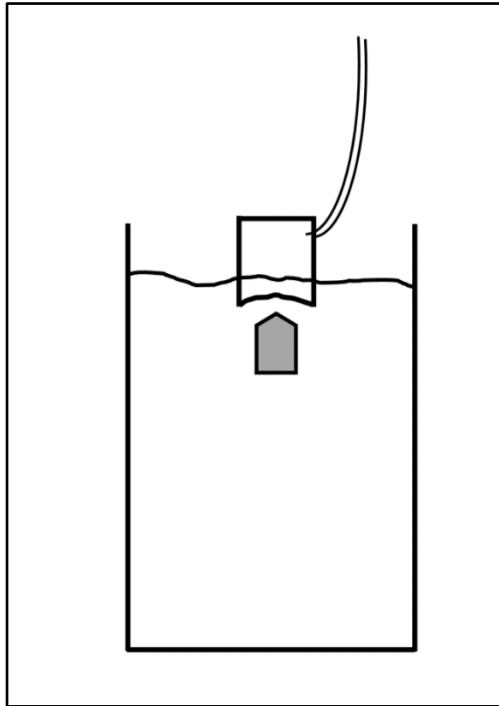


Abb. 70

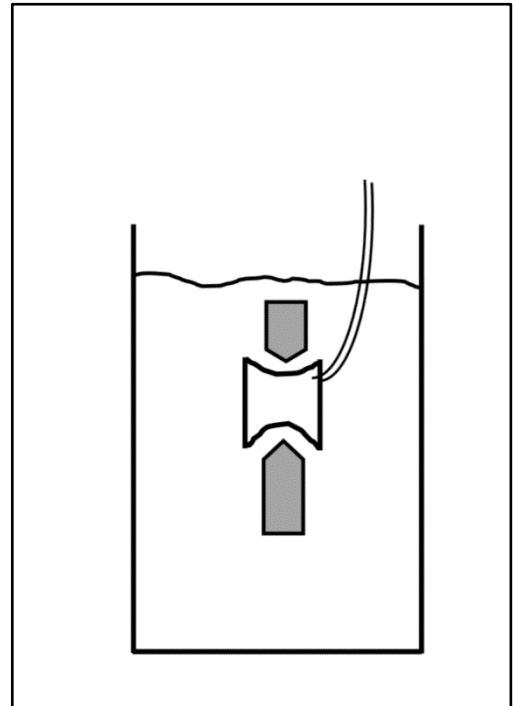


Abb. 71

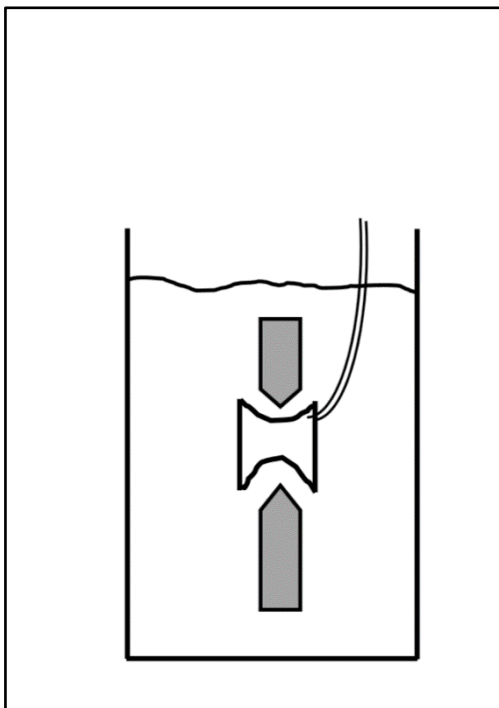


Abb. 72

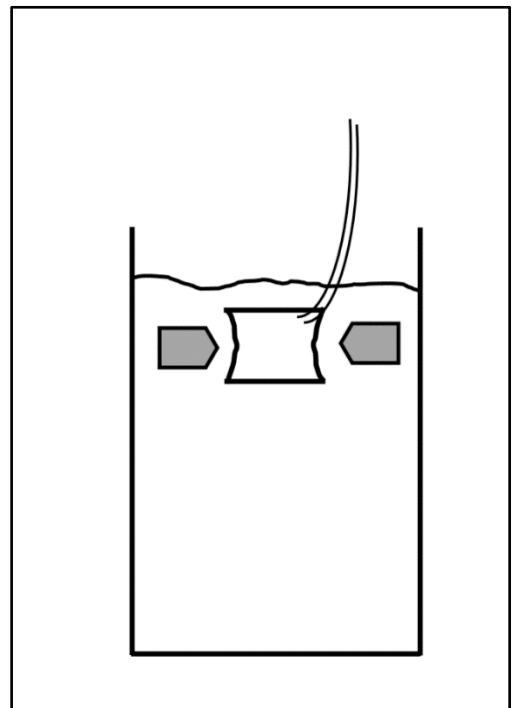


Abb. 73

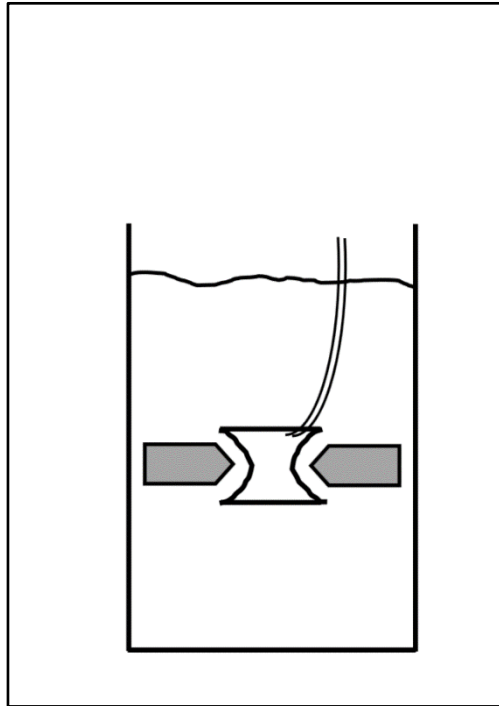


Abb. 74

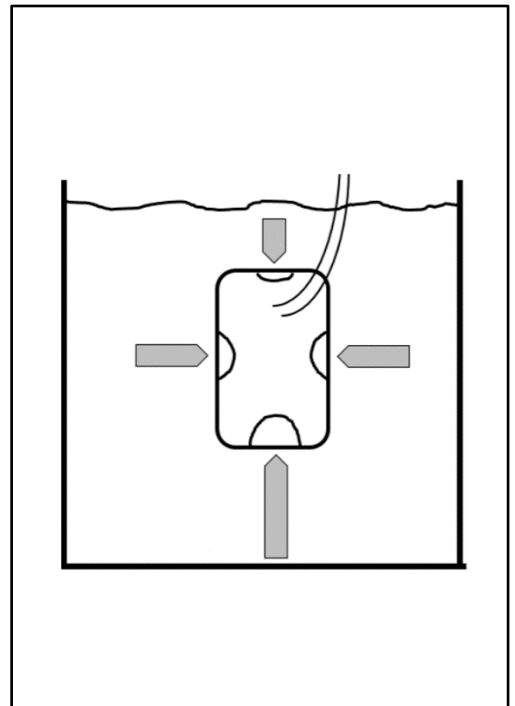


Abb. 75

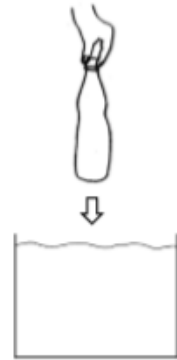
Experiment: Membran am Flaschenboden

Du brauchst:

- Eine Schüssel mit Wasser
- Eine Plastikflasche mit einer Membran als Flaschenboden

So gehst du vor:

- Tauche die Plastikflasche langsam und senkrecht in das Wasser ein.
Was kannst du beobachten?
- Drücke die Flasche immer tiefer ins Wasser ein.
Was verändert sich dabei?



Vervollständige die Bilder: Zeichne die Wölbungen der Membran und die Druckkraftpfeile ein!

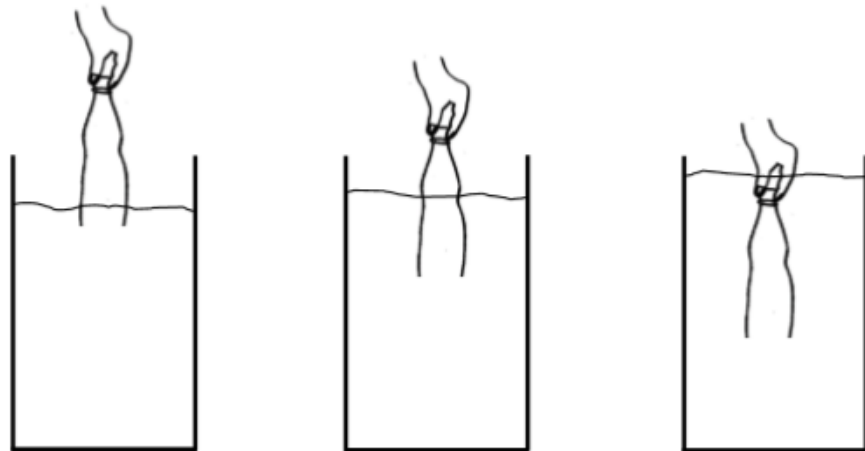


Abb. 76: Arbeitsblatt „A2.1 Membran am Flaschenboden“

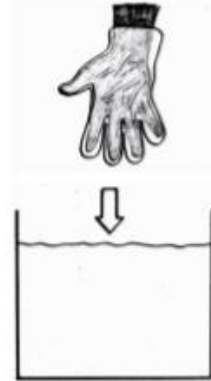
Experiment: Plastikhandschuh

Du brauchst:

- Eine Schüssel mit Wasser
- Einen großen Plastikhandschuh

So gehst du vor:

- Ziehe den Plastikhandschuh an eine Hand.
- Tauche die gestreckte Hand langsam in das Wasser ein. Die Öffnung des Handschuhs bleibt über Wasser, sodass kein Wasser in den Handschuh läuft.



Was hast du gespürt und gesehen, als der Handschuh ins Wasser eingetaucht wurde?

Zeichne deine Hand mit dem Plastikhandschuh und die Druckkraftpfeile ein!

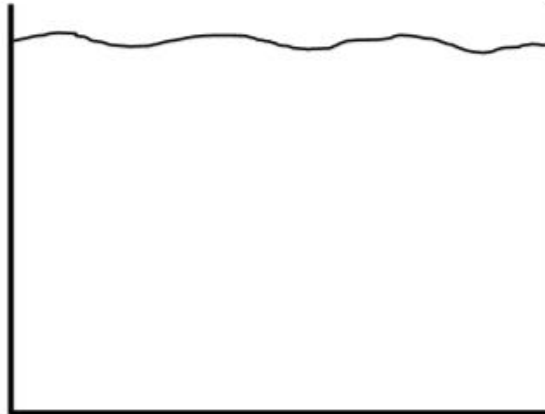


Abb. 77: Arbeitsblatt „A2.2 Plastikhandschuh“

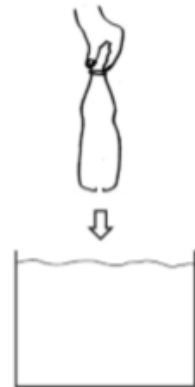
Experiment: Wasserfontäne

Du brauchst:

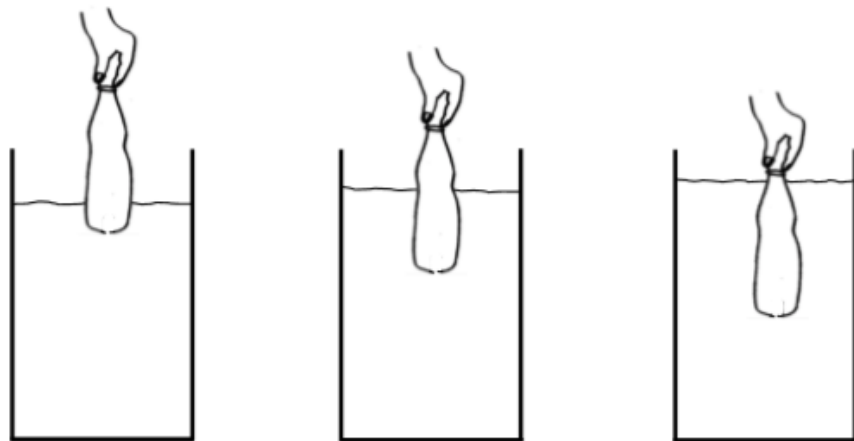
- Eine Schüssel mit Wasser
- Eine Plastikflasche mit einem kleinen Loch im Flaschenboden

So gehst du vor:

- Tauche die Plastikflasche langsam und senkrecht in das Wasser ein.
Was kannst du beobachten?
- Drücke die Flasche immer tiefer ins Wasser ein.
Was verändert sich dabei?



Was passiert in der Flasche? Vervollständige die Bilder und zeichne die Druckkraftpfeile ein!



Warum ist das so? Was vermutest du?

Abb. 78: Arbeitsblatt „A2.3 Wasserfontäne“

Experiment: Wasserstrahlen

Du brauchst:

- Eine Schüssel mit Wasser
- Eine Plastikflasche mit drei übereinanderliegenden Löchern

So gehst du vor:

- Fülle die Flasche randvoll mit Wasser.
- Halte die Flasche aufrecht über der Schüssel.



Zeichne die Wasserstrahlen in das Bild ein. Male danach drei Druckkraftpfeile in der Nähe der Löcher. Überlege dir wie groß du jeden Pfeil malst.



Wieso sehen die Wasserstrahlen unterschiedlich aus? Was vermutest du?

Abb. 79: Arbeitsblatt „A2.4 Wasserstrahlen“

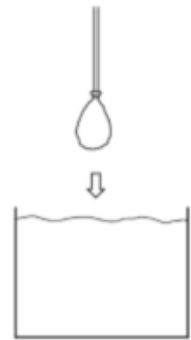
Experiment: Luftballon mit Wasser

Du brauchst:

- Eine Schüssel mit Wasser
- Ein durchsichtiges kleines Rohr
- Einen Luftballon
- Einen Haushaltsgummi

So gehst du vor:

- Fülle den Luftballon mit Wasser.
- Befestige den Luftballon mit dem Gummi an einem Ende des Rohrs.
- Halte das Rohr am anderen Ende fest und tauche es langsam immer tiefer ins Wasser ein.



Was verändert sich, wenn du das Rohr mit dem Luftballon eintauchst?

Zeichne in die Bilder ein:

- Die Form des Luftballons
- Den Wasserstand im Rohr
- Die Druckkraftpfeile

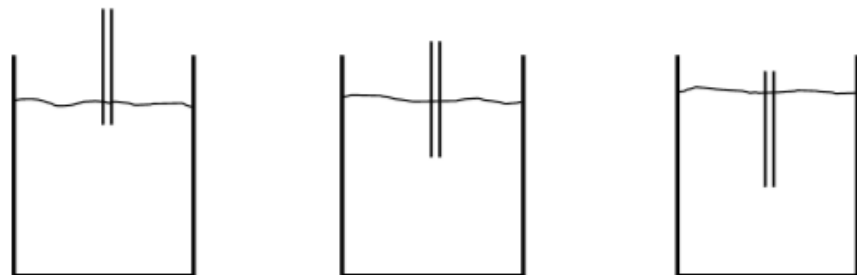


Abb. 80: Arbeitsblatt „A2.5 Luftballon mit Wasser“

13.3. Einheit 3: Wie entsteht die Auftriebskraft?

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen:

- mithilfe der Arbeit an einem Meeresplakat und der dazugehörigen Druck- und Auftriebspfeile lernen, dass...
 - Wasser von allen Seiten auf einen untergetauchten Gegenstand drückt. Aber auf die Unterseite drückt es stärker nach oben als auf die Oberseite nach unten. Dadurch bleibt eine Kraft nach oben übrig, Auftriebskraft genannt (oder abgekürzt: Auftrieb).
 - sich die Druckkräfte auf die Seiten des Gegenstandes aufheben.

Vorbereitungen

Kopieren der Arbeitsblätter und Erstellen eines Meeresplakates mit ausgeschnittenen Druckkraftpfeilen und U-Booten für die Tafel (siehe „Material“).

