

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt
an Grundschulen im Fach Sachunterricht, eingereicht der Hessischen Lehrkräfteakademie
- Prüfungsstelle Frankfurt -

Thema:

Akzeptanzinterviews zu einer Konzeption zum Thema Auftrieb in der
Grundschule

Verfasserin: Lea Ludwig

Erstgutachter: Prof. Dr. Thomas Wilhelm

Zweitgutachter: Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Fachlicher Hintergrund	2
2 Schülervorstellungen	7
3 Die Lernplattform SUPRA	10
3.1 SUPRA-Unterrichtskonzeption „Auftrieb“	11
4 Analyse von weiteren Materialien	20
4.1 Sachbücher	20
4.2 Unterrichtskonzeptionen	24
4.3 Fazit	30
5 Die Methode der Akzeptanzinterviews	32
5.1 Aufbau der Akzeptanzinterviews	34
5.2 Befragungsschema der Akzeptanzinterviews	43
5.3 Durchführung der Akzeptanzinterviews	52
5.4 Auswertung der Akzeptanzinterviews	55
5.4.1 Fazit	77
5.5 Konsequenzen in Hinblick auf die Unterrichtskonzeption	78
6 Fazit.....	82
Literaturverzeichnis.....	84
Abbildungsverzeichnis.....	86
Tabellenverzeichnis.....	87
Anhang	88
Danksagung.....	248
Eigenständigkeitserklärung.....	249

Einleitung

Das Thema „Auftrieb“, oder auch in der Grundschule „Schwimmen und Sinken“ genannt, hat im Sachunterricht eine langreichende Tradition. Kinder werden mit diesem physikalischen Phänomen in den verschiedensten Alltagssituationen konfrontiert. Damit sie die alltäglichen Beobachtungen von schwimmenden Booten und sinkenden Kieselsteinen verstehen und erklären können, muss das Thema rund um den Auftrieb für Schülerinnen und Schüler in der Primarstufe didaktisch und fachlich aufbereitet werden.

Ziel meiner Wissenschaftlichen Hausarbeit ist, die generelle Umsetzbarkeit des physikalischen Themas „Auftrieb“ in der Grundschule zu untersuchen und einen Einblick in die damit verbundenen Lernprozesse der Kinder zu erlangen. Hierzu werden Akzeptanzinterviews durchgeführt, deren Aufbau auf den zentralen Grundideen einer bereits auf der SUPRA-Lernplattform veröffentlichten Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ beruht. Mittels dieser Durchführungen wird demzufolge überprüft, welche thematischen Verständnisschritte von den Grundschulkindern verstanden beziehungsweise akzeptiert werden und wo Schwierigkeiten während des Lernprozesses auftreten. Auf Basis dieser Ergebnisse werden abschließend Verbesserungsvorschläge für die SUPRA-Unterrichtskonzeption erstellt, um den Verständnisprozess der Grundschul Kinder im Bereich des Auftriebs weiter auszubauen.

Zusätzlich zur Durchführung und Auswertung der Akzeptanzinterviews soll näher auf weitere Materialien zum Thema „Auftrieb“ eingegangen werden. Hierfür wird analysiert, wie verschiedene Sachbücher und Unterrichtskonzeptionen bei der Vermittlung des physikalischen Phänomens vorgehen und die Inhalte für die Kinder in der Primarstufe didaktisch aufbereiten. Für eine zielgerichtete Analyse muss zuvor ein Blick auf die Schülervorstellungen zu diesem Thema geworfen werden. Des Weiteren wird sich intensiv mit dem Auftrieb und den Akzeptanzinterviews als Forschungsmethode auseinandergesetzt, um einen fachlichen Einblick zu erhalten. Der Hauptteil der Arbeit bezieht sich jedoch auf die Auswertung und Analyse der Akzeptanzinterviews und den aufgetretenen Verständnisschwierigkeiten in Bezug auf das physikalische Unterrichtsthema „Auftrieb“.

1 Fachlicher Hintergrund

Ein im Wasser eingetauchter Körper kann sich unterschiedlich verhalten. Der Körper kann im Wasser *aufsteigen*, bis er an der Wasseroberfläche *schwimmt*, er kann auf den Boden *sinken* oder er *schwebt* im Wasser auf einer Stelle. Um diese vier verschiedenen Verhaltensmöglichkeiten erklären zu können, muss ein Blick auf die physikalische Größe Druck geworfen werden.

Ein Fluid, in unserem Beispiel Wasser übt einen gewissen Druck auf Flächen aus. Diese Flächen können sowohl den Behälter begrenzen, in dem sich die Flüssigkeit befindet als auch einem Körper entsprechen, der in die Flüssigkeit eingetaucht wird (Bergner & Blech, o.J.). Die aus dem Druck des Wassers resultierende Druckkraft existiert nur an den Begrenzungsflächen, wohingegen der Wasserdruck im gesamten Fluid herrscht. Wird nun ein beliebiger Körper in Wasser eingetaucht, drückt das Wasser auf alle Flächen. Die wirkenden Druckkräfte an den Seitenflächen des Körpers sind gleich groß und heben sich somit gegenseitig auf. Die entscheidende Komponente für das Schwimmverhalten ist folglich der Druck unter- und oberhalb des Körpers. Hierfür muss die auf den Körper wirkende Gewichtskraft hinzugezogen werden (Möller & Wyssen, 2017). Die Anziehungskraft der Erde sorgt dafür, dass alle Körper in Richtung des Erdmittelpunktes gezogen werden. Diese, durch die Erdanziehung verursachte Kraft, betitelt man als Gewichtskraft. Zur Erklärung des Verhaltens eines Körpers im Wasser ist jedoch nicht die Gewichtskraft des eingetauchten Körpers relevant, sondern die Gewichtskraft der über dem Körper liegenden Wassersäule. Durch diese Gewichtskraft der Wassersäule erfährt der Körper einen Schweredruck. Um den Schweredruck zu bestimmen, müssen folgende Formeln zusammengeführt werden (Lütgerath, o.J.):

Der Druck lässt sich als Kraft pro Fläche definieren, wobei p für den Druck, F_G für die Kraft und A für den Flächeninhalt der Begrenzungsflächen steht:

$$p = \frac{F_G}{A}$$

Genauer gesagt, ist F_G die Gewichtskraft der über dem Körper liegenden Wassersäule, also $F_G = m \cdot g$. Das g steht hierbei für die Erdbeschleunigung, die auf der Erdoberfläche einen mittleren Wert von $9,81 \frac{m}{s^2}$ besitzt. Daraus ergibt sich:

$$p = \frac{m \cdot g}{A}$$

Die Masse m der Wassersäule setzt sich wiederum aus dem Volumen V und der Dichte ρ dieser Wassersäule zusammen, also $m = V \cdot \rho$. Somit folgt:

$$p = \frac{V \cdot \rho \cdot g}{A}$$

Das Volumen der Säule ermittelt man mit $V = A \cdot h$, wobei h für die Höhe der Wassersäule steht. Zur Bestimmung des Schweredruckes ergibt sich folgende Formel:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Je tiefer sich der Körper im Wasser befindet, desto größer ist das Gewicht der darüberliegenden Flüssigkeit und der auf den Körper wirkende Schweredruck (Lütgerath, o.J.). Demzufolge nimmt der Druck mit der Wassertiefe zu. Würde nur die Gewichtskraft und infolgedessen der Schweredruck Einfluss auf den Körper nehmen, würde er zu Boden sinken. Da dieser Fall nicht eintritt, muss eine entgegengesetzte Kraft wirken, die sogenannte Auftriebskraft F_A . Taucht man nun einen Körper in Wasser ein, drückt das Wasser von allen Seiten auf den Körper. Wie bereits erwähnt, kann man den Druck auf den Seitenwänden vernachlässigen (Bergner & Blech, o.J.). Der Druck auf die Unterseite ist größer als der Druck auf die Oberseite des Körpers, da sich der untere Teil des Körpers tiefer im Wasser befindet und dort der Schweredruck größer ist als weiter oben. Diese Krätedifferenz ist die Auftriebskraft F_A . Diese Auftriebskraft wirkt somit der Gewichtskraft entgegen und hat den gleichen Betrag, wie die Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit beim Eintauchen des Körpers in das Wasser (Möller & Wyssen, 2017). Um die Auftriebskraft bestimmen zu können, muss die Brücke zum Archimedischen Prinzip geschlagen werden, Dieses Konzept wird zu einem späteren Zeitpunkt nochmals detaillierter dargestellt. Zur Berechnung ergibt sich folgende Formel (Lütgerath, o.J.):

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

oder

$$F_A = m_{\text{verdrängte Flüssigkeit}} \cdot g$$

„Bei jedem in einer Flüssigkeit eingetauchten Körper greifen zwei Kräfte an: Die Gewichtskraft, die den Körper nach unten „zieht“ (F_G), und die Auftriebskraft (F_A) die den Körper nach oben „drückt“.“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 24). Das Verhältnis zwischen diesen zwei Kräften gibt demnach an, wie sich ein eingetauchter Körper im Wasser verhält.

Ist die Auftriebskraft geringer als die Gewichtskraft der über dem Körper liegenden Wassersäule, sinkt der Körper auf den Wassergrund.

$$\rightarrow \text{Körper sinkt} \quad \Leftrightarrow \quad F_A < F_G$$

Für diesen Fall gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten. Sobald die Unterseite des Körpers oder die Oberfläche des Gefäß- beziehungsweise Meeresboden gewellt und uneben ist, kann sich zwischen der Unterseite des Körpers und dem Untergrund Wasser ansammeln. Trotz gesunkenem Zustand erfährt der Körper eine Auftriebskraft. Tritt allerdings der Fall ein, dass der Untergrund und die Körperunterseite glatt sind, sinkt der Körper vollständig auf den Boden. Es ist keine Auftriebskraft mehr vorhanden und der Körper kann nicht mehr aufsteigen.

Im schwebenden Zustand eines Körpers stehen die Auftriebskraft und die Gewichtskraft in einem Kräftegleichgewicht (Möller & Wyssen, 2017).

$$\rightarrow \text{Körper schwebt} \quad \Leftrightarrow \quad F_A = F_G$$

Ein Körper steigt im Wasser, sobald die Auftriebskraft größer als die Gewichtskraft ist. Steigt der Körper bis zur Oberfläche hoch und ist nicht mehr vollständig mit Wasser bedeckt, schwimmt er an der Wasseroberfläche. Die Auftriebskraft ist nun geringer als beim steigenden Zustand und es stellt sich ein Kräftegleichgewicht ein (Möller & Wyssen, 2017).

$$\rightarrow \text{Körper steigt} \quad \Leftrightarrow \quad F_A > F_G$$

$$\rightarrow \text{Körper schwimmt} \quad \Leftrightarrow \quad F_A, \text{ eingetaucht} = F_G$$

$$(F_A, \text{ ganzer Körper} > F_G)$$

Diese physikalischen Phänomene lassen sich nicht nur mit dem Druckkonzept erklären, sondern ebenfalls mit Hilfe des Archimedischen Prinzips und des Dichtekonzeptes. Die Grundlage der Wissenschaftlichen Hausarbeit bildet jedoch die Durchführung der Akzeptanzinterviews zum Thema „Auftrieb“ auf Basis des Druckkonzeptes, weshalb der inhaltliche Schwerpunkt auf diesem Konzept liegt. Nichtsdestotrotz werden die zwei weiteren Erklärungsansätze im Folgenden kurz aufgegriffen und erklärt.

Das Archimedische Prinzip gilt sowohl in Flüssigkeiten als auch Gasen. Taucht man einen Körper in ein Fluid ein, „verdrängt er diese Flüssigkeit und der Flüssigkeitsspiegel steigt entsprechend an“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 21). Die Menge des verdrängten Wassers ist nicht abhängig von der Masse, sondern von dem Volumen des Körpers. Je mehr Platz der Körper im Wasser einnimmt, desto mehr Wasser verdrängt er. Dieses verdrängte Wasser besitzt ein bestimmtes Volumen, welches exakt dem Volumen des eingetauchten Teil des Körpers entspricht. Die Auftriebskraft ist folglich genau so groß, wie die Gewichtskraft des Wassers, welches sich vorher an der Stelle des Körpers befand. Wie sich ein Körper nun im Wasser verhält, hängt von der Beziehung zwischen der Masse des Körpers und der Masse der verdrängten Wassermenge ab (Möller & Wyssen, 2017). Die vier Verhaltensmöglichkeiten eines eingetauchten Körpers im Wasser entstehen folgendermaßen:

→ Körper sinkt	$\Leftrightarrow$	$m_{\text{verdrängtes Wasser}} < m_{\text{Körper}}$
→ Körper schwebt	$\Leftrightarrow$	$m_{\text{verdrängtes Wasser}} = m_{\text{Körper}}$
→ Körper steigt	$\Leftrightarrow$	$m_{\text{verdrängtes Wasser}} > m_{\text{Körper}}$
→ Körper schwimmt	$\Leftrightarrow$	$m_{\text{verdrängtes Wasser}} = m_{\text{Körper}}$
		$(m_{\text{verdr. ganzer Körper}} > m_{\text{Körper}})$

Eine weitere Möglichkeit ist das Argumentieren mit Hilfe der Dichte des Körpers und des Wassers. Alle Körper „bestehen aus einem oder mehreren Materialien“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 20). Wie sich ein Voll- oder Hohlkörper im Wasser ver-

hält, hängt nicht von seiner Form, seinem Gewicht oder seiner Größe ab, sondern von seinem Material. Spezifischer formuliert von der Dichte des Körpers. „Die Dichte ist eine materialspezifische und nicht gegenstandsspezifische Größe“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 20). Berechnen lässt sich die Dichte mit der Formel $\rho = \frac{m}{V}$. Das ρ steht hierbei für die Dichte, das m für die Masse und das V für das Volumen. Wird ein Körper in Wasser eingetaucht, steigt der Wasserspiegel um eine gewisse Menge an. Die Dichte dieser verdrängten Wassermenge ist entscheidend für das Verhalten von Körpern im Wasser. Ob ein Körper schwimmt, schwebt, steigt oder sinkt, hängt von dem Verhältnis zwischen der Dichte des verdrängten Wassers und der Dichte des Körpers ab. Daraus ergeben sich folgende Vorhersagen zu dem Verhalten von Körpern im Wasser (Möller & Wyssen, 2017):

- | | | |
|-------------------|-------------------|---|
| → Körper sinkt | $\Leftrightarrow$ | $\rho_{\text{verdrängtes Wasser}} < \rho_{\text{Körper}}$ |
| → Körper schwebt | $\Leftrightarrow$ | $\rho_{\text{verdrängtes Wasser}} = \rho_{\text{Körper}}$ |
| → Körper steigt | $\Leftrightarrow$ | $\rho_{\text{verdrängtes Wasser}} > \rho_{\text{Körper}}$ |
| → Körper schwimmt | $\Leftrightarrow$ | $\rho_{\text{verdrängtes Wasser}} > \rho_{\text{Körper}}$ |

2 Schülervorstellungen

Im Folgenden werden für das Thema „Auftrieb“ die wichtigsten Schülervorstellungen dokumentiert. Vorab wird der Begriff jedoch näher definiert und die Relevanz der Schülervorstellungen dargestellt.

Nach konstruktivistischer Sichtweise ist das Lernen ein aktiver und selbstgesteuerter Prozess des Lernenden. Die Lernenden müssen sich mit den neuen Informationsangeboten im Unterricht aktiv auseinandersetzen, indem sie durch Assimilations- und Akkommodationsprozesse die neuen Inhalte in bereits verinnerlichte mentale Modelle einfügen oder die bekannten mentalen Modelle an die neuen Fachinhalte anpassen. Um folglich neuartiges Fachwissen aufzubauen, müssen die Schülerinnen und Schüler die Inhalte intern mit bereits verinnerlichten Modellen verknüpfen und weiterverarbeiten (Hasselhorn & Gold, 2013). „Erfolgreiches Lernen setzt demnach voraus, dass bei den Lernenden geeignete Wissensstrukturen bereits vorhanden sind, die von diesen aktualisiert werden können.“ (Wilhelm, o.J., o.S.). Diese bereits verankerten Wissensstrukturen werden als Präkonzepte oder Schülervorstellungen betitelt und beruhen auf Ereignissen der sozialen sowie physikalischen Welt. Sie stellen somit einen subjektiven, gedanklichen und in sich nicht abgeschlossenen Konstruktionsprozess dar (Schuler, 2011).

Diese Vorstellungen können den Lernprozess sowohl positiv als auch negativ beeinflussen. Weichen die subjektiven Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler von den wissenschaftlichen Erklärungen ab, erschweren sie das Lernen und werden als Fehlvorstellungen oder Schülerfehlvorstellungen betitelt. Durch dieses Missverhältnis zwischen Fehlvorstellungen und fachwissenschaftlichen Sichtweisen können bei den Lernenden Lernschwierigkeiten auftreten (Möller & Wyssen, 2017). Um diesen Lernschwierigkeiten entgegenzuwirken, sollten sich Lehrkräfte vor Durchführung des Unterrichtes „über eventuell vorhandene Präkonzepte informieren, um [...] zielgerichtet Hilfen zur Weiterentwicklung nicht angemessener Vorstellungen anbieten zu können.“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 34).

Da mit Hilfe der Akzeptanzinterviews überprüft wird, welche Verständnisschritte von den Grundschulkindern verstanden werden und an welchen Stellen Lernschwie-

rigkeiten auftreten, muss ein Blick auf die häufigsten fachlich nicht tragfähigen Vorstellungen der Kinder zum Thema „Auftrieb“ geworfen werden.