Das Arbeitsblatt A3.2 wird für jeden Schüler einlaminiert. Die Schüler erhalten zur Vorbereitung dieser Unterrichtseinheit als Hausaufgabe die einlamierten Druckkraftpfeile des Arbeitsblattes A3.2 und die U-Boote des Arbeitsblattes 3.3 auszuschneiden. Die U-Boote sollen zudem angemalt werden. Alternativ reicht auch nur die Einfärbung der Ränder der U-Boote, z.B. mit einem Textmarker. Alle Einzelteile sollen die Schüler in einem Umschlag gesammelt mitbringen. Die geplante Unterrichtszeit beträgt etwa eine Doppelstunde.

Material

- **Meeresplakat** für die Tafel: Ein DIN-A1-Plakat oder ein Flipchart wird wie bei Abb. 81 gestaltet. Im oberen Viertel soll eine Landschaft und der Himmel eingezeichnet werden. Unten wird der sandige Meeresboden in Wellenform eingezeichnet. Die sog.

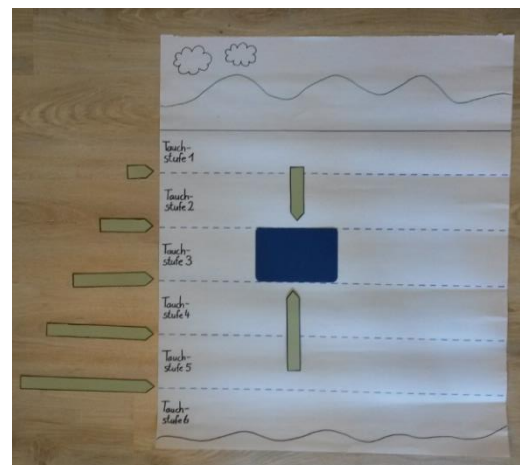


Abb. 81: Meeresplakat mit Druckkraftpfeilen und Tauchsituation

„Tauchstufen“ sind alle gleich groß und werden mit gestrichelten Linien voneinander getrennt. Bei der Abb. 81 beträgt die Höhe einer Tauchstufe beispielsweise 10 cm. Das Plakat kann selbstverständlich auch farbig gestaltet werden.

- Wie bei Abb. 81 zu sehen ist, werden auch entsprechend große **Druckkraftpfeile in dreifacher Ausfertigung** benötigt. Diese werden aus farbigen Tonkarton ausgeschnitten. Die auf Abb. 81 abgebildeten Druckkraftpfeile haben beispielsweise folgende Maße: 5 cm x 2,5 cm; 10 cm x 2,5 cm; 15 cm x 2,5 cm; 20 cm x 2,5 cm; 25 cm x 2,5 cm. Um die Druckkraftpfeile an der Tafel befestigen zu können, müssen **Magnete** in ausreichender Anzahl vorhanden sein. Alternativ kann auch auf der Rückseite der Druckkraftpfeile Magnetband befestigt werden.
- Zusätzlich werden aus Tonkarton ausgeschnittene **U-Boote** in passender Größe für das Meeresplakat benötigt. Die U-Boote müssen die Höhe von einer, zwei oder drei Tauchstufen aufweisen. Bei dem beispielhaften Meeresplakat (siehe Abb. 81) hat das abgebildete U-Boot dementsprechend eine Höhe von 10 cm. Die anderen beiden U-Boote müssten daher eine Höhe von 20 cm bzw. 30 cm haben. Wie auch bei den Druckkraftpfeilen werden Magnete oder Magnetband benötigt.

Unterrichtsverlauf

1. Schritt: Wiederholung der letzten Stunde

Im Plenum / Sitzkreis

- Wiederholung der Erkenntnisse der letzten Stunde mithilfe von Skizzen der Druckdose an der Tafel (hierfür kann die Kopiervorlage „KV3.1 Druckdosen zum Vervollständigen“ genutzt werden, siehe S. 125f):
 - Wasser drückt von allen Seiten.
 - Die Druckkraft nimmt mit der Wassertiefe zu.
 - Auf die Seiten eines Gegenstandes wird gleich stark gedrückt.

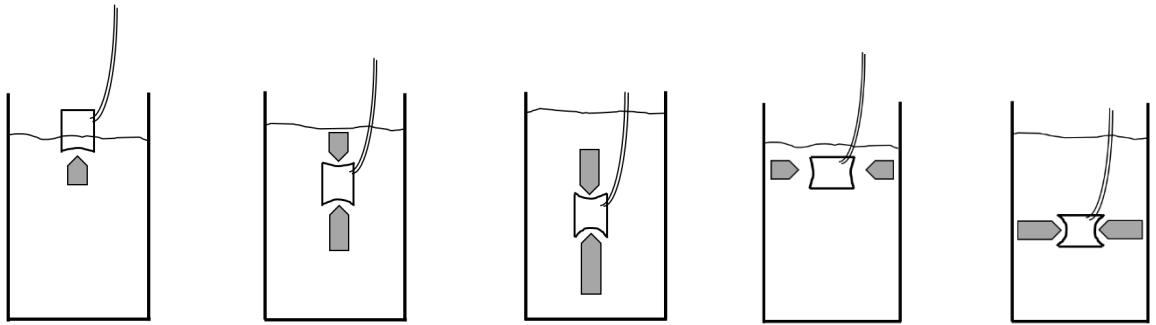


Abb. 82 - 86: Skizzen der Druckdose in senkrechter und waagerechter Position

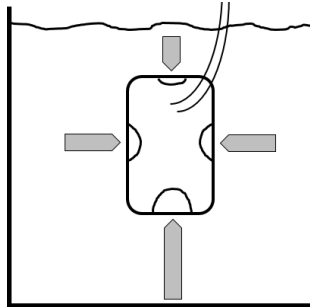


Abb. 87: Skizze der erweiterten Druckdose

2. Schritt: Anwenden der Erkenntnisse

- Wie würden bei einer halb so großen Druckdose die Druckkraftpfeile und die Membranen aussehen?
- Linkes Bild wird von der Lehrkraft an die Tafel gezeichnet (alternativ KV3.1, siehe S. 125f) und durch die Schüler vervollständigt (siehe rechtes Bild).

→ Druckpfeile und Membranen in der Mitte und unten müssen kleiner sein als bei der Skizze der vorherigen Druckdose.

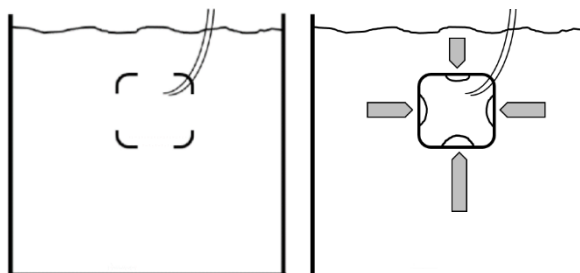


Abb. 88 und 89: unvollständige und vollständige Skizze einer kleinen Druckdose mit vier Membranen

3. Schritt: Einführen des Auftriebspfeils

- Welche Druckdose wird stärker nach oben gedrückt?/ Bei welcher Druckdose ist die Auftriebskraft größer?
→ bei der ersten Druckdose
- Wie kann das auf einen Blick dargestellt werden?
- Der obere und untere Druckkraftpfeil der großen Druckdose werden nebeneinander gehängt. Daraus resultiert der gelbe Auftriebspfeil. Hierfür können die ausgeschnittenen Druckkraftpfeile des Meeresplakates genutzt werden.
- Gleiches Vorgehen bei kleiner Druckdose
→ Auftriebspfeil und Auftrieb bei großer Druckdose größer

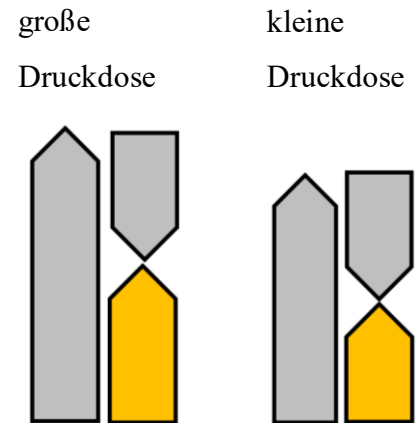


Abb. 90: Druckkraftpfeile und Auftriebspfeile der großen und der kleinen Druckdose

4. Schritt: Einführen des Meeresplakates und der dazugehörigen Druckkraftpfeile

- Andere Situationen sollen mit den Druckkraftpfeilen und den daraus resultierenden Auftriebspfeilen durchgespielt werden.
- Das große Meeresplakat wird an die Tafel gehängt.
- Der Aufbau des Plakates wird gemeinsam besprochen.
- Schüler ordnen die fünf verschiedenen Druckkraftpfeile den richtigen Stellen des Plakates zu.

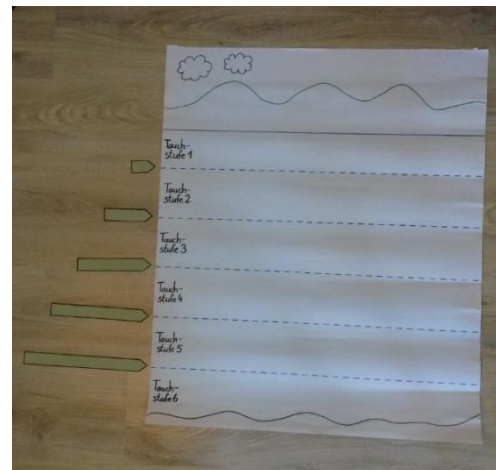


Abb. 91: Meeresplakat mit angeordneten Druckkraftpfeilen

5. Schritt: Anwendung des Plakates

- Ein „U-Boot“ wird auf eine sog. Tauchstufe gelegt.
- Die dazugehörigen Druckpfeile werden von der Seite genommen und jeweils von oben und unten auf das U-Boot gerichtet.
- Die gleichen Pfeile werden nebeneinandergelegt und der daraus resultierende Auftriebspfeil wird eingezeichnet.

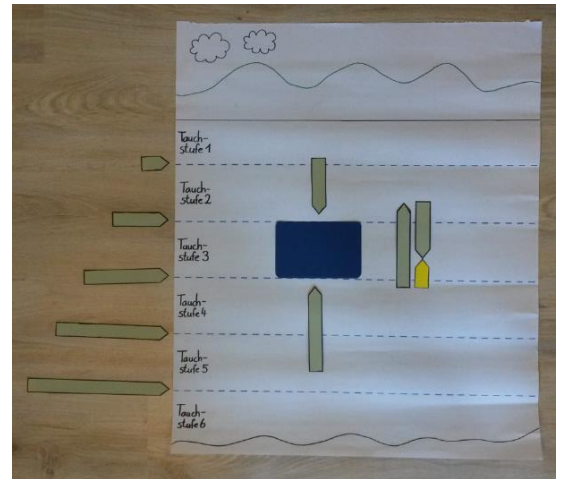


Abb. 92: Meeresplakat mit beispielhafter Tauchsituation und dazugehörigen Druckkraftpfeilen sowie Auftriebspfeil

→ Verschiedene Situationen können

je nach Bedarf durchgespielt werden, auch mit größeren U-Booten, die sich über zwei oder drei Tauchstufen erstrecken

6. Schritt: Vorbereitung eines eigenen Meeresplakates mit dazugehörigen „U-Booten“ und Druckpfeilen

Einzel- oder Partnerarbeit

- Die Schüler bekommen in DIN-A4-Format ein Meeresplakat (A3.4).
- Die einlamierten und ausgeschnittenen Druckkraftpfeile (A3.2) und ausgeschnittenen und angemalten U-Boote (A3.3) werden wie an der Tafel von den Schülern auf ihrem Arbeitsplatz angeordnet. Das Ausschneiden bzw. Anmalen der Druckkraftpfeile und U-Boote ist als Hausaufgabe vermerkt.

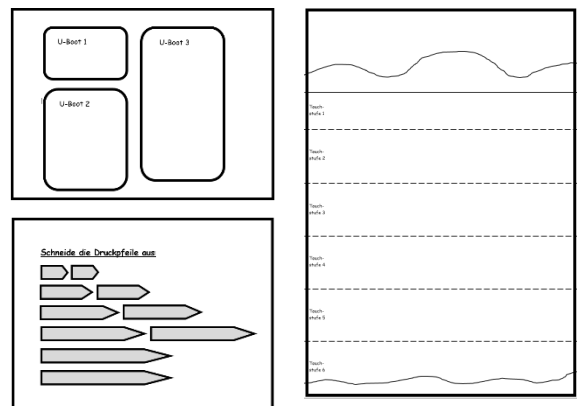


Abb. 93 - 95: Arbeitsblätter A3.2, A3.3 und A3.4

7. Schritt: Anwendung des Meeresplakates, der U-Boote und der Druckkraftpfeile

- Die Schüler bearbeiten das Arbeitsblatt A3.5.
- Für verschiedene Tauchsituationen sollen die Druckkraftpfeile und der daraus resultierende Auftriebspfeil eingezeichnet werden.

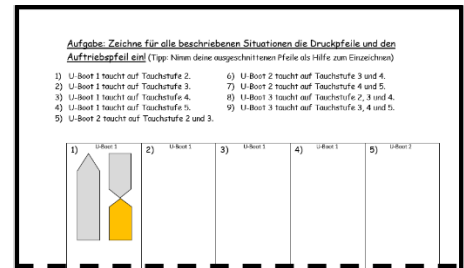


Abb. 96: Ausschnitt des Arbeitsblattes A3.5

- Die jeweilige Tauchsituation wird auf dem Meeresplakat wie an der Tafel hingelegt. Die genutzten Druckkraftpfeile werden anschließend auf die entsprechende Aufgabe des Arbeitsblattes gelegt.
- Das Einzeichnen der Druckkraftpfeile erfolgt durch Umranden der einlamierten Druckkraftpfeile. Der Auftriebspfeil wird frei Hand eingezeichnet.
- Hinweis: Die Lehrkraft sollte stets darauf achten, dass die Schüler ihren Arbeitsplatz wie an der Tafel strukturieren: Neben das Meeresplakat werden auf der richtigen Höhe die Druckkraftpfeile positioniert.
- Lösungsblatt A3.6 dient zur Eigenkontrolle.

8. Schritt: Wiederholung bzw. Erarbeitung der Lernziele der Stunde im Unterrichtsgespräch

- Auf einen untergetauchten Gegenstand drückt das Wasser von allen Seiten. Aber auf die Unterseite drückt es stärker nach oben als auf die Oberseite nach unten. Dadurch bleibt eine Kraft nach oben übrig, Auftriebskraft genannt (oder abgekürzt: Auftrieb)*

→ Das kann beispielhaft noch einmal an einer Tauchsituation mit den entsprechenden Druckpfeilen und dem daraus resultieren Auftriebspfeil besprochen werden.

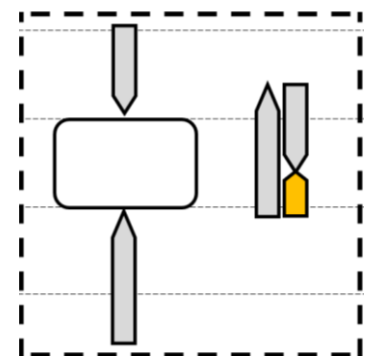


Abb. 97: Ausschnitt von KV3.1

- Zusätzliche Erarbeitung für eine leistungsstarke Lerngruppe oder als zusätzlicher Forschungsauftrag für leistungsstarke SuS:

- *Die Auftriebskraft von einem Körper ist in jeder Wassertiefe gleich groß.*

→ Das kann mithilfe des ausgefüllten Arbeitsblattes A3.1 besprochen werden. Bei

den Tauchsituationen von denselben U-Booten bleibt der Auftriebspfeil immer gleich groß.

- *Die Auftriebskraft der größeren U-Boote ist größer als die der kleineren U-Boote.*

→ Die Auftriebspfeile der größeren U-Boote sind größer als die Auftriebspfeile der kleineren U-Boote.