Die Vorstellung das luftgefüllte Körper schwimmen, zählt zu einer der verbreitetsten Schülerfehlvorstellungen. Kinder begründen dieses *Luftkonzept* wie folgt: „Nur Sachen, in denen Luft ist, schwimmen.“ (Barkhau, Kühn, Wilde & Basten, 2021, S. 18). Die Schwimmfähigkeit von Körpern wird folglich durch die Hinzugabe von Luft erreicht. Durch die alltäglichen Beobachtungen von schwimmenden Luftmatratzen und Schwimmflügeln wird diese kindliche Vorstellung gefestigt. Das *Luft-zieht-Konzept* ähnelt stark dem Luftkonzept. Demnach schwimmen „[a]lle Sachen, in denen Luft ist [...], weil die Luft die Sachen nach oben zieht.“ (Barkhau et al., 2021, S. 18). Zwar schwimmen luftgefüllte Körper im Wasser, weil der mit Luft gefüllte Innenraum eine geringere Dichte hat als die Dichte des Wassers. Betrachtet man allerdings ein U-Boot, erkennt man auf Anhieb die Grenzen des Konzeptes. Trotz der Luft im Innenraum kann das U-Boot problemlos sinken und sich unter Wasser fortbewegen. Des Weiteren gibt es zahlreiche Körper wie beispielsweise Wachskerzen, die ohne enthaltene Luft im Wasser schwimmen, wodurch beide Konzepte leicht korrigiert werden können (Möller & Wyssen, 2017).

Kinder begründen die Schwimmfähigkeit von Körpern nicht nur über die enthaltene Luft im Inneren, sondern auch mit Hilfe des Gewichtes des Körpers. Das *Gewichtskonzept* besagt, dass alle leichten Körper im Wasser schwimmen und alle schweren Körper im Wasser untergehen. Ebenfalls das *Vollsaugkonzept* begründet das Verhalten von Körpern im Wasser über deren Gewicht. Körper, die sich mit Wasser vollsaugen und folglich schwerer werden, gehen unter (Barkhau et al., 2021). Diese Begründung wird jedoch ohne Berücksichtigung des Schweredruckes und der Auftriebskraft im Wasser auf das physikalische Phänomen des Schwimmen und Sinkens übertragen. Durch das Schwimmen von schweren Frachtschiffen oder das Sinken von leichten Stecknadeln kann dieses Gewichtskonzept allerdings widerlegt werden (Wodzinski & Wilhelm, 2018). „Ob ein Körper schwimmt oder sinkt, lässt sich deshalb nicht allein aus der Masse ableiten“ (Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 248).

Auch die Größe eines Körpers wird häufig dafür verantwortlich gemacht, warum Körper schwimmen oder sinken. Demzufolge schwimmen alle kleinen Körper und

alle großen sinken. Allerdings lässt sich dieses *Größenkonzept* durch viele Gegenbeispiele, wie sinkende Münzen oder schwimmende Baustämme reibungslos widerlegen (Barkhau et al., 2021).

Nicht nur die bereits vorgestellten Fehlvorstellungen sind bei den Kindern der Primarstufe weit verbreitet, sondern auch das *Materialkonzept*. Es besagt, dass „[f]ast alles aus Holz schwimmt, außer Tropenholz. Fast alles aus Stein geht unter, außer Bimsstein. Alles, was aus Metall ist, geht unter. Alles, was aus Styropor ist, schwimmt. Alles, was aus Wachs ist, schwimmt.“ (Möller & Jonen, 2005, S. 47). Diese Denkweise wird durch viele alltägliche Erfahrungen gestützt. Beim Spazierengehen entdeckt man einen auf dem Wasser treibenden Ast oder Baumstamm. Dieses Phänomen kommt jedoch nicht ausschließlich durch das Holz zustande, sondern durch die materialspezifische Eigenschaft des Holzes. Holz besitzt eine geringere Dichte als die Dichte des Wassers, weshalb das Holz im Wasser schwimmen kann. Anhand dieser Ausnahmen bei den Materialien Holz und Stein lässt sich darauf schließen, dass die Schwimmfähigkeit von Körpern nicht ausschließlich mit dem Material zusammenhängt (Möller & Jonen, 2005).

Nach näherer Betrachtung der typischsten Schülerfehlvorstellungen lässt sich feststellen, dass Grundschulkinder das Verhalten von Körpern im Wasser oftmals von einzelnen Parametern und gegenstandsspezifischen Faktoren abhängig machen. Kinder fixieren sich dabei häufig nicht nur auf eine bestimmte Erklärung, sondern begründen das Schwimmverhalten je nach Situation mit verschiedenen Vorstellungen. Demzufolge ist es möglich, dass ein Ast sowohl im Wasser schwimmt, weil er aus Holz besteht als auch untergeht, weil er groß und schwer ist (Hardy, Steffensky, Leuchter & Saalbach, 2017).

3 Die Lernplattform SUPRA

Auf den Erklärungen und Experimenten einer auf der SUPRA-Lernplattform veröffentlichten Unterrichtskonzeption soll das Schema der Akzeptanzinterviews aufgebaut werden. Aus diesem Grund wird nachfolgend dargestellt, welche Aufgaben die Lernplattform verfolgt, um im nächsten Schritt die einzelnen Unterrichtseinheiten der Konzeption darzustellen.

Die Abkürzung der Lernplattform SUPRA steht für „Sachunterricht praktisch und konkret“. Gegründet wurde die Internetseite 2003/2004 an der Ludwig-Maximilians-Universität München durch ein Kooperationsprojekt verschiedener Lehrstühle. Die Lernplattform und Materialbörse für Grundschullehrkräfte wurde mehrmals weiterentwickelt und ist seit 2013 ein Kooperationsprojekt der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, der Otto-Friedrich-Universität Bamberg und der Ludwig-Maximilians-Universität München. Seitdem wird die Website von der Professur für Didaktik der Physik an der Universität Frankfurt beziehungsweise von Professor Dr. Thomas Wilhelm betreut (Wilhelm, o.J.).

Ziel der Internetseite ist es, „Grundschullehrkräfte bei der fachdidaktisch reflektierten Planung, Vorbereitung und Umsetzung von Sachunterricht zu unterstützen“ (Wilhelm, o.J., o.S.). Hierfür werden den Websitebesuchern nicht nur fachliche und fachdidaktische Informationen zu den einzelnen Themenfeldern angeboten, sondern auch Empfehlungen zur Vorbereitung und Umsetzung des Unterrichtes ausgesprochen. Zusätzlich werden adaptierte Unterrichtsmaterialien zur Verfügung gestellt, die sowohl kostenlos ausgedruckt als auch digital heruntergeladen werden können (Wilhelm, o.J.).

Die Onlineplattform beinhaltet zwei übergeordnete Lernfelder. Das Themenfeld „Natur & Technik“ umfasst eine umfangreiche Auswahl an folgenden naturwissenschaftlichen Themen: Auftrieb, Elektrizität, Licht & Schatten, Luft, Magnetismus, Nährstoffe, Schall, Spiegel, Technisches Spielzeug, Warm-Kalt, Wasser: Waschen & Reinigen, Wetter und Verbrennung. Eine hingegen überschaubare Anzahl lässt sich zum Lernfeld „Zeit & Geschichte“ finden. Der Fokus liegt hierbei auf den fachdidaktischen Grundlagen, der Geschichte einer Kirche, der Regional- und Ortsgeschichte

und Spielzeug und Spielen nach 1945. Der Aufbau aller Unterrichtsthemen folgt einem konkreten Schema. Zu Beginn werden die wichtigsten Sachinformationen des Inhaltes vorgestellt, um sich einen fachlichen Überblick zu verschaffen. Im Anschluss folgen die fachdidaktischen Informationen, in denen beispielsweise Schülervorstellungen, Lernschwierigkeiten oder anderweitige didaktische Überlegungen zu dem ausgewählten Themenbereich aufgelistet sind. Abschließend wird das Unterrichtsthema in einzelne Einheiten unterteilt, wobei die Anzahl dieser Einheiten von der Komplexität des Lernbereiches abhängt. Innerhalb dieser Einheiten werden sowohl die Ziele der Schulstunden als auch die notwendigen Vorbereitungen und konkrete Unterrichtsverläufe dargelegt. Arbeitsblätter und weitere Materialien werden den Lehrkräften ebenfalls in den einzelnen Unterrichtseinheiten zur Verfügung gestellt (Wilhelm, o.J.).

Durch diese detaillierte Beschreibung der Unterrichtsabläufe und der Bereitstellung aller nötigen Informationen und Materialien erhalten besonders Lehrkräfte mit fehlenden fachlichen Qualifikationen eine große Hilfestellung für die Durchführung eines didaktisch fundierten Sachunterrichts.

3.1 SUPRA-Unterrichtskonzeption „Auftrieb“

Die Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ ist für eine dritte oder vierte Klassenstufe konzipiert. Das Ziel der Konzeption ist, Grundschulkindern eine Erklärung für die Entstehung der Auftriebskraft auf Basis des Druckkonzeptes zu vermitteln. Hierfür sind insgesamt acht Unterrichtseinheiten vorgesehen, welche nachfolgend grob skizziert werden. Innerhalb der jeweiligen Unterrichtseinheiten wird mit Hilfe einer Vielzahl von unterschiedlichen Experimenten derselbe Sachverhalt vermittelt, weshalb jeweils ein Versuch aus den acht Unterrichtseinheiten ausgesucht und dargestellt wird. Zum besseren inhaltlichen Verständnis werden einige Einheiten mit zusätzlichen Bildern ergänzt.

1. Unterrichtseinheit: Die Erdanziehung

Die Lehrkraft stellt den Kindern verschiedene Körper vor, welche nacheinander in eine Box fallen gelassen werden. Die Schülerinnen und Schüler stellen fest, dass die Erde auf alle Körper eine nach unten ziehende Kraft ausübt. Hierfür wird folgender Merksatz definiert: „Die Erde übt auf alles eine anziehende Kraft aus. [Körper] werden von der Erde angezogen. Wenn man sie loslässt, fallen sie deshalb nach unten in Richtung Erdoberfläche.“ (Wiesner, Gartmann, Wilhelm, o.J., o.S.). Im anschließenden Unterrichtsgespräch wird die Frage untersucht, ob alle Körper gleich stark von der Erde angezogen werden. Auch hier wird zum Abschluss ein Ergebnissatz formuliert: Schwere Körper werden stärker von der Erde angezogen als leichte Körper (Wiesner et al., o.J.).

Abschlossen wird die Stunde durch die Arbeit mit unterschiedlich langen Erdanziehungskraftpfeilen. Die Schülerinnen und Schüler sollen an der Tafel mit Hilfe der nach unten gerichteten Erdanziehungskraftpfeilen kennzeichnen, welche Körper stärker beziehungsweise schwächer von der Erde angezogen werden (Wiesner et al., o.J.).

2. Unterrichtseinheit: Weshalb sinkt ein U-Boot nicht?

Die Lehrkraft präsentiert der Klasse Bilder von schwimmenden und schwebenden U-Booten unter Wasser sowie ein Bild eines U-Boot-Wracks auf dem Meeresboden. Die zentrale Frage der Unterrichtseinheit ist: „Warum geht ein schweres U-Boot nicht immer unter? Die Erdanziehungskraft auf das U-Boot ist doch sehr groß.“ (Wiesner et al., o.J., o.S.). Hierzu stellen die Kinder Vermutungen auf.

Anschließend wird in die Arbeitsphase übergeleitet. Die Schülerinnen und Schüler sollen mit Hilfe von unterschiedlichen Experimenten erkennen, dass sich im Wasser alle Körper leichter anfühlen und somit das Wasser eine nach oben gerichtete Kraft auf Körper ausübt. Ein beispielhaftes Experiment ist der Vergleich der körperlichen Anstrengung beim Hochheben von zwei Wasserflaschen, wobei sich eine Flasche eingetaucht im Wasser befindet. Durch die Auftriebskraft lässt sich die Flasche im Wassereimer leichter hochheben als die Flasche außerhalb des Wassers.

Im abschließenden Unterrichtsgespräch werden die einzelnen Experimente der Lernstationen nochmals vorgeführt und ein Merksatz definiert: Körper fühlen sich im Wasser leichter an, da das Wasser eine nach oben gerichtete Kraft auf die Körper ausübt. Diese Kraft nennt man Auftrieb und wirkt der nach unten ziehenden Erdanziehungskraft entgegen. Mit Hilfe des erarbeiteten Wissens wird die anfängliche Fragestellung beantwortet (Wiesner et al., o.J.).

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

Zum Unterrichtseinstieg wird an die vorherige Stunde angeknüpft und die wichtigsten Erkenntnisse wiederholt. Die Unterrichtsstunde wird durch folgende Fragestellung weitergeführt: „Wie wirkt das Wasser, das das U-Boot umgibt, auf das U-Boot ein?“ (Wiesner et al., o.J., o.S.).

Die Lehrperson führt zur Beantwortung der Frage ein Experiment mit einer sogenannten Druckdose vor. Hierfür schneidet die Lehrkraft vor Unterrichtsbeginn aus einer Plastikflasche ein Rohr aus, welches als Mantelfläche der Druckdose fungiert. Die zwei Öffnungen der Dose werden anschließend mit zwei Latexstücken verschlossen. „Durch einen eingeklebten [...] Trinkhalm, dessen eines Ende sich in der Außenluft befindet, bleibt der Luftdruck in der Dose immer konstant“ (Wiesner et al., o.J., o.S.). Die beiden Latexmembranen werden folglich durch den Wasserdruck nach innen verformt (Wiesner et al., o.J.)

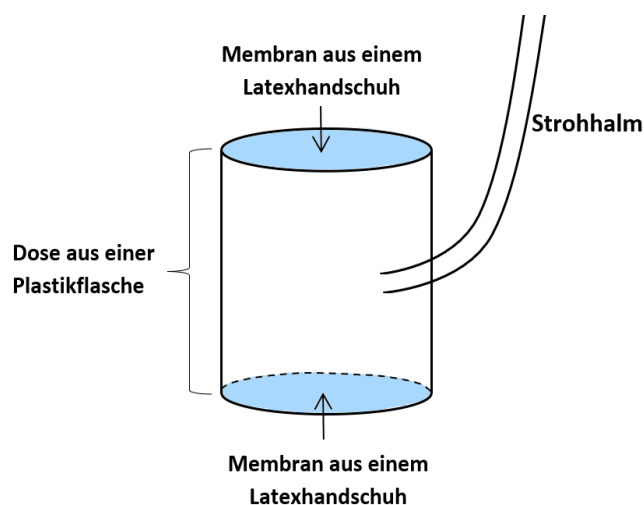


Abb. 1: Graphische Darstellung der senkrechten Druckdose

Die Lehrkraft führt diese Dose sowohl senkrecht als auch horizontal in ein Wassergefäß ein und demonstriert den Kindern, dass das Wasser auf alle Seiten eines Körpers drückt. Die Zunahme des Wasserdruckes mit der Wassertiefe wird in dieser Unterrichtsstunde noch nicht thematisiert, weshalb die Lehrperson die obere Membran der Druckdose beim senkrechten Einführen mit der Hand verdeckt und demnach den Fokus lediglich auf das nach innen Verformen der unteren Membran lenkt (Wiesner et al., o.J.).

Anschließend führen die Kinder eigenständig ein Experiment durch. Hierfür ziehen sich die Lernenden einen Plastikhandschuh an und führen die Hand in ein Wassergefäß ein. Durch den Wasserdruck wird der Handschuh an die Hand gedrückt und die Kinder können den Druck des Wassers körperlich spüren (Wiesner et al., o.J.).

Abgeschlossen wird die Stunde mit der Formulierung eines Merksatzes: „Auf einen [Körper] im Wasser drückt das Wasser von allen Seiten.“ (Wiesner et al., o.J., o.S.).

4. Unterrichtseinheit: Das U-Boot taucht tiefer: Drückt das Wasser dann stärker?

Als Einstieg in den Unterricht werden Vermutungen zu folgender Frage aufgestellt: „Was kann passieren, wenn ein U-Boot immer tiefer taucht?“ (Wiesner et al., o.J., o.S.). Diese Hypothesen werden anhand von Demonstrationsversuchen überprüft. Hierfür kann die Druckdose aus der vorherigen Unterrichtsstunde eingesetzt werden. Die Lehrkraft richtet die Dose horizontal aus, taucht sie in das Wassergefäß ein und variiert die Eintauchtiefe. Die Lernenden gelangen zu der Erkenntnis, dass beide Membranen gleich stark eingedrückt werden. Wird die Dose senkrecht eingetaucht, wird die untere Membran stärker eingedrückt als die obere Membran. Nach tieferem Eintauchen stellen die Lernenden fest, dass beide Membranen nochmals stärker eingedrückt werden, wohingegen sich die untere Membran stärker durch das Wasser verformt als die Obere (Wiesner et al., o.J.).

Dieser Versuch wird an der Tafel skizziert und erklärt, dass man die unterschiedlich starken Druckkräfte mit Druckpfeilen darstellen kann. Ist die untere Membran sehr stark eingedrückt, benötigt man einen langen Druckpfeil. Ist die Membran jedoch

nur minimal nach innen verformt, genügt ein kurzer auf die Membran deutender Druckpfeil (Wiesner et al., o.J.).