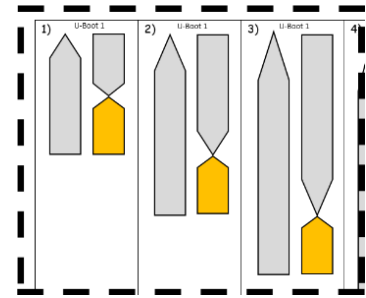


Abb. 98: Ausschnitt von A3.6

Materialteil

- Kopiervorlage für die Tafel „KV 3.1 Druckdosen zum Vervollständigen“
- Arbeitsblatt „A3.1 Druckdose“
- Arbeitsblatt „A3.2 Druckkraftpfeile 2 Personen“
- Arbeitsblatt „A3.3 U-Boote 2 Personen“
- Arbeitsblatt „A3.4 Meeresplakat“
- Arbeitsblatt „A3.5 U-Boot Auftriebskraft“
- Arbeitsblatt „A3.6 U-Boot Auftriebskraft – Lösung“
- Kopiervorlage „KV3.2 Meeresplakat mit eingezeichneter Tauchsituation“

Abb. 99 – 105: Kopiervorlage für die Tafel „KV3.1 Druckdosen zum Vervollständigen“

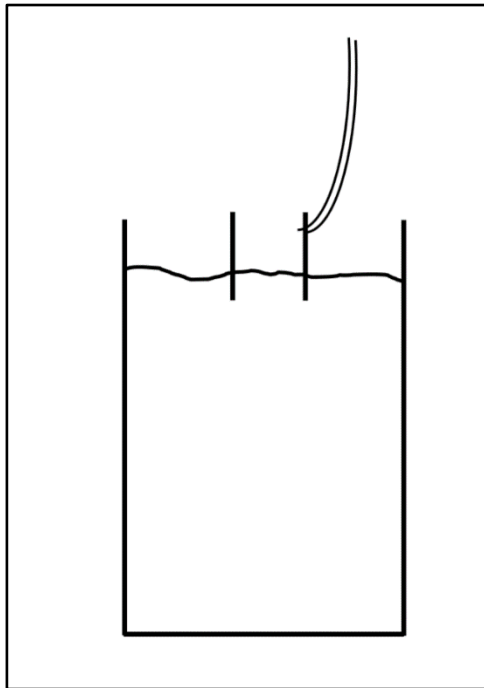


Abb. 99

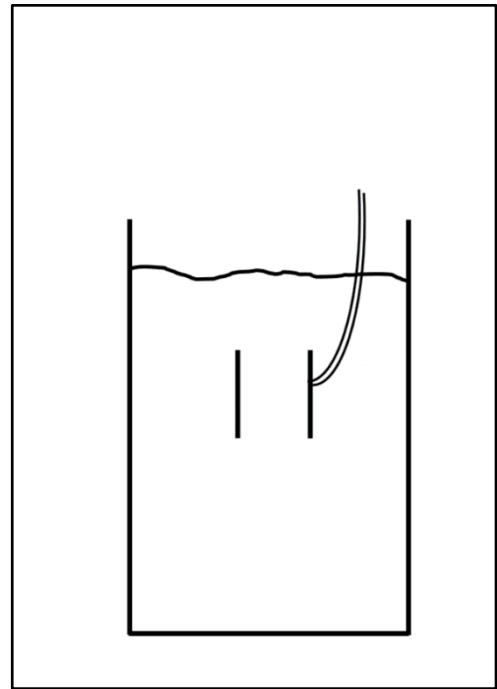


Abb. 100

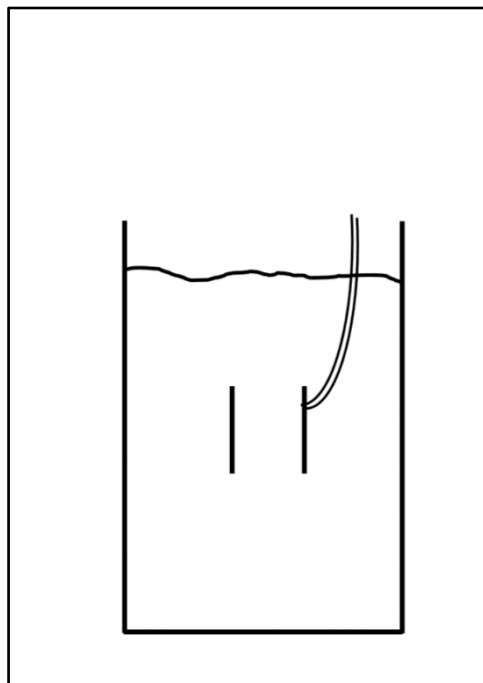


Abb. 101

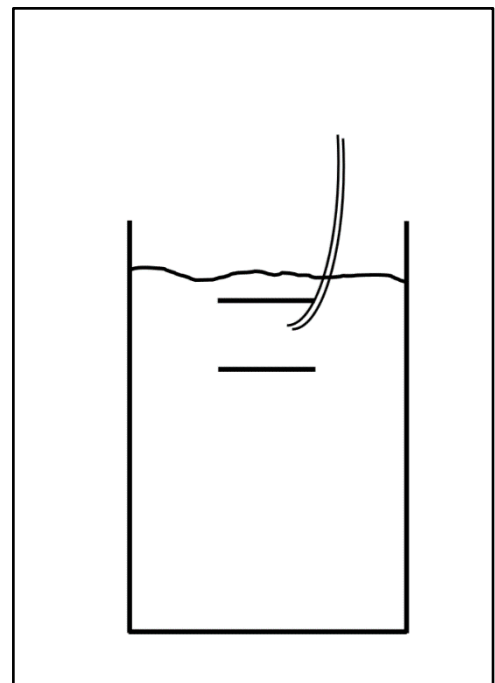


Abb. 102

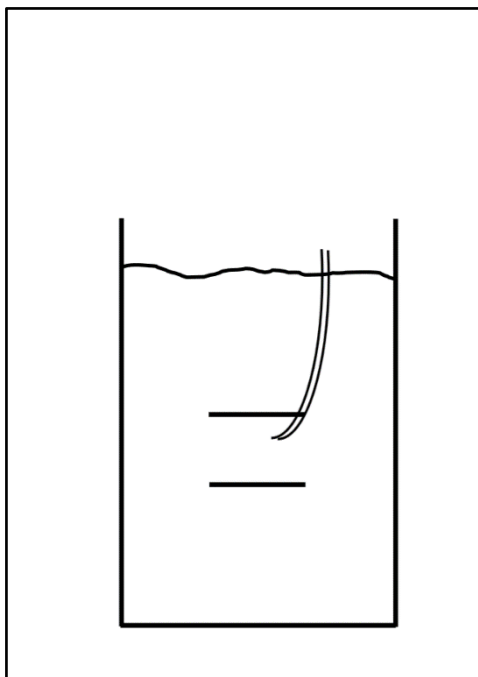


Abb. 103

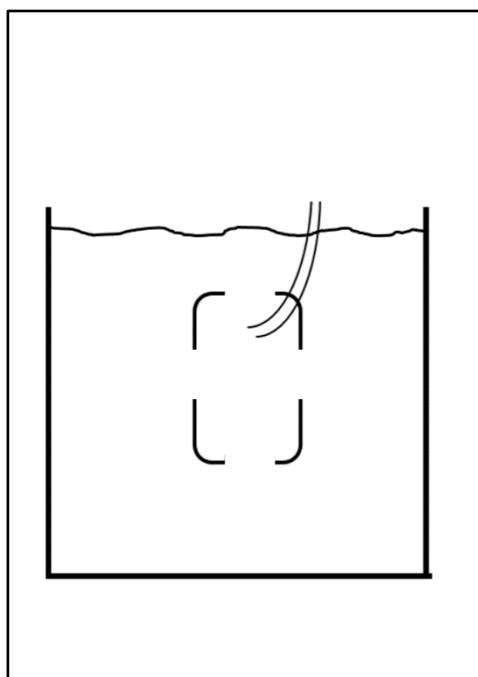


Abb. 104

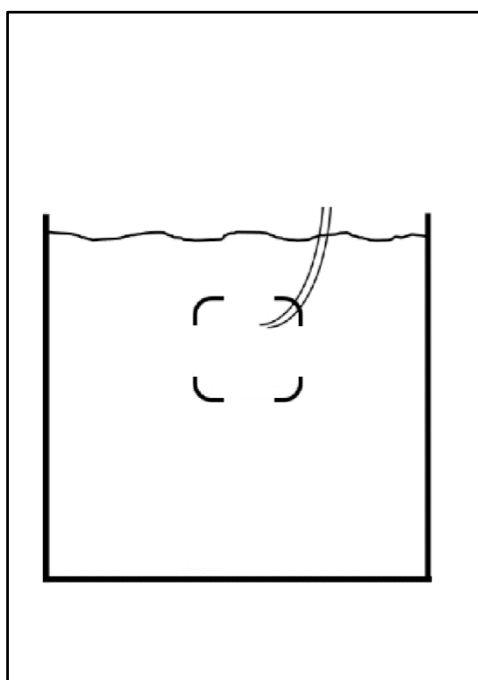


Abb. 105

Experiment: Druckdose

Zeichne in alle Bilder die Membranen und die Druckkraftpfeile ein.

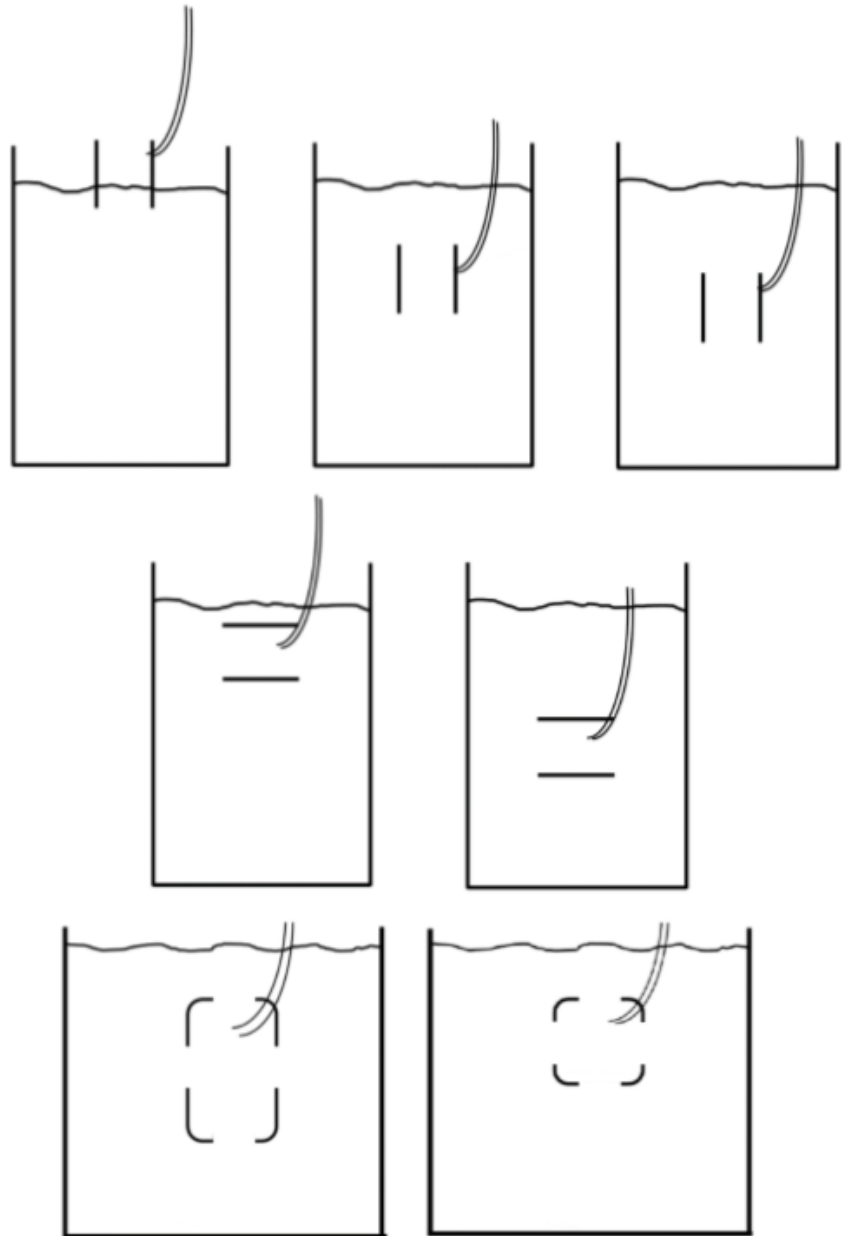
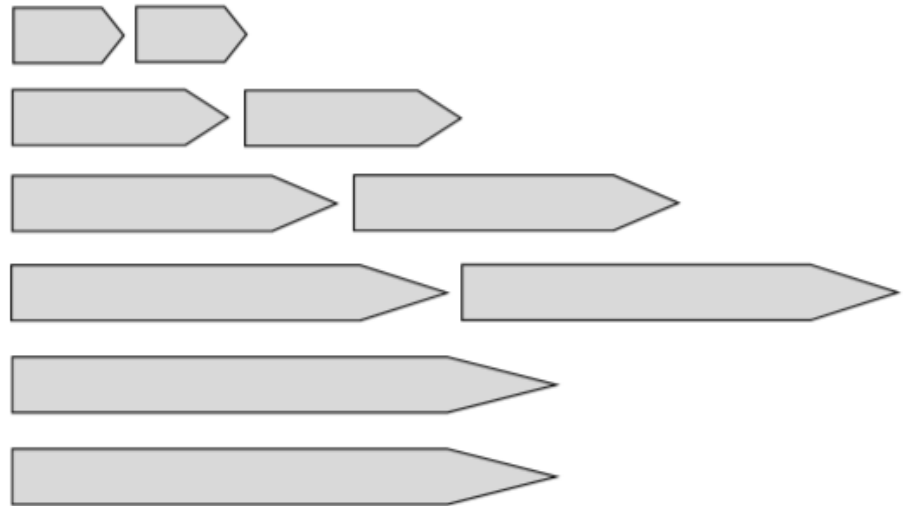


Abb. 106: A3.1 Druckdose

Schneide die Druckpfeile aus!



Schneide die Druckpfeile aus!