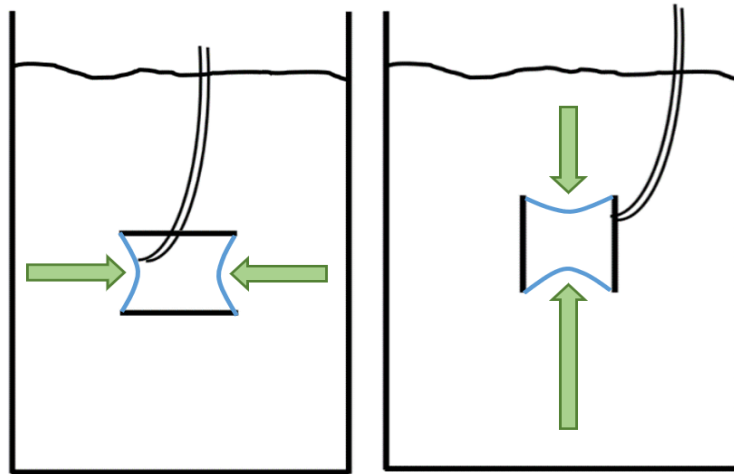


Abb. 2: Tafelbild der Druckdose mit den Druckpfeilen

Die Ergebnisse werden am Ende der Unterrichtsstunde gesammelt und ein Merksatz aufgestellt: „Das Wasser drückt immer stärker gegen einen [Körper], je tiefer er sich im Wasser befindet.“ (Wiesner et al., o.J., o.S.).

5. Unterrichtseinheit: Auf welche Seiten eines Gegenstandes wird am stärksten gedrückt?

Als Unterrichtseinstieg wird ein schülergeleitetes Experiment durchgeführt, indem jeweils zwei Kinder entgegengesetzt an einem stabilen Pappkarton ziehen. Ziehen beide Kinder an den gegenüberliegenden Seiten gleichstark, bewegt sich der Karton nicht und die Handlung wird durch zwei entgegengesetzte gleichlange Pfeile an der Tafel verdeutlicht. Anschließend drückt ein Kind stark und das andere Kind leicht gegen den Karton. „Jetzt wird der Karton bewegt, die stark gedrückte Seite gewinnt“ (Wiesner et al., o.J., o.S.). Zum Schluss drückt ein Kind stark von unten, wohingegen von oben nur leicht gedrückt wird. Diese Handlungen werden ebenfalls mit unterschiedlich langen Pfeilen an der Tafel visualisiert (Wiesner et al., o.J.).

Im Fokus der nächsten Unterrichtssequenz steht die Frage: „Drückt das Wasser auf die Oberseite des untergetauchten U-Bootes genauso stark wie gegen die Unterseite?“ (Wiesner et al., o.J., o.S.). Zur Beantwortung wird anhand der senkrecht eingeführten Druckdose im Wassergefäß verdeutlicht, dass das Wasser stärker gegen die

Unterseite drückt als gegen die Oberseite. Demnach wird die untere Membran der Dose stärker vom Wasser nach innen eingedrückt als die Obere. Ein Ergebnissatz wird formuliert: „Gegen die Unterseite eines U-Bootes drückt das Wasser stärker als gegen die Oberseite.“ (Wiesner et al., o.J., o.S.). Die Druckkräfte auf der linken und rechten Seite eines Körpers sind gleich groß und heben sich gegenseitig auf. Veranschaulicht wird dieses Phänomen durch die horizontale Ausrichtung der Dose und den gleich stark eingedrückten Membranen (Wiesner et al., o.J.).

Abschließend übertragen die Kinder ihr Wissen auf ein sogenanntes Meeresplakat an der Tafel, welches das Meer mit insgesamt vier gleichgroßen Tauchstufen darstellt. Hierbei wird ein ausgeschnittenes U-Boot auf eine beliebige Tauchstufe gelegt und die passenden Druckpfeile des Wassers von oben und unten gegen das U-Boot gerichtet. Die Längen der Druckpfeile ergeben sich aus den Pfeilen, die links neben dem Plakat dargestellt sind und als zusätzliche Visualisierung den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung stehen. Senkrecht an die Oberseite des Bootes wird ein nach unten gerichteter Druckpfeil gelegt. Der Druckpfeil resultiert aus der jeweiligen Tauchstufe, welche die Oberseite des Bootes berührt. An die Unterseite des Bootes wird folglich ein nach oben gerichteter Druckpfeil derjenigen Tauchstufe gelegt, welche die Unterseite des Bootes berührt. Nun werden dieselben Druckpfeile nochmals nebeneinandergelegt und die Differenz der beiden Pfeillängen durch den nach oben gerichteten resultierenden Auftriebskraftpfeil ergänzt.

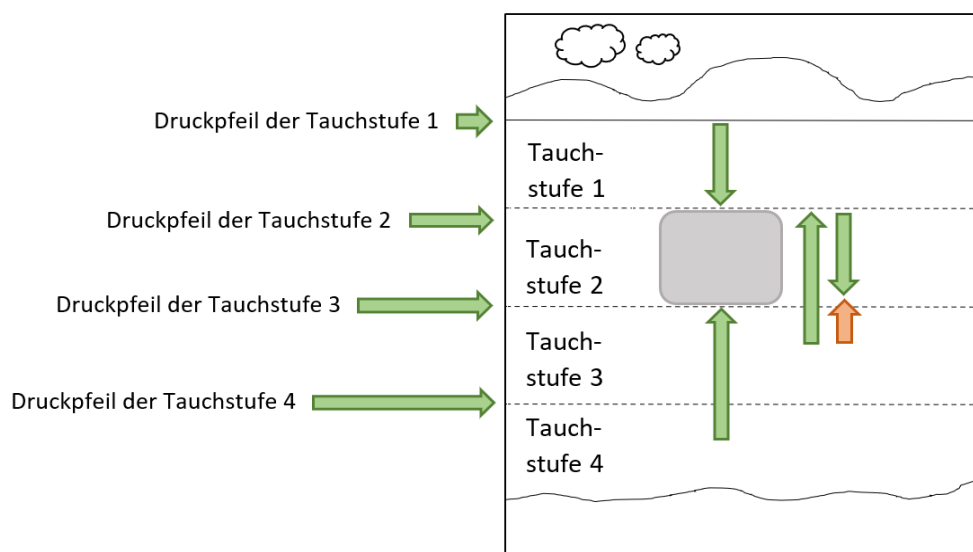


Abb. 3: Symbolische Darstellung des Auftriebs an dem Meeresplakat

Diese Darstellung der Auftriebskraft wird von den Kindern in Einzel- oder Partnerarbeit an einem eigenen Meeresplakat für die unterschiedlichen Tauchstufen wiederholt (Wiesner et al., o.J.).

Abschließend werden die Erkenntnisse der Unterrichtsstunde zusammengefasst: „Das Wasser drückt von oben und von unten gegen das U-Boot. Aber von unten drückt es stärker als von oben. Dadurch bleibt eine nach oben drückende Kraft übrig. Diese Kraft wird Auftrieb oder auch Auftriebskraft genannt. Die Kräfte auf die Seitenwände heben sich auf.“ (Wiesner et al., o.J., o.S.).

6. Unterrichtseinheit: Sinken-Schweben-Steigen-Schwimmen

Als Unterrichtseinstieg werden die Erkenntnisse der vorherigen Stunde am Beispiel einer mit Sand gefüllten Dose wiederholt. Die Dose stellt ein schwer beladenes U-Boot dar, dessen Verhalten im Wasser auf das Meeresplakat übertragen werden soll. Nachdem die Lernenden die Situation auf dem Plakat dargestellt haben, behauptet die Lehrkraft, dass diese Dose im Wasser durch die Auftriebskraft nach oben geschoben werden müsste. Anschließend wird die Dose im Wasser losgelassen und sinkt zu Boden. Die Schülerinnen und Schüler kommen zur Erkenntnis, dass neben dem nach oben schiebenden Auftrieb ebenfalls eine nach unten ziehende Kraft auf den Körper wirkt, die Erdanziehungskraft (Wiesner et al., o.J.).

Anschließend steht die Frage im Raum, welche der beiden Kräfte im Beispiel der sandgefüllten Dose stärker ist. Die Kinder erklären, dass die Erdanziehungskraft stärker ist und die Dose trotz Auftriebskraft nach unten gezogen wird. Folglich wird die Erdanziehungskraft auf dem Meeresplakat hinzugefügt. Hierfür werden drei unterschiedlich lange rote Erdanziehungskraftpfeile eingeführt. Je schwerer ein Körper ist, desto größer ist die Erdanziehungskraft und die Länge des Kraftpfeiles. Zusätzlich werden den Kindern drei verschiedene Beladungsflächen vorgestellt, durch die das Gewicht des Bootes variiert werden kann. Die zuvor eingetretene Situation der sinkenden Dose wird nun gemeinsam auf dem Meeresplakat dargestellt. Für die schwere Dose wird ebenfalls die schwere Beladungsfläche auf dem U-Boot benötigt. Daraus resultiert der lange nach unten gerichtete Erdanziehungskraftpfeil,

welcher neben dem Auftriebspfeil positioniert wird. Die Erdanziehungskraft ist größer als die Auftriebskraft, weshalb die Dose beziehungsweise das U-Boot sinkt.