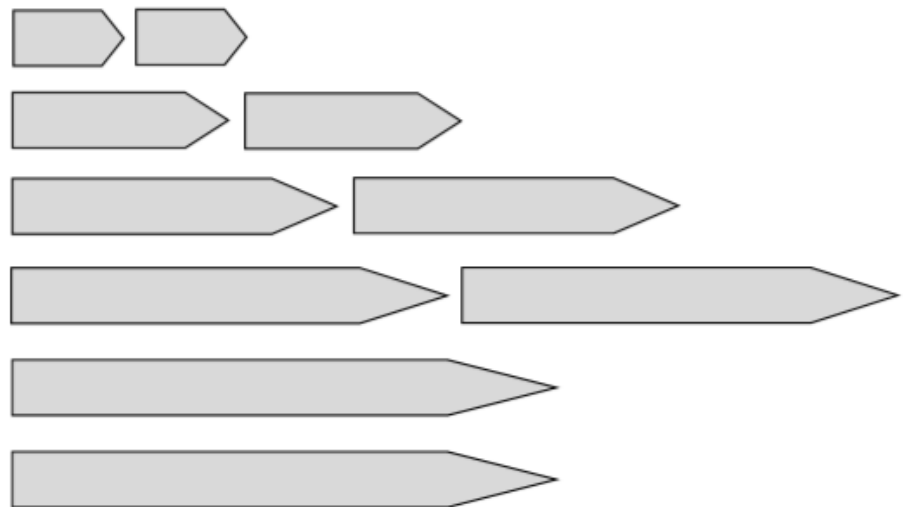


Abb. 107: A3.2 Druckkraftpfeile 2 Personen

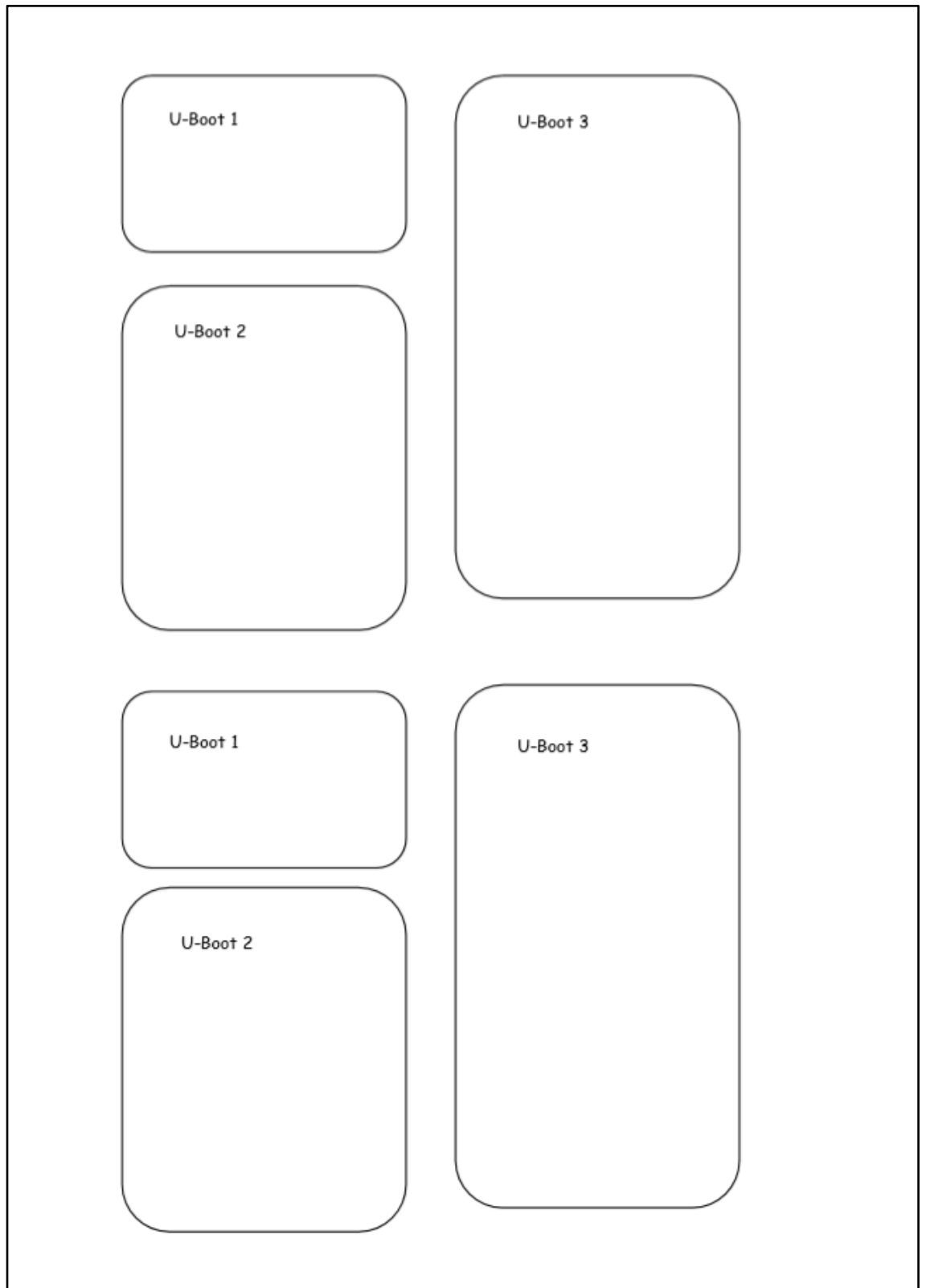


Abb. 108: A3.3 U-Boote 2 Personen

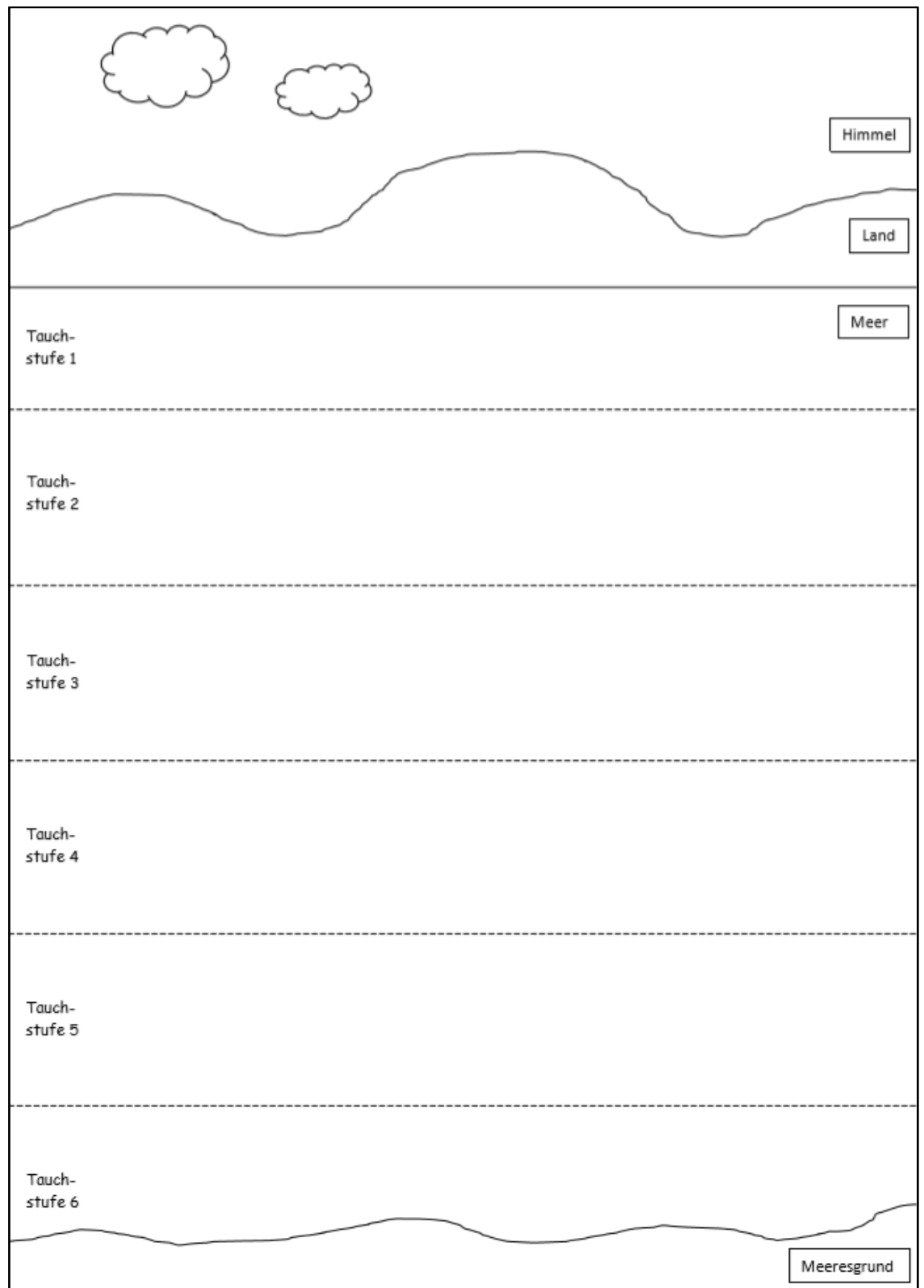


Abb. 109: A3.4 Meeresplakat

Aufgabe: Zeichne für alle beschriebenen Situationen die Druckkraftpfeile und den Auftriebspfeil ein! (Tipp: Nimm deine ausgeschnittenen Pfeile als Hilfe zum Einzeichnen)

- 1) U-Boot 1 taucht auf Tauchstufe 2.
- 2) U-Boot 1 taucht auf Tauchstufe 3.
- 3) U-Boot 1 taucht auf Tauchstufe 4.
- 4) U-Boot 1 taucht auf Tauchstufe 5.
- 5) U-Boot 2 taucht auf Tauchstufe 2 und 3.
- 6) U-Boot 2 taucht auf Tauchstufe 3 und 4.
- 7) U-Boot 2 taucht auf Tauchstufe 4 und 5.
- 8) U-Boot 3 taucht auf Tauchstufe 2, 3 und 4.
- 9) U-Boot 3 taucht auf Tauchstufe 3, 4 und 5.

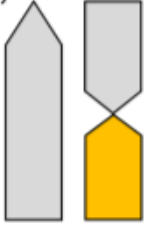
1) U-Boot 1 	2) U-Boot 1	3) U-Boot 1	4) U-Boot 1	5) U-Boot 2
6) U-Boot 2	7) U-Boot 2	8) U-Boot 3	9) U-Boot 3	

Abb. 110: A3.5 U-Boot Auftriebskraft

Aufgabe: Zeichne für alle beschriebenen Situationen die Druckkraftpfeile und den Auftriebspfeil ein! (Tipp: Nimm deine ausgeschnittenen Pfeile als Hilfe zum Einzeichnen)

- 1) U-Boot 1 taucht auf Tauchstufe 2.
- 2) U-Boot 1 taucht auf Tauchstufe 3.
- 3) U-Boot 1 taucht auf Tauchstufe 4.
- 4) U-Boot 1 taucht auf Tauchstufe 5.
- 5) U-Boot 2 taucht auf Tauchstufe 2 und 3.
- 6) U-Boot 2 taucht auf Tauchstufe 3 und 4.
- 7) U-Boot 2 taucht auf Tauchstufe 4 und 5.
- 8) U-Boot 3 taucht auf Tauchstufe 2, 3 und 4.
- 9) U-Boot 3 taucht auf Tauchstufe 3, 4 und 5.

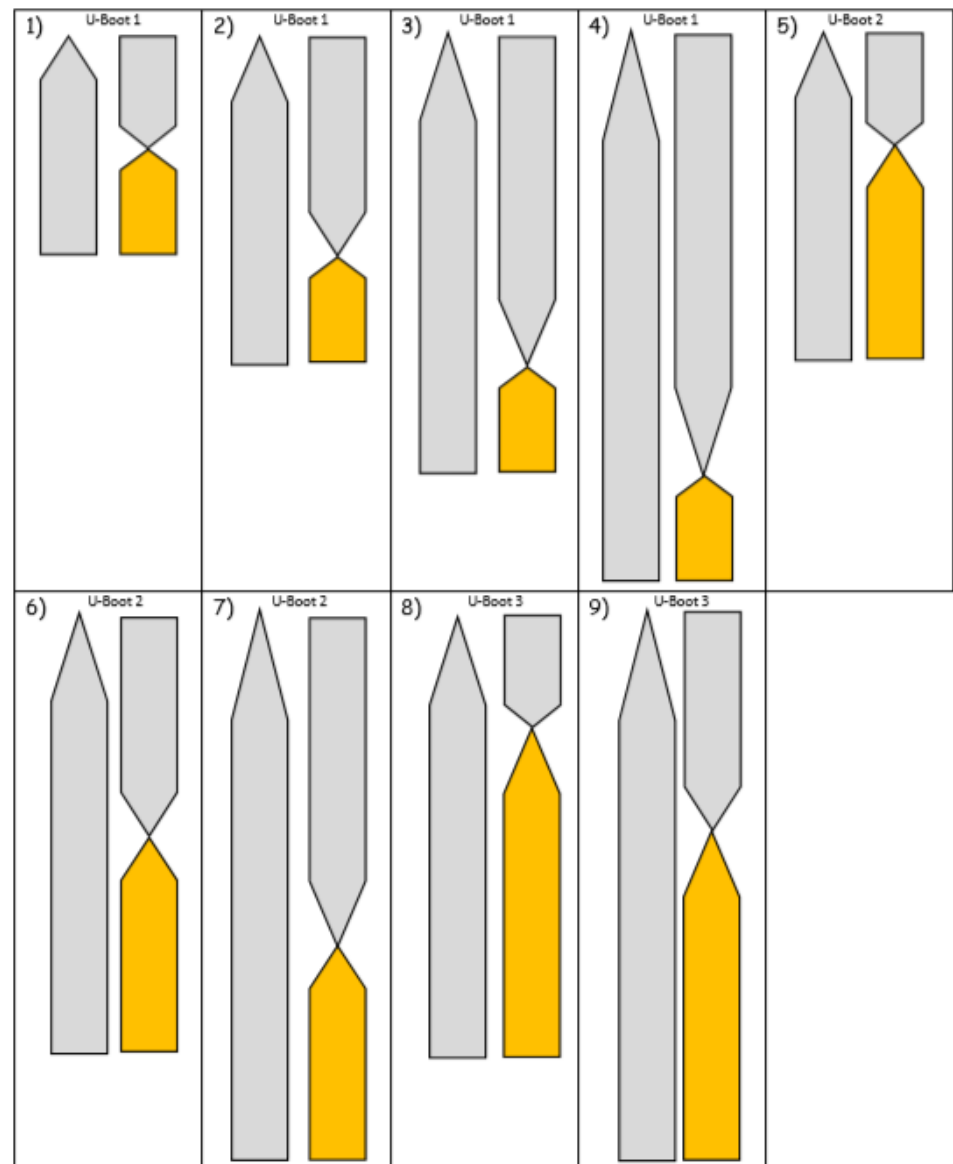


Abb. 111: A3.6 U-Boot Auftriebskraft - Lösung

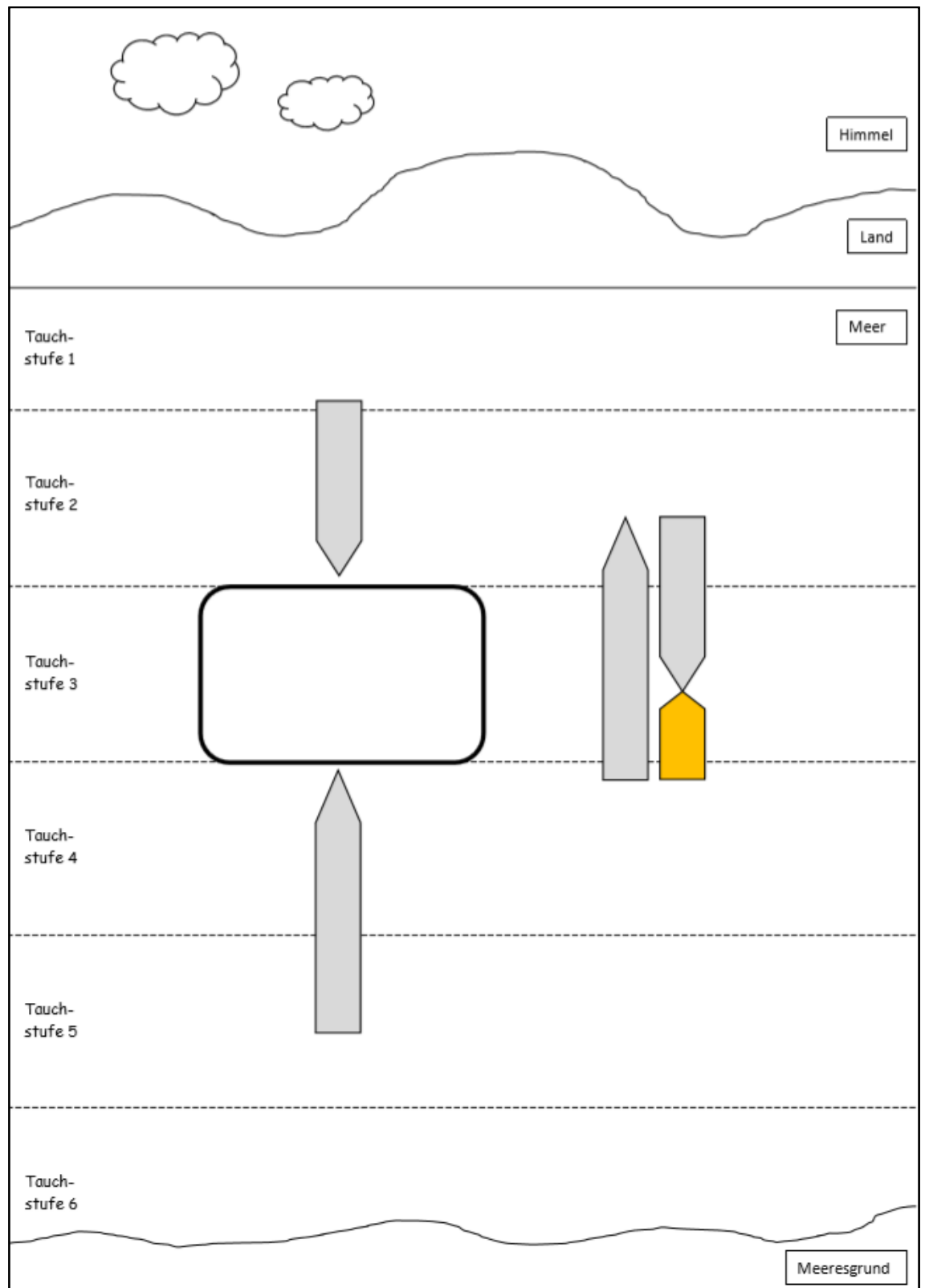


Abb. 112: KV3.1 Meeresplakat mit eingezeichneter Tauchsituation

13.4. Einheit 4: Die Wirkung der Gewichtskraft

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen mithilfe von Experimenten folgende Grundsätze verstehen und diese in Arbeitsaufträgen umsetzen:

- Die Gewichtskraft wirkt der Auftriebskraft entgegen.
- Ob etwas schwimmt, schwebt oder sinkt, hängt von dem Verhältnis zwischen Gewichtskraft und Auftriebskraft ab.

Vorbereitungen

Zusammenstellen und Präparieren der Experimentiermaterialien und Kopieren der Arbeitsblätter.

Die geplante Unterrichtszeit beträgt etwa eine Doppelstunde.

Material / Anleitungen

Einstiegsexperimente

- **Drei gleich große und wasserdichte Dosen:** Wenn möglich sollten die drei Dosen durchsichtig sein, damit die Schüler den Inhalt sehen können. Die erste Dose wird randvoll mit feinkörnigem **Sand** gefüllt. In die zweite Dose wird etwas Sand gefüllt, sodass diese noch schwimmen kann. Die dritte Dose soll mit so viel Sand gefüllt werden, bis ein schwebender Zustand erreicht wird. Erfahrungsgemäß muss die Dose zu etwa einem Drittel mit Sand gefüllt sein. Um diesen Zustand zu erreichen, ist Geduld gefragt. Nur wenige Sandkörner können darüber entscheiden, ob die Dose sinkt, schwimmt oder schwebt.

Experiment „Filmdosen“

- Mindestens **sechs gleich große Dosen** sollen **pro Gruppe** randvoll mit verschiedenem Material gefüllt werden. Empfehlenswert ist die Verwendung von **durchsichtigen Filmdosen**. Alternativ können auch Dosen von Brausetabletten verwendet werden. Da diese meist nicht durchsichtig sind, sollten sie beschriftet werden, mit welchem Material sie jeweils gefüllt sind.
- Bei der Wahl der verschiedenen Materialien für die Filmdosen sollte darauf geachtet werden, dass später ein ausgewogenes Verhältnis zwischen schwimmenden und sinkenden Dosen besteht.

- Das dazugehörige Arbeitsblatt sieht folgende Materialien für die Füllung der Filmdosen vor:
 - **Sand** (Filmdose sinkt)
 - **Knete** (Filmdose sinkt)
 - **Schrauben**, alternativ können auch Nägel oder Muttern genommen werden (Filmdose sinkt)
 - **Murmeln** in handelsüblicher Größe (Filmdose schwimmt)
 - **Schaumstoff**, z.B. von einem Schwamm oder einer alten Schwimmnudel (Filmdose schwimmt)
 - **Styroporbrösel**, kann von altem Verpackungsmaterial genutzt werden (Filmdose schwimmt)

Unterrichtsverlauf

1. Schritt: Wiederholung der letzten Stunde durch ein Experiment

Im Plenum / Sitzkreis

- Eine mit Sand gefüllte Brotdose wird ins Wasser gelegt.
- Die Brotdose soll ein U-Boot darstellen.
- Frage: Was passiert mit dem U-Boot im Wasser?
- U-Boot wird ins Wasser gelegt und sinkt.
- Wiederholung der bisherigen Erkenntnisse:
 - Auf jeden Körper wirkt eine nach oben gerichtete Kraft im Wasser (Auftriebskraft).
 - Das Wasser drückt von allen Seiten auf den Körper.
 - Die Druckkraft nimmt mit der Wassertiefe zu.
- Zeichnen einer Tafelskizze mit Druckpfeilen eines sinkenden U-Bootes
 → für diese Skizze und alle folgenden Skizzen eignet sich auch die Nutzung des Meeresplakates und der dazugehörigen Druckkraftpfeile

- Ermittlung des Auftriebspfeils

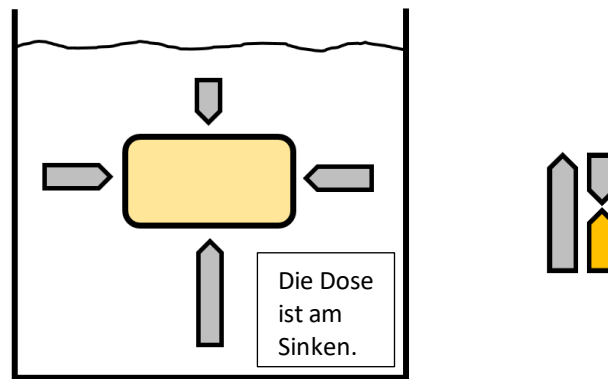


Abb. 113: Skizze mit Druckkraftpfeilen und Auftriebspfeil einer sinkenden Dose

- Zeichnen einer Tafelskizze eines auf einen Felsbrocken gesunkenen U-Bootes

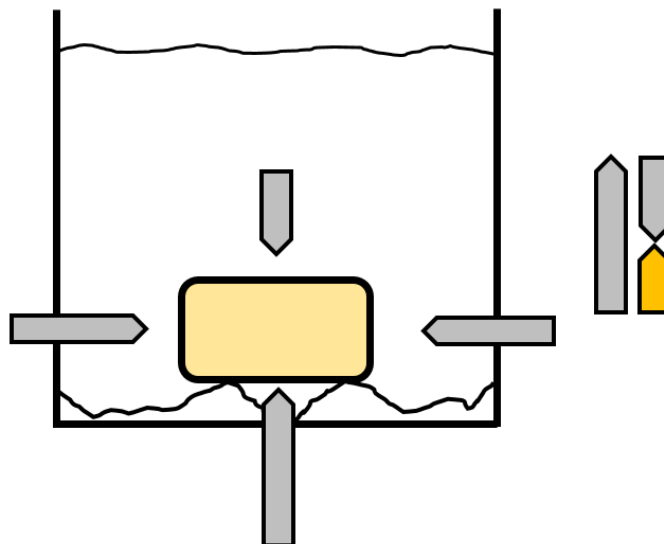


Abb. 114: Skizze mit Druckkraftpfeilen und Auftriebspfeil einer gesunkenen Dose

2. Schritt: Problematisierung durch Experiment II

- Der Klasse wird eine identische Brotdose / U-Boot gezeigt. Diese ist leer oder nur mit wenig Sand gefüllt.
- Frage an die Klasse: Was wird passieren, wenn dieses U-Boot ins Wasser gelegt wird?
- Das U-Boot wird unter Wasser gedrückt und steigt zur Wasseroberfläche.

- Einzeichnen der Druckpfeile und des Auftriebspfeils (identisch mit vorheriger Skizze)

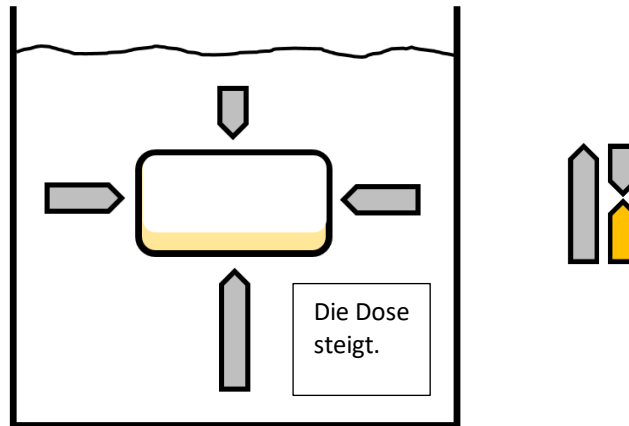


Abb. 115: Skizze mit Druckkraftpfeilen und Auftriebspfeil einer steigenden Dose

- Zeichnen einer Tafelskizze eines schwimmenden U-Bootes und Besprechung der Größe des Auftriebspfeils

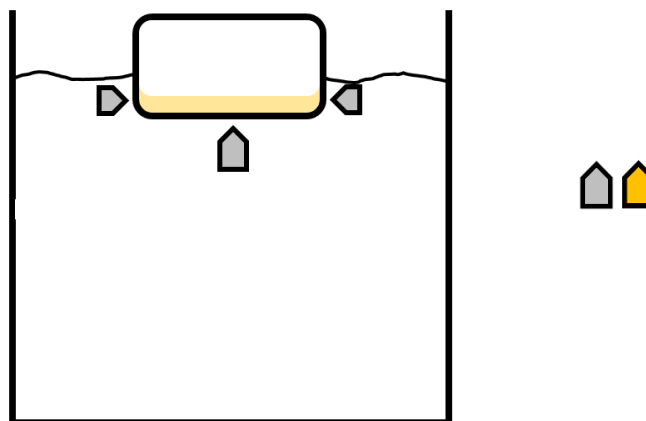


Abb. 116: Skizze mit Druckkraftpfeilen und Auftriebspfeil einer schwimmenden Dose

- Vergleich der Druckkraft- und Auftriebspfeile des sinkenden und des nach oben schwimmenden U-Bootes.

→ bei beiden U-Booten identisch

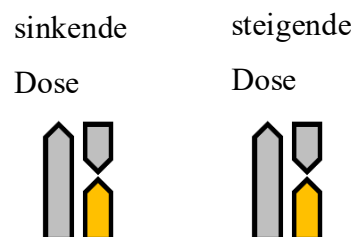


Abb. 117: Druckkraftpfeile und daraus resultierender Auftriebspfeil einer sinkenden und einer steigenden Dose

- Frage an die Klasse: Bei beiden Dosen sind die Druckkräfte, die das Wasser ausübt, und die Auftriebskraft gleich. Wieso sinkt dann die erste Dose und die zweite steigt auf?

3. Schritt: Erarbeitung der Gewichtskraft bzw. des Gewichtspfeils

- Erarbeitung, dass jeder Gegenstand eine Gewichtskraft hat.
- Erarbeitung des Gewichtspfeils (roter Pfeil nach unten bei jedem Gegenstand; je schwerer der Gegenstand, desto länger der Pfeil)

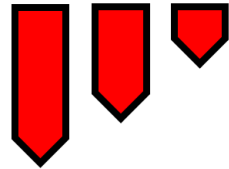


Abb. 118: mögliche Gewichtspfeile

- Der Klasse werden zwei unterschiedlich lange Gewichtspfeile angezeigt. Ein Pfeil ist dabei länger und der andere ist kürzer als die Auftriebspfeile der beiden Skizzen.
- Zuordnung der Gewichtspfeile zu den Skizzen und Einzeichnen der Pfeile in die Skizzen

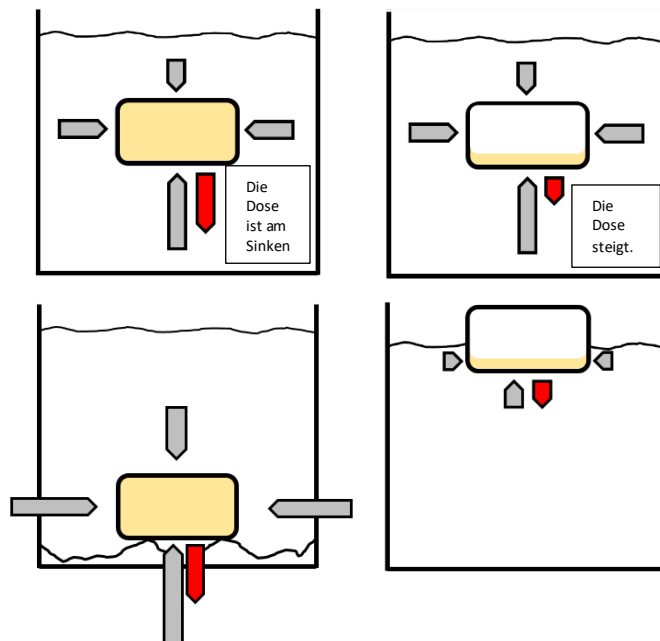


Abb. 119 - 122: Skizzen aller Situationen mit Gewichtspfeilen

- Einzeichnen der Gewichtspfeile neben die bereits erarbeiteten Auftriebspfeile.

sinkende Dose



steigende Dose



Abb. 123 - 126: Druckkraftpfeile, Auftriebspfeil und Gewichtspfeil für eine sinkende und eine steigende Dose.

- Frage an die Klasse: Wenn ihr euch die Auftriebspfeile und die Gewichtskraftpfeile der beiden Dosen anschaut, was fällt euch auf?
 → Bei der sinkenden Dose ist der Gewichtskraftpfeil länger als der Auftriebspfeil.
 → Bei der schwimmenden Dose ist der Gewichtskraftpfeil kürzer als der Auftriebspfeil.
- Besprechung der Auftriebs- und Gewichtskraftpfeile bei einem zu Boden gesunkenen U-Boot und einem zur Wasseroberfläche geschwommenen U-Boot (optional)

gesunkene Dose



schwimmende Dose



Abb. 127 und 128: Druckkraft-, Auftriebs- und Gewichtspfeil für eine gesunkene und eine schwimmende Dose

4. Schritt: Erstellen eines Merkplakates

- Die Ergebnisse der bisherigen Stunde werden in Form einer „Auftriebs-Gewichts-Tabelle“ festgehalten.

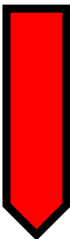
Auftrieb	Gewicht	Was passiert?
 größer	 kleiner	Die Dose schwimmt.
 kleiner	 größer	Die Dose sinkt.

Abb. 129: „Auftriebs-Gewichts-Tabelle“

- Optional: Vertiefung der bisherigen Ergebnisse durch das Spiel „Wer gewinnt: Auftrieb oder Gewicht?“
 - Lehrkraft nennt nacheinander verschiedene Gegenstände oder Materialien (z.B. Kieselstein oder Luftmatratze) und fragt die Klasse jedes Mal: „Wer gewinnt: Auftrieb oder Gewicht?“

5. Schritt: Experiment III – Situation „Schweben“

- Der Klasse wird wieder die gleiche Dose gezeigt, dieses Mal mit mehr Sand als bei der schwimmenden Dose.
- Vermutungen der Klasse, was passiert, wenn die Dose ins Wasser gelassen wird.
- Dose wird ins Wasser gelegt, Dose schwebt (optimale Füllmenge muss zuvor von der Lehrkraft ausprobiert werden).
- Neue Skizze für schwebende Dose: Einzeichnen der Druckpfeile und des Auftriebspfeils (wie bei Exp. I und II)

- Frage an die Klasse: Wie groß muss der einzuzeichnende Gewichtskraftpfeil sein? Richtig: Genauso groß wie der Auftriebspfeil.

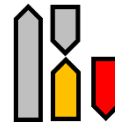
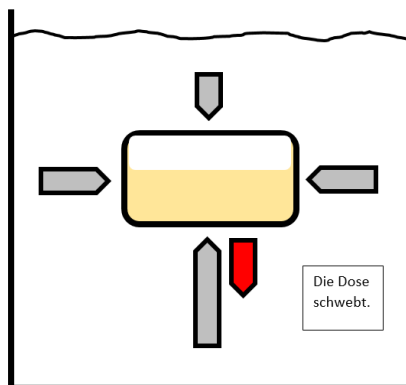


Abb. 130 und 131: Skizzen der Situation „schweben“

- Einzeichnen der Ergebnisse in die Tabelle des Merkplakates

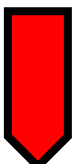
Auftrieb	Gewicht	Was passiert?
 gleich	 gleich	Die Dose schwebt.

Abb. 132: Ergänzung der „Auftriebs-Gewichts-Tabelle“

6. Schritt: Vertiefung der Lernziele in eigenständigem Experiment

Experiment IV „Filmdosen“ in Partner- oder Kleingruppenarbeit:

- Jede Gruppe erhält sechs gleich große Filmdosen mit unterschiedlicher Füllung.
- Die Filmdosen werden ins Wasser gelegt.
- Beobachtung
 - Einige Filmdosen schwimmen und einige Filmdosen sinken
 - Die sinkenden Filmdosen haben eine unterschiedliche Sinkgeschwindigkeit

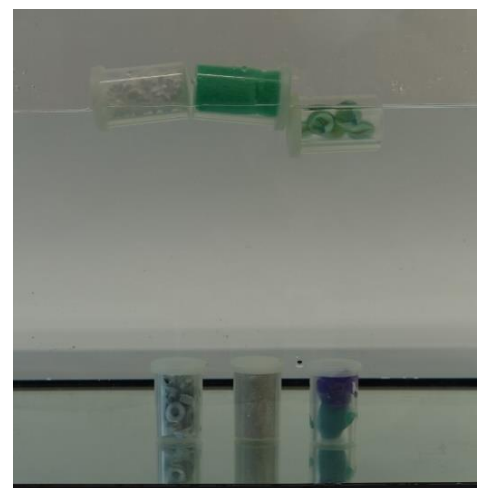


Abb. 133: Experiment „Filmdosen“

- Aspekte, die zuvor im Plenum oder bei Bedarf während der Arbeitsphase besprochen werden sollten:
 - Alle Dosen werden in gleicher Position ins Wasser gelegt, z.B. werden die Filmdosen alle senkrecht ins Wasser gelegt.
 - Vergleich der Sinkgeschwindigkeiten: Ein Schüler hält in beiden Händen je eine Dose. Diese befinden sich auf gleicher Höhe kurz über der Wasseroberfläche und werden gleichzeitig losgelassen.
- Zur Ergebnissicherung bearbeiten die Schüler während des Experiments das Arbeitsblatt A4.1.