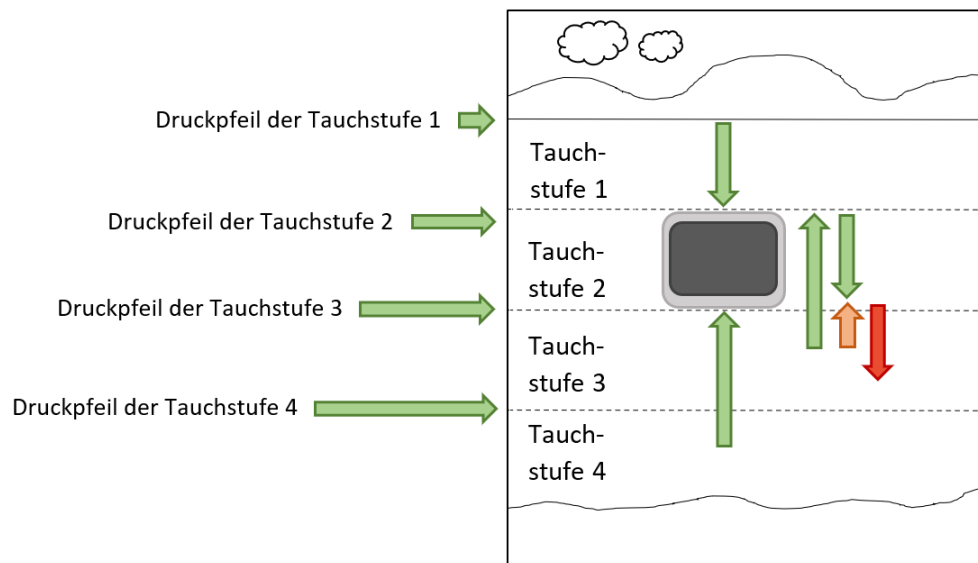


Abb. 4: Symbolische Darstellung der sinkenden Dose

Nun wird ebenfalls das Schwimmen und Steigen eines Körpers auf dem Meeresplakat dargestellt und abschließend auf einem Arbeitsblatt festgehalten. Hierfür müssen lediglich die Beladung des U-Bootes und die Länge des Erdanziehungskraftpfeiles angepasst werden (Wiesner et al., o.J.).

7. Unterrichtseinheit: Wie groß ist der Auftrieb - das Archimedische Prinzip

Die Schülerinnen und Schüler können nun erklären, wie der Auftrieb im Wasser zustande kommt. Allerdings kennen sie den genauen Betrag der Auftriebskraft auf einen Körper noch nicht. Die Lehrkraft führt den Federkraftmesser ein und misst mit Hilfe dieses Messgerätes die Erdanziehungskraft für einen Stein. Anschließend wird die Messung im Wasser wiederholt. Der Wert ist kleiner geworden. Im Unterrichtsgespräch wird erarbeitet, dass diese Differenz der beiden Kraftanzeigen die Größe der Auftriebskraft anzeigt. Anschließend wird für weitere Körper die Auftriebskraft bestimmt. Beim Eintauchen der Körper in das Wasser ist ebenfalls das Ansteigen des Wasserspiegels zu beobachten. Den Kindern wird erklärt, „dass an der Stelle, wo sich ein ins Wasser eingetauchter [Körper] befindet, jetzt natürlich kein Wasser

mehr sein kann“ (Wiesner et al., o.J., o.S.). Der Körper verdrängt das Wasser. Dieses Phänomen ist an dem steigenden Wasserspiegel erkennbar (Wiesner et al., o.J.).

Anschließend wird der Zusammenhang zwischen dem Auftrieb, der Erdanziehung und dem verdrängten Wasser herausgearbeitet. Mit einem Überlaufgefäß und dem Federkraftmesser wird bestimmt, wieviel Wasser der Körper beim Eintauchen verdrängt und in den danebenstehenden Becher fließt. „Die Auftriebskraft auf den [Körper] ist genauso groß wie die Erdanziehungskraft auf das vom [Körper] verdrängte Wasser“ (Wiesner et al., o.J., o.S.). Diese Berechnung ist auf das Archimedische Prinzip zurückzuführen, welches anschließend auf verschiedene Situationen übertragen wird (Wiesner et al., o.J.).

8. Unterrichtseinheit: Bau eines Kartesischen Tauchers

Als Unterrichtseinstieg stellt die Lehrkraft den Kindern verschiedene Typen von kartesischen Tauchern und deren Funktionsweisen vor. Die Taucher befinden sich jeweils in wassergefüllten Plastikflaschen. Sobald die Lehrkraft die Flaschen zusammendrückt, sinken die Taucher. Werden die Flaschen losgelassen, steigen die Taucher wieder auf (Wiesner et al., o.J.).

Anschließend basteln die Schülerinnen und Schüler ihren eigenen Taucher. Hierfür schneiden sie die Finger eines Latexhandschuhes ab. Eine Fingerspitze wird mit Watte befüllt, damit der Kopf des Tauchers mit Luft gefüllt bleibt. Der obere Teil des Handschuhes wird mit einem Faden verschlossen. An das Ende des Fadens wird eine Büroklammer befestigt, welche mit Belastungsstücken versehen wird. Die Gewichte sind so zu wählen, „dass der Kopf ein bis 2 Millimeter aus dem Wasser herausragt. Der untere Teil wird zwei- oder viermal längs eingeschnitten.“ (Wiesner et al., o.J., o.S.).

Am Ende der Unterrichtsstunde stellen die Kinder ihre selbstgebastelten kartesischen Taucher der Klasse vor (Wiesner et al., o.J.).

4 Analyse von weiteren Materialien

Neben der SUPRA-Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ existiert eine Vielzahl an weiteren Materialien zur Vermittlung des physikalischen Phänomens. Aus diesem Grund wird nachfolgend ein kritischer Blick auf die Sachbuchreihe von Debbie Schwefer geworfen und untersucht, wie diese Bücher bei der Aufbereitung vorgehen. Im Rahmen dieser Analyse wird in einem nächsten Schritt die Struktur der Unterrichtskonzeption „Schwimmen und Sinken“ für den Sachunterricht von Kornelia Möller und Hans-Peter Wyssen näher beleuchtet. In diesem Zusammenhang wird die Unterrichtskonzeption mit der bereits bekannten SUPRA-Konzeption zum Thema „Auftrieb“ verglichen und kritisch hinterfragt.

4.1 Sachbücher

Das Sachbuch „Warum geht ein Schiff nicht unter?“ ist in fünf Kapitel unterteilt und erklärt im Rahmen einer Geschichte über Nela systematisch die Entstehung des Auftriebs für Kinder im Grundschulalter. Auf den ersten Seiten erhält der Leser einen fachlichen Input zur Erdanziehungskraft, die dafür sorgt, dass alle Körper nach unten gezogen werden. Durch eine bildhafte Darstellung eines Experimentes gelangt der Leser zu der Erkenntnis, dass schwere Körper stärker von der Erde angezogen werden als leichte Körper. Auch das Buch „Naturphänomene einfach erklärt. Schwimmen und Sinken“, welches ebenso für Grundschulkinder geschrieben wurde, greift auf die fachlich korrekte Erklärung der Erdanziehungskraft zurück. Hierfür wird jedoch kein Experiment angeboten. Auch ohne Anschaulichkeit kann man der Erklärung problemlos folgen, da das physikalische Phänomen altersangemessen versprachlicht und unterstützend durch Bilder dargestellt wird.

Im nächsten Kapitel des Sachbuches „Warum geht ein Schiff nicht unter?“ befassen sich Nela und ihr Bruder mit der Kraft des Wassers. Im Wasser gibt es zwei Kräfte: Die Erdanziehungskraft und die Auftriebskraft. Die Entstehung der Auftriebskraft wird durch Nelas Mutter folgendermaßen erklärt: „Das Wasser hat den vorhandenen Platz eingenommen, und glaubt bloß nicht, dass es diesen wehrlos wieder hergibt. Das Wasser wehrt sich mit aller Kraft. Das ist die Kraft des Wassers.“ (Schwe-

fer, 2020, S. 10). Zur Verdeutlichung der wirkenden Kräfte wird der Vergleich zwischen einem Stein und einem Tischtennisball herangezogen. Das Sinken des Steines im Wasser wird durch sein Gewicht erklärt. Der Stein ist schwerer als der leichte Tischtennisball und wird folglich stärker von der Erde angezogen. Die Kraft des Wassers beziehungsweise die Auftriebskraft reicht nicht aus, „um den Stein nach oben zu drücken“ (Schwefer, 2020, S. 12). Das Sachbuch erläutert das Schwimmverhalten von Körpern ähnlich wie die SUPRA-Unterrichtskonzeption. Auf den Stein sowie den Tischtennisball greifen zwei Kräfte an: Die Erdanziehungskraft, die den Körper nach unten zieht und die Auftriebskraft, die den Körper nach oben schiebt. Ob ein Körper nun schwimmt oder sinkt, hängt von dem Verhältnis dieser beiden wirkenden Kräften ab. Allerdings wird das Zustandekommen der Auftriebskraft in diesem Sachbuch nicht über die Druckunterschiede im Wasser erklärt, sondern über das verdrängte Wasser. Dieses Wasser möchte an seinen ursprünglichen Platz zurück und übt folglich eine Kraft auf den eingetauchten Körper aus.