7. Schritt: Ergebnissicherung im Plenum

- Die Ergebnisse des Experiments und des Arbeitsblattes sollen im Plenum besprochen werden.
- Insbesondere die Größe des Gewichtspfeils im Verhältnis zum Auftriebspfeil sollte noch einmal thematisiert werden.
- Weitere Aspekte, die beobachtet und besprochen werden können:
 - Die Dosen mit Styropor und Schaumstoff schwimmen weiter oben an der Wasseroberfläche als die Dose mit den Murmeln.
 - Die Dose mit Styropor und die Dose mit Murmeln werden jeweils in einer Hand gehalten und etwa 30cm über der Wasseroberfläche gleichzeitig losgelassen. Während die Dose mit dem Styropor nur minimal ins Wasser eintaucht, taucht die Dose mit den Murmeln sehr viel weiter ins Wasser ein und steigt anschließend wieder zur Wasseroberfläche.

8. Schritt: Fall eines in Schlamm eingesunkenen U-Bootes (mögliche Ergänzung)

- Erarbeitung der Druckkraftpfeile sowie des Gewichtskraftpfeil für den Fall eines in Schlamm eingesunkenen U-Bootes
- Thematisierung, warum es keinen Auftriebspfeil gibt

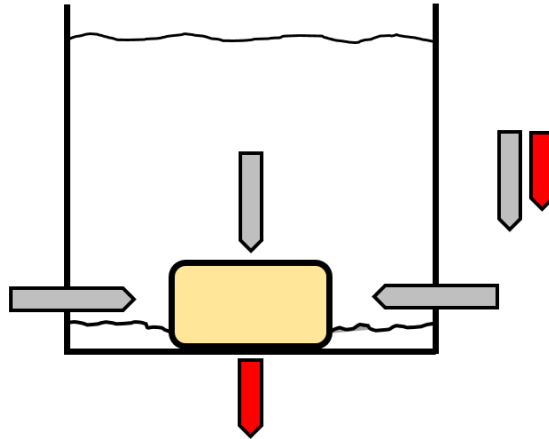


Abb. 134: Skizze eines in Schlamm eingesunkenen U-Bootes mit dazugehörigen Druckkraftpfeilen und Gewichtspfeil

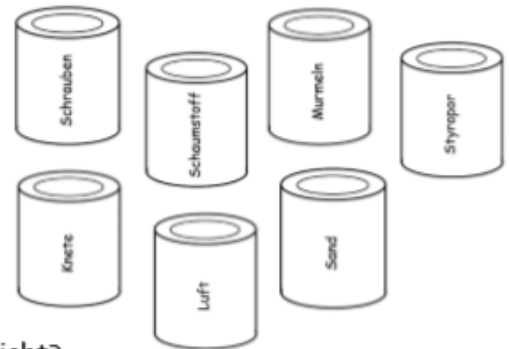
Materialteil

- Arbeitsblatt „A4.1 Filmdosen“

Experiment: Welche Dose sinkt, welche schwimmt?

Du brauchst:

- Eine Schüssel mit Wasser
- Gleich große Dosen mit unterschiedlicher Füllung (Styropor, Sand, Murmeln, Luft, Knete, Schaumstoff)



1) Wer gewinnt: Auftrieb oder Gewicht?

- Trage deine Vermutungen in die Tabelle ein!
- Lege die Plastikröhrchen nacheinander in das Wasser und überprüfe deine Vermutungen. Trage die Ergebnisse in die Tabelle ein

Material Dose mit...	Vermutung			Überprüfung		
	Wer gewinnt?		Was passiert? (schwimmt oder sinkt)	Wer gewinnt?		Was passiert? (schwimmt oder sinkt)
	Auftrieb	Gewicht		Auftrieb	Gewicht	
Luft	X		schwimmt			
Sand						
Murmeln						
Schaumstoff						
Schrauben						
Styropor						
Knete						

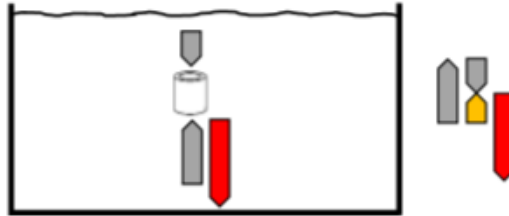
3) Suche dir alle sinkenden Röhrchen heraus. Vergleiche wie schnell die Röhrchen nach unten sinken. Was kannst du beobachten?

4) Wieso ist das so? Was vermutest du?

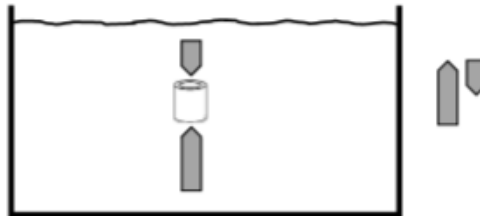
Abb. 135: A4.1 Filmdosen, erste Seite

5) Vervollständige die Sätze und zeichne die Auftriebspfeile und die Gewichtspfeile ein!

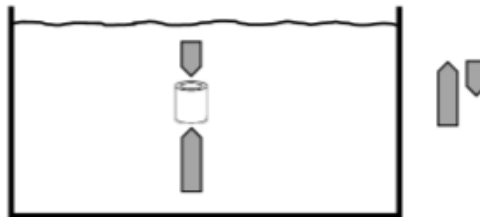
Dose mit _____ sinkt am schnellsten nach unten.



Dose mit _____ sinkt am zweitschnellsten nach unten.



Dose mit _____ sinkt am drittschnellsten nach unten.



Dosen mit _____ , _____ und _____ schwimmen nach oben.

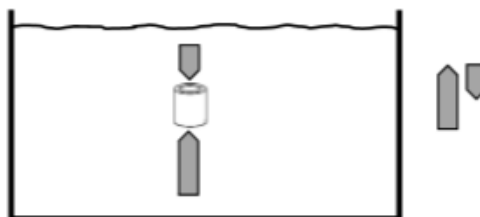


Abb. 136: A4.1 Filmdosen, zweite Seite

13.5. Einheit 5: Die Wirkung der Fläche

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen mithilfe von Experimenten folgenden Grundsatz verstehen und diesen in eigenständigen Experimenten wiedererkennen und umsetzen:

- Je größer die Fläche eines Gegenstandes ist, auf die das Wasser drücken kann, desto größer ist der Auftrieb.

Vorbereitungen

Zusammenstellen der Experimentiermaterialien und Kopieren der Marmelbilder für die Tafel und der Arbeitsblätter.

Die geplante Unterrichtszeit beträgt etwa eine Doppelstunde.

Material / Anleitungen

Experiment „Filmdosen“

- Filmdosen mit unterschiedlicher Füllung aus der vorherigen Unterrichtseinheit

Erarbeitungsexperimente:

- **2 gleich große Dosen:** Für eine bessere optische Vergleichbarkeit sollten die Dosen sowohl in der Höhe als auch in der Breite und Tiefe identisch sein. Deckel werden für die Dosen nicht benötigt
- **2 unterschiedlich große Dosen:** Wenn möglich, sollte die eine Dose doppelt so groß sein wie die andere Dose. Es kann auch eine Dose aus dem vorherigen Experiment genommen werden und eine Dose, die entweder doppelt oder halb so groß ist.
- Es werden **Murmeln** in handelsüblicher Größe benötigt. Die Anzahl der benötigten Murmeln richtet sich nach der Größe der Dosen. Alternativ zu den Murmeln können auch beispielsweise Muttern oder Glassteine (auch als Muggelsteine oder Glasnuggets bekannt), verwendet werden. Es sollte nur darauf geachtet werden, dass die Gegenstände alle gleich groß und gleich schwer sind. Darüber hinaus sollten das Gewicht und die Größe von alternativen Gegenständen nicht sehr von den genannten Beispielen abweichen, da ansonsten die gewünschten Ergebnisse der Experimente schwerer sichtbar wären.

- Das **Wassergefäß** sollte ausreichend breit und tief sein, sodass zwei Dosen nebeneinander mit maximalem Tiefgang schwimmen können. Wenn möglich, sollte das Gefäß durchsichtig sein. Dadurch kann das Experiment im Plenum von allen Schülern besser gesehen werden.
- **Pro Schüler** wird ein **gleich großes Stück Knete** benötigt. Bei der Auswahl der Knete muss darauf geachtet werden, dass die Knete nicht wasserlöslich ist. Dies ist häufig bei selbstgemachter Knete der Fall. Häufig wird eine Knetmasse in Stangen verkauft. Damit jeder Schüler eine ausreichende Menge an Knetmasse hat, sollte erfahrungsgemäß jeder Schüler zwei Stangen erhalten.
- Auch bei diesen Experimenten sollte wieder eine ausreichende Anzahl an **Handtüchern** zur Verfügung stehen.

Unterrichtsverlauf

1. Schritt: Experimente mit gleichem Volumen im Plenum (Wiederholung)

Im Plenum / Sitzkreis

Experiment I im Plenum

- Wiederholung des Experiments „Filmdosen“ aus der vorherigen Unterrichtsstunde
- Beobachtung:
→ einige Filmdosen schwimmen, einige sinken

→ **Volumen gleich, Gewicht unterschiedlich**

Experiment II im Plenum

- Zwei gleich große Boxen (ohne Deckel) werden mit unterschiedlich vielen Murmeln gefüllt
- Beobachtung:
→ Box mit mehr Murmeln sinkt tiefer als Box mit weniger Murmeln

→ **Volumen gleich, Gewicht unterschiedlich** (wie bei Exp. I)

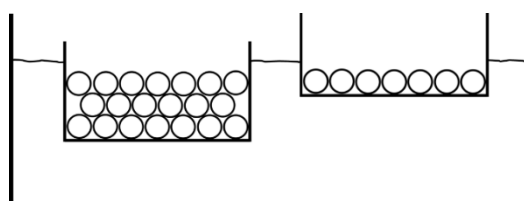


Abb. 137: Zwei gleich große Dosen mit unterschiedlich vielen Murmeln

Experiment III im Plenum

- Zwei gleich große Boxen (ohne Deckel) werden mit gleich vielen Murmeln gefüllt
 - Beobachtung:
 - Beide Boxen sinken gleich tief
- **Volumen gleich, Gewicht gleich**

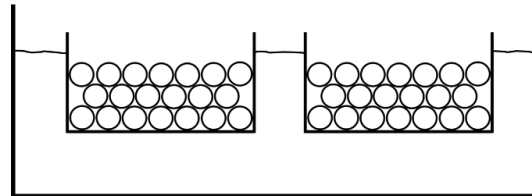


Abb. 138: Zwei gleich große Dosen mit gleich vielen Murmeln

2. Schritt: Experimente mit unterschiedlichem Volumen

Experiment IV im Plenum

- Zwei unterschiedlich große Boxen werden mit gleich vielen Murmeln gefüllt
 - Beobachtung:
 - Kleinere Box sinkt tiefer als größere Box
- **Volumen unterschiedlich, Gewicht gleich**

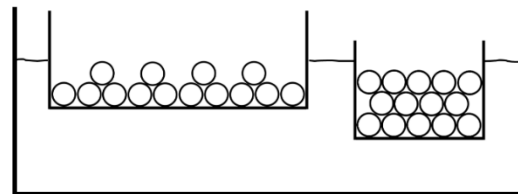


Abb. 139: Zwei unterschiedlich große Dosen mit gleich vielen Murmeln

Experiment V im Plenum

- Die 1. Box ist doppelt so groß wie die 2. Box. In die 1. Box werden doppelt so viele Murmeln gefüllt wie in die 2. Box.
 - Beobachtung:
 - Beide Boxen sinken gleich tief
- **Volumen unterschiedlich, Gewicht proportional**

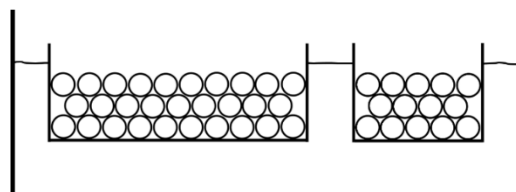


Abb. 140: Zwei unterschiedlich große Dosen: größere Dose mit mehr Murmeln und kleinere Dose mit weniger Murmeln

3. Schritt: Ergebnissicherung im Plenum

- Je größer die Fläche eines Bootes ist, desto mehr kann sie beladen werden.
- Je größer die Fläche eines Gegenstandes ist, desto größer ist die Kraft, die auf den Gegenstand ausgeübt werden kann.
- Zur Visualisierung werden Druckkraftpfeile zur Skizze von Experiment V hinzugefügt.

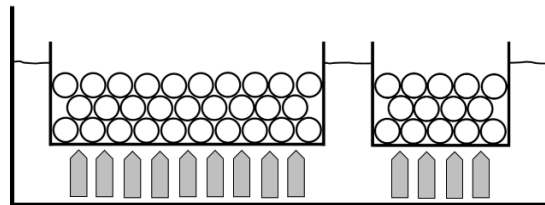


Abb. 141: Unter die große Dose lassen sich mehr Druckkraftpfeile einzeichnen als unter die kleinere Dose.

4. Schritt: Vertiefendes Experiment in Einzel- oder Partnerarbeit

Experiment VI in Einzel- oder Partnerarbeit:

- Jedes Kind bekommt ein gleich großes Stück Knete.
- Die Schüler sollen die Knete so formen, dass folgende Situationen erfüllt werden:
 - Die Knete geht unter.
 - Die Knete schwimmt.
 - Die Knete transportiert möglichst viele Muttern.
- Zu jeder Aufgabe skizzieren oder beschreiben die Schüler die Form ihrer Knete.
- Als Abschlussaufgabe sollen die Schüler erklären (ggf. mithilfe einer Skizze) warum die Knete sinken, schwimmen und auch Gegenstände transportieren kann.

5. Schritt: Ergebnissicherung

Im Plenum / Sitzkreis

- Besprechung der Ergebnisse der Einzelarbeitsphase
- Einzelne Knetboote werden ausgewählt und gemeinsam wird gezählt wie viele Muttern diese Boote maximal tragen können, bis die Knete untergeht.

→ Durch die unterschiedliche Tragfähigkeit der Boote können die Lernziele noch einmal aufgearbeitet werden.



Abb. 142: Knetboot einer Schülerin

- Skizze aller drei Situationen (Knete sinkt, schwimmt oder transportiert Muttern) mit Druckkraftpfeilen auf die Unterseite der Knete an der Tafel anfertigen

6. Schritt: Vertiefendes Experiment (optional)

- Im Plenum wird besprochen wie ein Knetboot hergestellt werden könnte, das noch mehr Muttern tragen könnte.
→ Für jedes weitere Boot wird mehr Knete benötigt.
- Die Klasse wird in Gruppen eingeteilt. Jedes Kind bringt sein eigenes Stück Knete mit in die Gruppenarbeit ein.
- Überprüfung im Plenum welche Gruppe das tragfähigste Boot gebaut hat.
 - Falls die Gruppen eine unterschiedliche Anzahl an Kindern haben: Thematisierung, warum die größeren Gruppen einen Vorteil hatten



Abb. 143: Knetboot einer Fünfergruppe

Hinweis

Parallel zu den Experimenten kann ein Tafelbild in Form einer Tabelle entstehen.

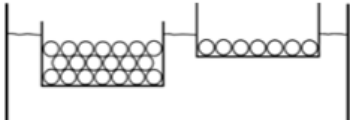
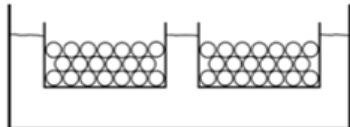
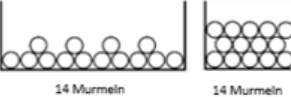
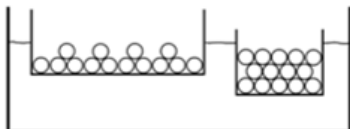
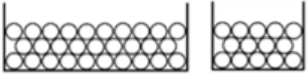
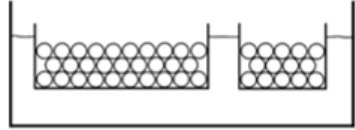
Fläche / Volumen	Gewicht / Füllmenge	Tiefgang im Wasser
gleich 	unterschiedlich 	unterschiedlich 
gleich 	gleich 	gleich 
unterschiedlich 	gleich 	unterschiedlich 
unterschiedlich (1. Box ist doppelt so groß wie 2. Box) 	unterschiedlich (1. Box doppelt so viel wie 2. Box) 	gleich 

Abb. 144: Vorschlag für ein Tafelbild

Die einzelnen Abbildungen sind im Materialteil unter „KV5.1 Murmelbilder“ hinterlegt.

Materialteil

- Arbeitsblatt „A5.1 Knete“
- Kopiervorlage für die Tafel „KV5.1 Murmelbilder“

Experiment: Was kann die Knete alles im Wasser?

Du brauchst:

- Eine Schüssel mit Wasser
- Knete
- Muttern

1) Forme deine Knete so, dass die Knete untergeht. Finde verschiedene Möglichkeiten.

Male oder beschreibe die verschiedenen Formen der Knete!

2) Forme die Knete so, dass die Knete schwimmt. Finde verschiedene Möglichkeiten.

Male oder beschreibe die verschiedenen Formen der Knete!

3) Forme die Knete so, dass die Knete möglichst viele Muttern über dem Wasser transportieren kann.

Male oder beschreibe die Form der Knete!

Meine Knetform konnte _____ Muttern transportieren.

Abb. 145: A5.1 Knete, erste Seite

4) Vergleiche die unterschiedlichen Formen, die du in den Aufgaben mit der Knete geformt hast. Wie kannst du dir erklären, dass die Knete sinken, schwimmen und sogar Gegenstände transportieren kann? Zur Veranschaulichung darfst du auch Skizzen hinzufügen.

Abb. 146: A5.1 Knete, zweite Seite

Kopiervorlage für die Tafel „KV 5.1 Murmelbilder“ (Abb. 147 – 157)

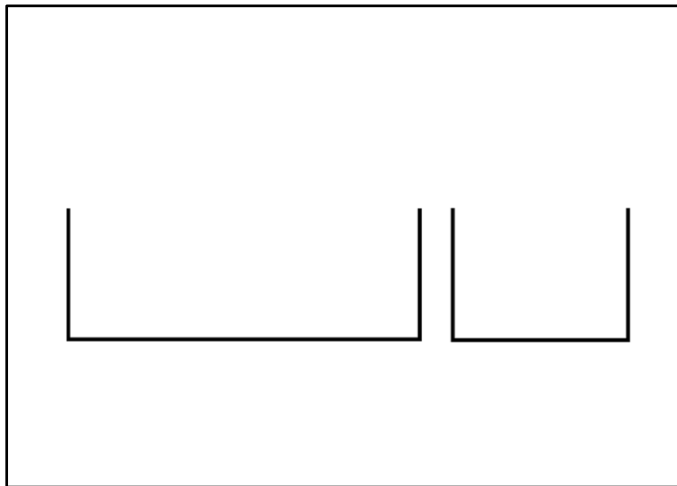


Abb. 147: Zwei unterschiedlich große Dosen

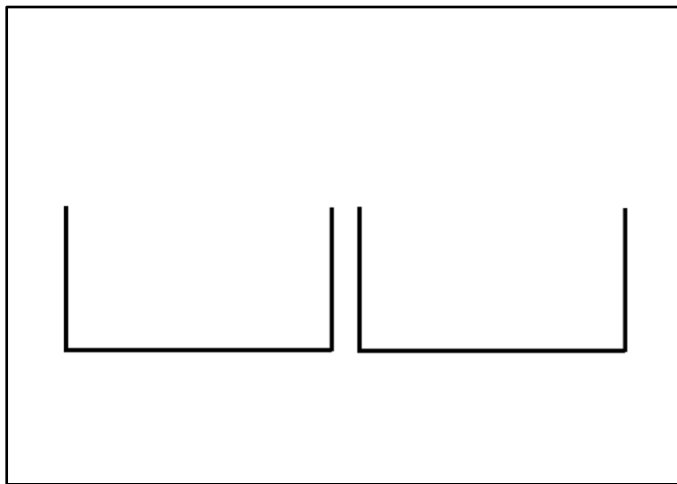


Abb. 148: Zwei gleich große Dosen

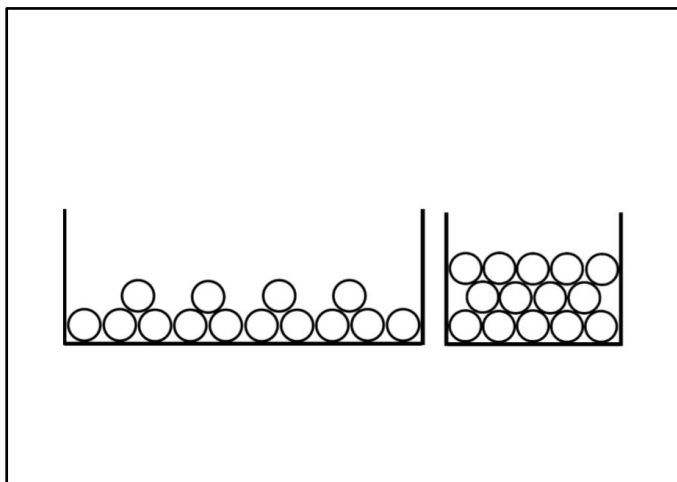


Abb. 149: Zwei unterschiedlich große Dosen mit gleich vielen Murmeln

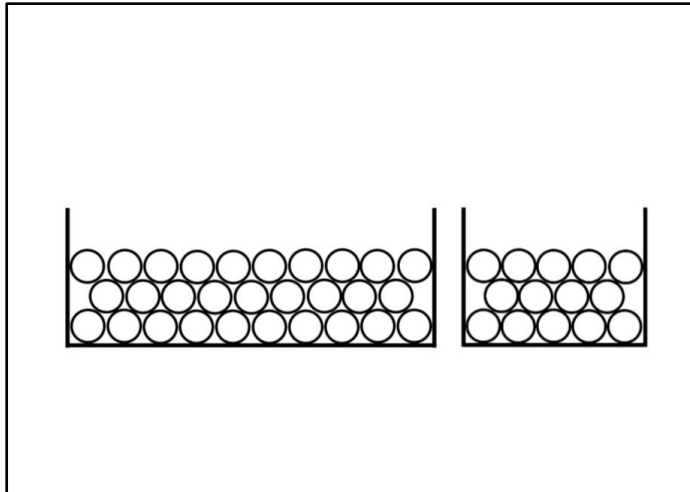


Abb. 150: Die größere Dose ist mit mehr Murmeln gefüllt und die kleinere Dose ist mit weniger Dosen gefüllt.

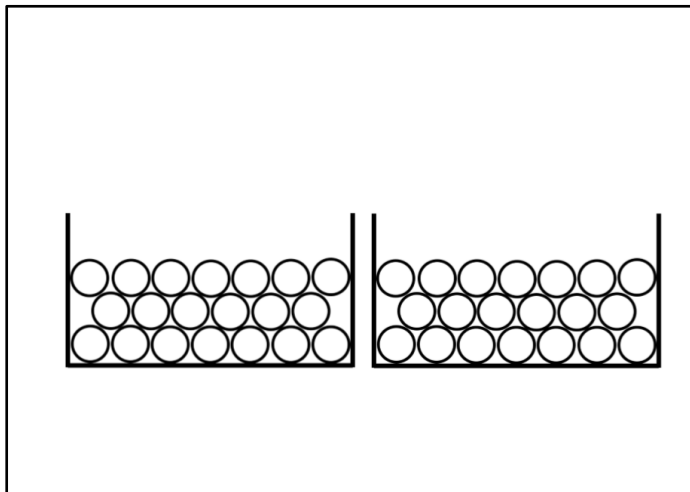


Abb. 151: Die gleich großen Dosen sind mit der gleichen Anzahl an Murmeln gefüllt.

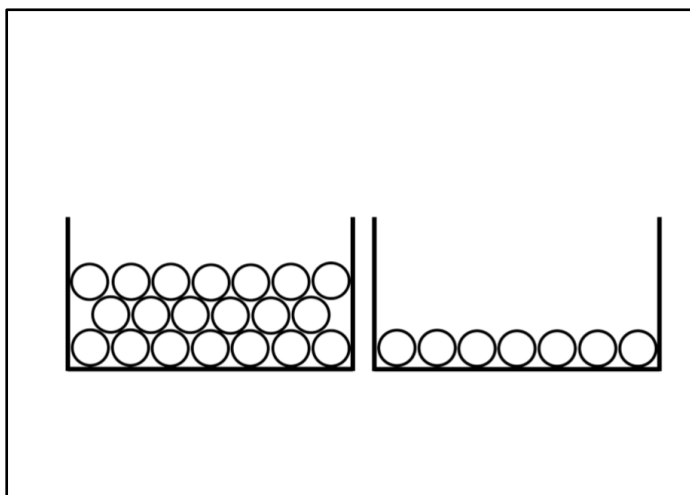


Abb. 152: Die gleich großen Dosen sind mit unterschiedlich vielen Murmeln gefüllt.

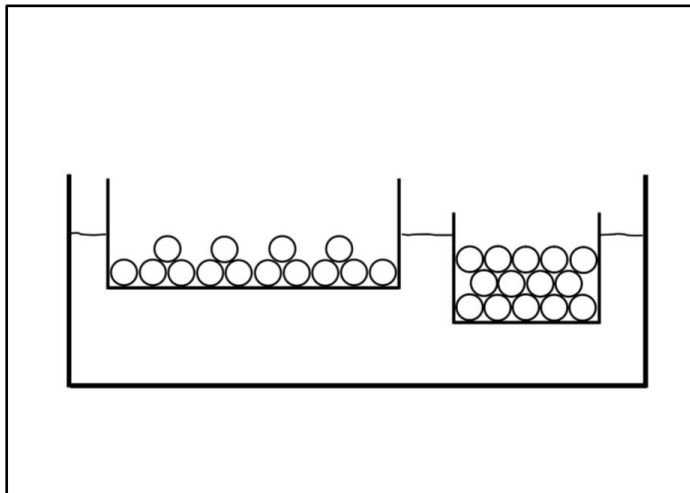


Abb. 153: Die kleine Dose hat einen größeren Tiefgang im Wasser.

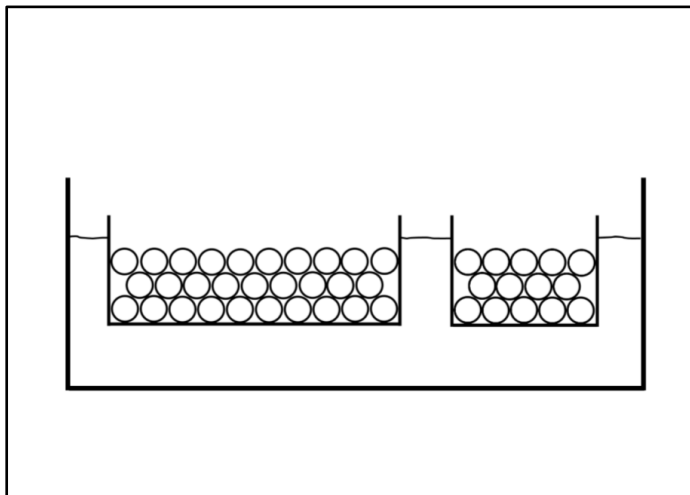


Abb. 154: Beide Dosen haben den gleichen Tiefgang im Wasser.

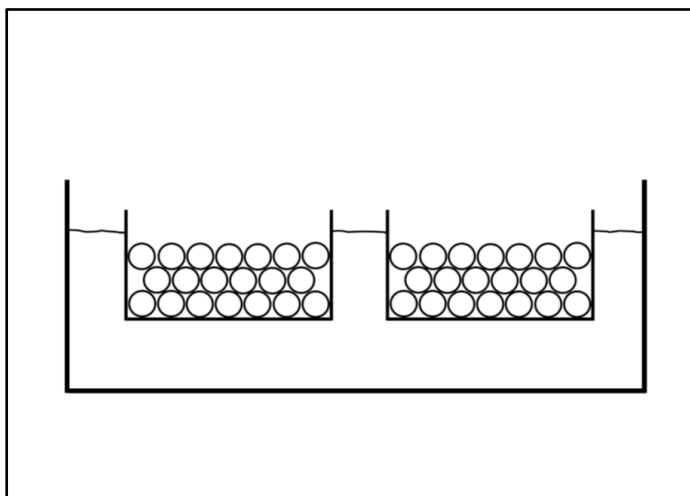


Abb. 155: Beide Dosen haben den gleichen Tiefgang im Wasser.

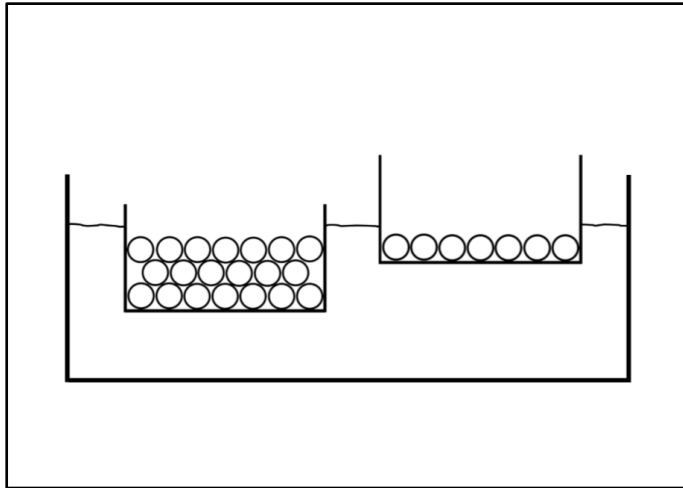


Abb. 156: Die Dose mit weniger Murmeln hat einen geringeren Tiefgang als die gleich große Dose mit der höheren Anzahl an Murmeln.

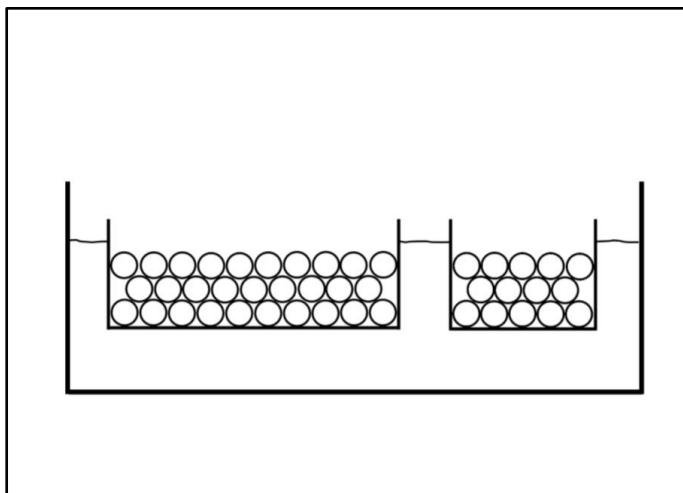


Abb. 157: Beide Dosen haben den gleichen Tiefgang im Wasser.

13.6. Einheit 6: Der kartesische Taucher

Ziele der Einheit

Die Schüler sollen mithilfe des Experiments „kartesischer Taucher“ folgenden Grundsatz aus den vorherigen Unterrichtseinheiten vertieft anwenden:

- Wasser drückt von allen Seiten auf einen untergetauchten Gegenstand. Auf die Unterseite drückt es aber stärker nach oben als auf die Oberseite nach unten. Dadurch bleibt eine Kraft nach oben übrig. Diese wird Auftriebskraft oder Auftrieb genannt.
- Die Auftriebskraft ergibt sich aus der Differenz zwischen der Druckkraft von unten und von oben auf einen Gegenstand.
- Die Gewichtskraft wirkt der Auftriebskraft entgegen.

- Ob etwas schwimmt, schwebt oder sinkt, hängt von dem Verhältnis zwischen Gewichtskraft und Auftriebskraft ab.

Vorbereitungen

Bau eines kartesischen Tauchers und Zusammenstellen der Experimentiermaterialien.