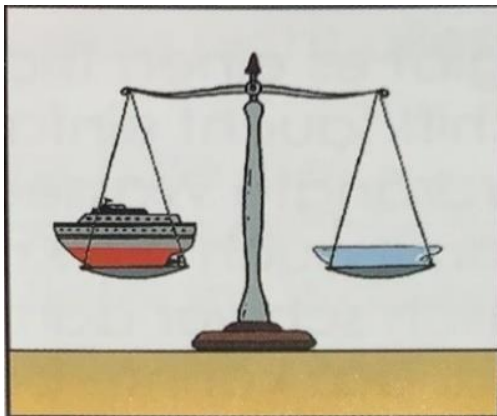
Auf den nächsten Seiten wird für die Schwimmfähigkeit von Schiffen eine weitere Erklärung eingeführt. Ein Schiff ist im Vergleich zu einem Stein „für seine Größe nicht sehr schwer. Deshalb reicht die Kraft des Wassers, um es oben zu halten“ (Schwefer, 2020, S. 14). Nach Annahme dieser Erklärung hängt die Schwimmfähigkeit eines Körpers davon ab, „ob etwas für seine Größe schwer ist.“ (Schwefer, 2020, S. 14). Die Einschätzung der Schwimmfähigkeit wird durch diese Erklärung pauschalisiert, da einerseits der Vergleich zwischen Gewicht und Größe von Kind zu Kind subjektiv wahrgenommen wird. Andererseits werden keinerlei Referenzwerte eingeführt, die beschreiben, wie Größe und Gewicht eines Körpers zueinander im Verhältnis stehen müssen, damit dieser untergeht beziehungsweise steigt. Die Argumentationsweise, dass ein großes Schiff für seine Größe zu leicht ist, ist jedoch abstrus. Ein Kreuzfahrtschiff kann bis zu 300.000 Tonnen wiegen und gleitet mühelos über die Meere¹. Durch diese Erklärung wird indirekt das Dichtekonzept angebahnt, indem die Masse und das Volumen alltagssprachlich durch die Begriffe Gewicht beziehungsweise Größe eingeführt und zueinander in Beziehung gesetzt werden. Allerdings ist diese Teilerklärung zum Vorhersagen der Schwimmfähigkeit von

¹ [Harmony of the Seas: 7 Fakten über das weltgrößte Kreuzfahrtschiff \(travelboOkay.de\)](https://www.travelboOkay.de) [18.10.2021]

Körpern ungeeignet, da der Vergleich zwischen der daraus resultierenden Dichte des Wassers und der Dichte des Körpers ausbleibt.

Das Sachbuch „Naturphänomene endlich verstehen. Schwimmen und Sinken“ führt nach dem Kapitel über die Erdanziehungskraft ebenfalls die Auftriebskraft ein. Die Entstehung der Auftriebskraft wird in diesem Sachbuch gleichermaßen mit Hilfe des Archimedischen Prinzips erklärt. Die Auftriebskraft wird durch die „vielen winzigen Wasserteilchen, die versuchen, etwas oben zu halten,“ (Schwefer, 2019, S. 9) erzeugt. Im nächsten Schritt werden ein Stein und ein Fußball verglichen. Der Fußball ist „viel größer als der Stein“ (Schwefer, 2019, S. 11) und muss deshalb „auf seinem Weg nach unten viel mehr Wasser beiseiteschieben als der Stein. Es gibt deshalb viel mehr Wasserteilchen, die sich wehren und den Ball nach oben drücken“ (Schwefer, 2019, S. 11).

Zur weiteren Vertiefung des Archimedischen Prinzips wird auf den folgenden Seiten das Schwimmverhalten eines Schiffes betrachtet. Das Schiff verdrängt „genau so viel Wasser, wie es unter der Wasseroberfläche Platz einnimmt“ (Schwefer, 2019, S. 14), weshalb das Schiff auf dem Wasser schwimmen kann. Folglich entspricht die

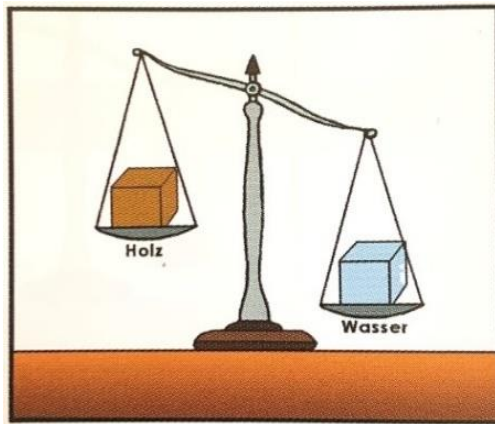


Auftriebskraft der Gewichtskraft der verdrängten Wassermenge. Zum besseren Verständnis wird die verdrängte Wassermenge und das Schiff auf einer Waage miteinander verglichen und somit didaktisch für die Grundschulkinder aufbereitet und visualisiert.

Abb. 5: Gewichtsvergleich Archimedisches Prinzip (Schwefer, 2019, S. 14)

Die Argumentation und die dahinterstehende physikalische Erklärung sind korrekt und ermöglichen Aussagen, unter welchen Bedingungen ein Körper schwimmt oder sinkt. Der Bezug zu den wirkenden Kräften im Wasser bleibt bei dieser Begründung jedoch aus, weshalb die Schwimmfähigkeit von Körpern nicht detailliert erklärt werden kann.

Neben dem Archimedischen Prinzip nimmt das Sachbuch bei seinen Argumentationen ebenfalls Bezug zum Dichtekonzept. Hierfür wird dem Leser erklärt, dass ein Körper schwimmt, sobald seine Dichte geringer ist als die Dichte des Wassers. Ist die



Dichte eines Körpers größer als die des Wassers, sinkt der Körper zu Boden. Diese Erklärung ist aus physikalischer Sicht fehlerfrei. Auch die Veranschaulichung mit Hilfe des Material- und Wasserwürfels verdeutlicht das Dichteprinzip altersentsprechend.

Abb. 6: Gewichtsvergleich Dichte (Schwefer, 2019, S. 16)

Vertiefend zum Dichtekonzept wird auf der nachfolgenden Seite ein Versuchsaufbau dargestellt. Hierbei wird eine Tomate in Salzwasser getaucht und deren Schwimmfähigkeit beobachtet. Dem Leser wird folgende physikalische Begründung geliefert: „Unsichtbare, winzige Salzkörnchen verstecken sich zwischen den Wasserteichen. Das bedeutet, dass Salzwasser im Vergleich zu Leitungswasser die größere Dichte hat.“ (Schwefer, 2019, S. 21). Wie bereits auf den Buchseiten zuvor erklärt, schwimmt ein Körper sobald dessen Dichte geringer ist als die Dichte des Wassers. Daraus lässt sich schließen, dass die Dichte der Tomate geringer ist als die Dichte des Salzwassers. Aus diesem Grund kann die Tomate im Salzwasser schwimmen. Der Versuchsaufbau ist optimal an die Zielgruppe angepasst und kann problemlos zuhause nachgestellt werden. Allerdings ist es besonders für diese Altersgruppe problematisch, Vorhersagen zu der Dichte von bestimmten Körpern zu treffen. Hierfür müssen die Kinder explizites Wissen über die Dichte von Körpern haben oder auf eine komplexe Rechnung zurückgreifen, um die Dichte zu bestimmen. Unter Berücksichtigung der mathematischen Fähigkeiten der Kinder in diesem Alter ist es äußerst unwahrscheinlich, dass ihnen das Ausrechnen des Volumens und anschließend der Dichte von Körpern gelingt. Zudem wird durch das Dichtekonzept nicht deutlich, wie die Auftriebskraft beziehungsweise die Schwimmfähigkeit von Körpern konkret zustande kommt.

4.2 Unterrichtskonzeptionen

Die Unterrichtskonzeption „Schwimmen und Sinken“ im Rahmen des Spiralcurriculums von Kornelia Möller und Hans-Peter Wyssen „besteht aus insgesamt sechs Unterrichtseinheiten, die im Verlauf des 1. bis 4. Schuljahres durchgeführt werden können.“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 34). Für die 1./2. Klassenstufe werden zwei Unterrichtseinheiten angeboten und insgesamt vier Unterrichtseinheiten für die 3./4. Jahrgangsstufe.