Als Hausaufgabe sollen die Schüler eine Plastikflasche (kein Hartplastik!), die Kappe eines alten Fineliners, Filzstifts oder Kugelschreibers und mindestens zwei Metall-Büroklammer mitbringen.

Die geplante Unterrichtszeit beträgt etwa eine Doppelstunde.

Material / Anleitungen

- Jeder Schüler benötigt eine **Kappe von einem alten Fineliner oder Filzstift**, deren Kappe kein Loch hat. Falls doch ein oder mehrere Löcher vorhanden sein sollten, müssen diese mit Klebstoff oder wasserunlöslicher Knete abgedichtet werden.
- Pro Schüler sollten mindestens zwei **Büroklammern** zur Verfügung stehen. Da die Büroklammer in die Öffnung der Kappe geklemmt wird, richtet sich die Größe der Büroklammer nach der Größe der Kappe.
- Pro Schüler wird eine **Plastikflasche** benötigt. Die Flasche darf nicht aus Hartplastik sein, da die Schüler in der Lage sein müssen, die Seiten der Flasche einzudrücken. Zudem sollte die Flasche nicht zu groß sein. Erfahrungsgemäß eignen sich am besten Flaschen mit einem Fassungsvermögen von 0,5 Litern.
- Für das Gesicht des Teufels und das untere Ende der Kappe wird jeweils ein Stück **Folie** benötigt. Hierfür können z.B. Stücke von Plastikdosen oder -verpackungen sowie Laminierreste genutzt werden.
- Um das Gesicht des Teufels auf ein Stück Folie aufzumalen, werden **wasserfeste Filzstifte** benötigt.
- Um einen „Stau“ am Waschbecken des Klassenzimmers zu vermeiden, sollten ausreichend große **Wassergefäße** im Klassenraum verteilt werden. Hier können die Schüler ihre Plastikflaschen für ihre kartesischen Teufel auffüllen. Oftmals sinken die kartesischen Teufel ungewollt zum Flaschenboden, z.B. wenn zu viele Büroklammern angehängt wurden. Daher

eignen sich die Wassergefäße auch dafür, dass die Schüler ihre Flaschen wieder ausleeren können, ohne dabei Wasser zu verschwenden.

- Auch für diese Unterrichtseinheit sollten wieder **Handtücher** in ausreichender Anzahl zur Verfügung stehen.

Unterrichtsverlauf

1. Schritt: Bestandteile und Funktionsweise eines kartesischen Tauchers kennenlernen

Im Plenum / Sitzkreis

- Der Klasse wird ein kartesischer Taucher, bzw. ein kartesischer Teufel gezeigt.
- Besprechung der Bestandteile eines kartesischen Teufels
 - Kleines Rohr, das am oberen Ende geschlossen und am unteren Ende geöffnet ist (z.B. der Deckel eines Fineliners)
 - Büroklammer, die am unteren Ende des Rohres eingeklemmt wurde
 - Ein eingeschnittener Plastikstreifen
- Vermutungen der Klasse was passieren wird, wenn der Teufel in eine volle Wasserflasche gelegt wird.
- Teufel wird in die Flasche getaucht und der Deckel der Flasche wird zuge dreht.
- Beobachtung:
 - Kartesischer Teufel schwimmt oben in der Flasche direkt unter dem Deckel
- Vermutungen der Klasse was passieren wird, wenn auf die Seiten der Flasche gedrückt wird.
- Die Flasche wird langsam zusammengedrückt.
- Beobachtung:
 - Der Teufel sinkt zum Boden der Flasche.
 - Wird die Flasche wieder losgelassen, steigt der Teufel wieder nach oben zur Flasche.
 - Beim Sinken und Steigen dreht sich der Teufel um die Längsachse.



Abb. 158: Beispiel eines kartesischen Teufels

2. Schritt: Physikalische Begründung für das Steigen und Sinken des Teufels (optional)

- Aufforderung an die Schüler zu beobachten, was sich im Rohr verändert
- Beobachtung:

→ Wenn die Wasserflasche gedrückt wird, steigt der Wasserstand innerhalb des Rohres.

Das kann nur bei einem durchsichtigen Röhrchen gesehen werden. Wenn eine Filzstiftkappe verwendet wurde, müssen die Schüler die Frage nach der Veränderung der Luftblase gedanklich lösen.

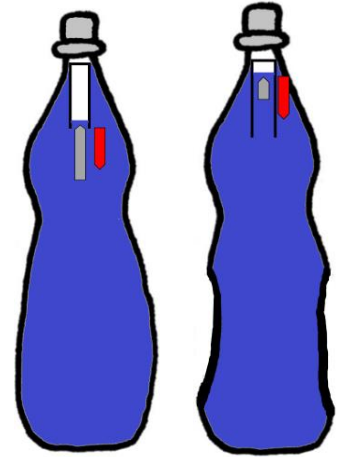


Abb. 159: Erklärungshilfe für die physikalische Begründung des Steigens und Sinkens eines kartesischen Tauchers

- Begründung durch die Lehrkraft oder durch die Schüler: Durch das Drücken auf die Seiten der Flasche sucht sich das Wasser neuen Raum und findet es im Rohr. Die vorhandene Luft im Rohr wird zusammengepresst.
- Anfertigung einer Skizze von einer Flasche mit kartesischem Teufel im gedrückten und entspannten Zustand → Wasserstände im Rohr sind unterschiedlich
- Hinzufügen der Druckkraft- und Gewichtskraftpfeile
- Bei der nichtgedrückten Flasche ist die Auftriebskraft größer als die Gewichtskraft
→ Die Kappe schwimmt oben.
- Bei der gedrückten Flasche ist die Gewichtskraft größer als die Auftriebskraft.
→ Die Kappe sinkt zum Boden der Flasche.

3. Schritt: Bau eines eigenen kartesischen Teufels

- Der Bau eines kartesischen Teufels wird im Plenum besprochen (siehe Bauanleitung)
- Besprechung von möglichen Schwierigkeiten, die beim Bau passieren können und zu einem funktionsunfähigen kartesischen Taucher führen:
 - Die Kappe schwimmt nicht senkrecht unter der Wasseroberfläche, sondern dreht sich zur Seite

- Zusätzliche Beschwerung durch eine weitere Büroklammer
- Der Teufel sinkt noch vor dem Verschließen der Flasche zum Flaschenboden
- Prüfen, ob sich Luft in der Kappe befindet
- Gegebenenfalls Gewicht reduzieren, z.B. nur eine statt zwei Büroklammern
- Die Kappe auf schwer sichtbare Löcher überprüfen (häufig bei Finelinerkappen)
- Die Kappe hat ein Loch oder mehrere kleine Löcher
- → Abdichtung der Löcher, z.B. mit Klebstoff
- In Einzel- oder Partnerarbeit fertigen die Schüler eigene kartesische Teufel an
- Optionale Aufgaben für Schüler nach dem Bau des kartesischen Teufels
 - Versuche den Teufel in der Mitte der Flasche zu halten.
 - Wie würdest du deinen Eltern die Funktionsweise des Teufels erklären? Schreibe einen Text (für leistungsstarke Schüler).

4. Schritt: Abschluss

Vorschläge:

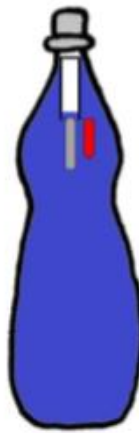
- Museumsrundgang
 - Jeder Schüler stellt seinen kartesischen Teufel auf seinen Arbeitsplatz.
 - Leise gehen alle Schüler durch die Klasse und schauen sich die anderen kartesischen Teufel an.
- Theaterstück
 - Alle Schüler sitzen im Sitzkreis und halten ihre Flasche mit dem kartesischen Teufel in der Hand.
 - Lehrkraft liest eine Geschichte über einen Flaschenteufel vor (siehe „A6.2 Flori der Flaschenteufel“).
 - Passend zu den Handlungen in der Geschichte müssen die Schüler ihren Teufel in der Flasche steigen, sinken oder schweben lassen.
- Wiederholung der Funktionsweise (falls besprochen)
 - Schüler sollen in eigenen Worten erklären, wie ein kartesischer Teufel funktioniert / wie sie es ihren Eltern erklären würden.

- Gegebenenfalls die Texte aus dem 3. Schritt vorlesen lassen

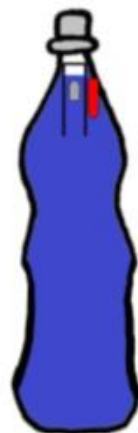
Materialteil

- Arbeitsblatt „A6.1 Funktionsweise kartesischer Teufel“
- Arbeitsblatt „A6.2 Flori der Flaschenteufel“

Der kartesische Taucher



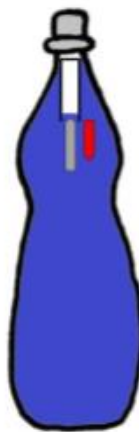
In der Kappe befindet sich Luft. Das Wasser drückt von unten gegen die Luft in der Kappe. Die entstehende Auftriebskraft ist größer als die Gewichtskraft der Kappe. Deshalb schwimmt die Kappe direkt unter dem Deckel der Flasche.



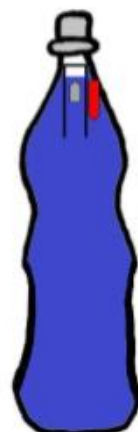
Wenn man auf die Seiten der Flasche drückt, sucht sich das Wasser neuen Platz in der Flasche. Das Wasser findet Platz in der Kappe. Die Luft in der Kappe wird deshalb zusammengedrückt und das Wasser in der Kappe steigt an.

Durch den Wasseranstieg in der Kappe ist die Auftriebskraft kleiner geworden. Das kannst du an dem kleineren Druckkraftpfeil erkennen. Denn der Druck, den das Wasser auf die Kappe ausübt, ist weiter oben nicht ganz so stark wie weiter unten in der Flasche. Jetzt ist die Auftriebskraft kleiner als die Gewichtskraft und die Kappe sinkt zum Boden der Flasche.

Der kartesische Taucher



In der Kappe befindet sich Luft. Das Wasser drückt von unten gegen die Luft in der Kappe. Die entstehende Auftriebskraft ist größer als die Gewichtskraft der Kappe. Deshalb schwimmt die Kappe direkt unter dem Deckel der Flasche.



Wenn man auf die Seiten der Flasche drückt, sucht sich das Wasser neuen Platz in der Flasche. Das Wasser findet Platz in der Kappe. Die Luft in der Kappe wird deshalb zusammengedrückt und das Wasser in der Kappe steigt an.

Durch den Wasseranstieg in der Kappe ist die Auftriebskraft kleiner geworden. Das kannst du an dem kleineren Druckkraftpfeil erkennen. Denn der Druck, den das Wasser auf die Kappe ausübt, ist weiter oben nicht ganz so stark wie weiter unten in der Flasche. Jetzt ist die Auftriebskraft kleiner als die Gewichtskraft und die Kappe sinkt zum Boden der Flasche.

Abb. 160: A6.1 Erklärung Funktionsweise eines kartesischen Tauchers

Flori der Flaschenteufel

Flori ist ein Flaschenteufel. Er lebt in Flaschen und kann sie jederzeit wechseln. Er muss nur fest die Augen schließen und schon ist er in einer neuen Flasche. Aber der kleine Flaschenteufel weiß nie welche Flasche als nächstes auf ihn wartet.

Flori lebt sehr gerne in Wasserflaschen. Dort schwimmt er gerne **schnell auf und ab und auf und wieder ab**.

Einmal ist Flori in einem Schokomilchshake gelandet. Der hat zwar sehr gut geschmeckt, aber dort konnte er nur ganz, **ganz langsam steigen und sinken**.

Bei Gelegenheit badet er auch gerne in Sprudelwasser. Dann taucht der kleine Flaschenteufel bis zum Boden der Flasche und sucht sich **Blubberblasen, die er als Fahrstuhl nach oben nimmt**. Das macht er so oft bis er genug davon hat und sich die nächste Flasche sucht.

Am liebsten versteckt er sich aber in Wasserflaschen von Kindern. Wenn es Flori mal wieder in eine Flasche von einem Kind geschafft hat, macht er einen **Freudentanz in der Mitte der Flasche**. Bis er ganz erschöpft **nach oben zur Öffnung schwimmt** und einmal kräftig Luft holt. Doch Vorsicht! Manchmal nimmt das Kind genau in diesem Moment einen Schluck aus der Flasche. Dann schwimmt Flori **so schnell es geht zum Boden der Flasche und bleibt dort** bis die Gefahr vorbei ist.

Letztens war er sogar mal mit einem Kind in der Schule. Auf dem Weg zur Schule ist Flori im Ranzen **auf und ab gehüpft**, weil es im Ranzen so gewackelt hat. In der Schule angekommen, konnte er sich von den ganzen Turbulenzen erstmal einen Moment **unter dem Deckel ausruhen**.

Nach einer Weile wurde der kleine Flaschenteufel neugierig und wollte mal wissen, was alles so in einem Klassenzimmer passiert. Erst **schwebte er im oberen Bereich der Flasche** vor sich hin und beobachtete die Kinder. Dann begannen die Kinder etwas zu schreiben. Um das besser sehen zu können, **tauchte er weiter nach unten und schwebte ganz ruhig in der unteren Hälfte der Flasche**. Aber Flori hatte vergessen, dass er ja gar nicht lesen konnte. Deshalb wurde ihm langweilig und schwamm in der Flasche **immer wieder auf und ab**.

Irgendwann ging es zum Sportunterricht. Das freute den kleinen Flaschenteufel sehr. Deshalb machte er wieder einen **Freudentanz in der Mitte der Flasche**. Flori fand es spannend die Kinder beim Rennen durch die Sporthalle zu beobachten. Er **wechselte immer mal wieder seine Position** in der Flasche, um auch immer die beste Sicht zu haben. Doch dann passierte es ganz plötzlich. Die Kinder rannten zu ihren Wasserflaschen, schraubten sie auf und nahmen tiefe Schlucke. Flori **sank natürlich sofort nach unten** und versuchte sich so gut wie möglich am Flaschenboden festzuhalten. Aber das Kind trank immer weiter und das Wasser wurde immer und immer weniger. Kurz bevor die Flasche ganz leer war, machte Flori die Augen ganz schnell fest zu. Mal sehen, welche Flasche als nächstes auf ihn wartet...

Abb. 161: A6.2 Flori der Flaschenteufel

13.7. Danksagungen

Sowohl diese Wissenschaftliche Hausarbeit als auch mein Studium neigen sich dem Ende zu. Daher möchte ich die Gelegenheit nutzen und mich bei meinen Wegbegleitern während des Studiums sowie Unterstützern dieser Arbeit danken.

Als erstes gilt mein Dank Prof. Dr. Thomas Wilhelm für den Vorschlag dieses Themas. Auch Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner darf an dieser Stelle nicht vergessen werden. Beiden möchte ich für die gute und kooperative Zusammenarbeit danken. Insbesondere die schnellen Rückmeldungen haben mich immer wieder aufs Neue beeindruckt.

Zudem möchte ich den beiden Lehrerinnen Carla Schreiber und Ines Völler meinen Dank entgegenbringen, die die praktische Durchführung der Unterrichtskonzeption ermöglicht haben. Ein großes Lob und Dankeschön gehen natürlich auch an die 18 Kinder einer vierten Klasse, die jeder Stunde mit viel Neugierde und Engagement begegnet sind.

Studium und Leistungssport sind nicht immer leicht zu vereinbaren. Doch mit viel Willen, Unterstützung und Verständnis ist auch das möglich. Daher gilt an dieser Stelle mein Dank auch dem USC Mainz und meinem Trainer Thomas Kohlbacher.

Ein Dankeschön geht zudem an Andreas Niedenbrück für die immer anhaltende moralische Unterstützung und die richtigen Worte in stressigen Phasen.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mich sowohl während des Studiums, als auch während der Fertigstellung dieser Arbeit immer unterstützt hat. Zu guter Letzt geht ein großes Dankeschön an meinen Opa Reinhold Wendel für den liebevollen Bau der Balkenwaage.

13.8. Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet und sämtliche Stellen, die anderen Druckwerken oder digitalisierten Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht habe. Die Versicherung gilt auch für verwendete Zeichnungen, Skizzen, Notenbeispiele sowie bildliche und sonstige Darstellungen.

Frankfurt am Main, 12.06.2019

Gianina Gartmann