1. Unterrichtseinheit: „Was schwimmt – was sinkt?“

Die Einheit für die 1./2. Klasse fokussiert sich auf das Schwimmen und Sinken von Vollkörpern und ist in vier Sequenzen unterteilt. In der ersten Sequenz sollen die Kinder Vermutungen zu der Schwimmfähigkeit von verschiedenen Körpern aufstellen und diese im Anschluss durch Ausprobieren überprüfen. Hierbei ist zu erwarten, dass die Kinder ihre Vermutungen auf dem Gewichts- und Größenkonzept aufbauen und behaupten, dass alle schweren und großen Körper untergehen und die leichten kleinen Körper im Wasser schwimmen. Diese Fehlkonzepte können widerlegt werden, indem sowohl ein schwerer schwimmender als auch ein leichter sinkender Körper vorgestellt wird. Die Kinder gelangen folglich zu der Erkenntnis, dass die Schwimmfähigkeit eines Körpers nicht von seiner Größe oder seinem Gewicht abhängt. Diese erste Unterrichtsstunde ist optimal konzipiert, da durch den Aufbau zwei weitverbreitete Fehlkonzepte widerlegt werden können.

Die nächsten zwei Unterrichtssequenzen der Unterrichtseinheit beziehen sich auf das Materialkonzept. Die Schülerinnen und Schüler sollen verschiedene Versuche durchführen und basierend auf ihren Beobachtungen Merksätze formulieren. Folgende Sätze werden mit den Kindern erarbeitet: „Fast alles aus Holz schwimmt, außer Tropenholz. Fast alles aus Stein geht unter, außer Bimsstein. Alles, was aus Metall ist, geht unter. Alles, was aus Styropor ist, schwimmt. Alles, was aus Wachs ist, schwimmt.“ (Möller & Jonen, 2005, S. 47). Die Schwimmfähigkeit eines Körpers hängt folglich nicht von dem Gewicht oder der Größe ab, „sondern vom Material [...], aus dem er besteht“. (Möller & Wyssen, 2017, S. 39). Diese Argumentations-

grundlage ist zwar korrekt, jedoch nur wenn Bezug zum Dichtekonzept genommen wird. Andererseits lassen die Ausnahmen bei dem Holz und dem Stein darauf schließen, dass die Schwimmfähigkeit eines Körpers nicht ausschließlich mit dem Material zusammenhängt. Eine konkrete physikalische Erklärungen für das Schwimmen und Sinken von Körper wird den Schülerinnen und Schülern zu diesem Zeitpunkt noch nicht vermittelt.

In der letzten Unterrichtssequenz der Stunde bauen die Kinder aus Alltagsgegenständen ein schwimmfähiges Floß. Dadurch können die Kinder ihr bereits erworbenes Wissen über das Materialkonzept anwenden und festigen. Allerdings werden den Lernenden die dahintersteckenden physikalischen Gründe für das Schwimmverhalten des Floßes nicht erläutert.

2. Unterrichtseinheit: Was passiert mit dem Wasser, wenn ich etwas eintauche?“

Die erste Unterrichtssequenz der zweiten Einheit macht auf das Phänomen der Verdrängung aufmerksam. Hierfür beobachten die Schülerinnen und Schüler das Ansteigen des Wasserspiegels in einem Glas, nachdem ein Stein eingetaucht wurde. Die physikalisch korrekte Erklärung aus der Konzeption lautet: „Wenn ein [Körper] in eine Flüssigkeit eingetaucht wird, verdrängt er diese und der Flüssigkeitsspiegel steigt entsprechend an.“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 40).

Auf diesem Wissen wird in der nächsten Sequenz weiter aufgebaut. Die Kinder prüfen die Abhängigkeit zwischen der verdrängten Wassermenge und dem Körper in Bezug auf verschiedene Parameter, wie Gewicht, Größe, Material und Form (Möller & Jonen, 2017). Durch diese gezielte Auswahl an Experimenten stellen die Schülerinnen und Schüler fest, dass gleichgroße Körper dieselbe Wassermenge verdrängen, „egal wie schwer sie sind.“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 41). Somit wird thematisiert, dass die verdrängte Wassermenge mit der Größe des Körpers zusammenhängt und „die Menge der verdrängten Flüssigkeit [...] exakt dem Volumen des eingetauchten Teil[e]s des [Körpers]“ entspricht (Möller & Wyssen, 2017, S. 41).

Das Beobachten des ansteigenden Wasserspiegels und die Durchführungen der Experimente im Rahmen der zweiten Unterrichtseinheit sind sicherlich für die Schüle-

rinnen und Schüler spannend und interessant. Dennoch bleibt der Bezug zu dem eigentlichen Thema, warum etwas im Wasser schwimmen kann, aus. Obwohl bereits das physikalische Phänomen des verdrängten Wassers eingeführt wurde, wird die Verbindung zum Archimedischen Prinzip nicht weiter ausgebaut. Zusammenfassend lässt sich zu den Einheiten für die 1./2. Klasse sagen, dass den Schülerinnen und Schülern keine zufriedenstellende physikalische Erklärung für die Schwimmfähigkeit von Körpern gegeben wird. Die Unterrichtseinheiten gehen zwar auf das Gewichts- und Größenkonzept ein und greifen damit Fehlkonzepte auf, jedoch bleibt der Bezug zur Entstehung des Auftriebs aus. Grund dafür könnte das zu junge Alter der Kinder sein und das damit einhergehende fehlende Verständnis für dieses komplexe physikalische Thema.

Die folgenden Unterrichtseinheiten sind für den Unterricht im 3./4. Schuljahr vorgesehen.

1. Unterrichtseinheit: „Wie kommt es, dass ein riesiges, schweres Schiff aus Metall im Wasser nicht untergeht?“

Die erste Einheit beschäftigt sich mit folgender Fragestellung: „Wie kommt es, dass ein riesiges, schweres Schiff aus Metall im Wasser nicht untergeht?“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 43). Die Stunde dient zur Aktivieren des Vorwissens, indem die Schülerinnen und Schüler in Gruppendiskussionen verschiedene Vermutungen zur Beantwortung der Frage aufstellen. Die häufigsten Vermutungen werden im Anschluss durch Experimente überprüft, wodurch die Schülerinnen und Schüler ihre Präkonzepte eigenständig revidieren und überarbeiten können.

2. Unterrichtseinheit: „Was passiert mit dem Wasser, wenn ich etwas eintauche?“

In der zweiten Unterrichtseinheit sollen die Kinder durch eine Vielzahl an Versuchen erkennen, dass ein Körper beim Eintauchen in Wasser eine gewisse Wassermenge verdrängt. Hierzu wird Bezug zum Archimedischen Prinzip genommen. Die Menge des verdrängten Wassers „hängt davon ab, wie viel Platz er im Wasser einnimmt.“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 44). Durch einen Überlaufversuch sollen die Kinder ken-

nen, dass die Menge des verdrängten Wassers exakt dem Volumen des eingetauchten Teiles des Körpers entspricht. Der Zusammenhang zwischen der Masse des verdrängten Wassers und der Masse des Körpers wird an dieser Stelle jedoch nicht hergestellt, obwohl diese Verbindung Vorhersagen zur Schwimmfähigkeit von Körpern ermöglicht.

3. Unterrichtseinheit: „Warum schwimmt ein Schiff?“

Die dritte Einheit lässt sich in drei Sequenzen einteilen. In der ersten Unterrichtssequenzen stellen die Kinder fest, dass das Wasser eine Kraft auf Körper ausübt und auf alle Seiten des Körpers drückt. Hierfür ziehen sich die Kinder einen Plastikhandschuh an und führen ihn ins Wasser ein. Das physikalische Phänomen wird somit für die Kinder am eigenen Körper spürbar gemacht. Die Spürbarkeit des Wasserdruckes wird ebenfalls in der SUPRA-Unterrichtskonzeption durch den Plastikhandschuh dargestellt. Allerdings arbeitet die SUPRA-Konzeption dieses Druckkonzept weiter aus und verdeutlicht die Abhängigkeit des Wasserdruckes mit der Wassertiefe. Die Konzeption von Möller und Wyssen lässt dieses physikalische Druckkonzept unbeachtet und legt den Fokus weiterhin auf das Archimedische Prinzip. Durch schülergeleitete Experimente erarbeiten sich die Kinder folgende fachliche Erklärungen: „Je größer ein [Körper] ist, desto mehr Wasser verdrängt er und umso stärker drückt das verdrängte Wasser den [Körper] nach oben.“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 45). Diese nach oben drückende Kraft nennt man Auftriebskraft. Die SUPRA-Konzeption erklärt das Zustandekommen der Auftriebskraft nicht mit Hilfe des Archimedischen Prinzips, sondern mit dem Druckkonzept. Der Auftrieb entsteht folglich durch die Differenz der verschiedenen Drucke im Wasser. Beide Erklärungen sind fehlerfrei, allerdings eignet sich die Erklärung mit Hilfe des Druckkonzeptes besser für die Grundschule.

In der nächsten Sequenz wird den Kindern die Verbindung zwischen „Wasser drückt und Wasser wird verdrängt“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 46) verdeutlicht, indem die Lernenden eigene Knetschiffchen bauen und deren Beladungsfähigkeit untersuchen. Auf Basis der neu erworbenen Kompetenzen aus der vorherigen Sequenz sind die Kinder durchaus in der Lage, ihre Schiffe schwimmfähig zu konstruieren.

Dadurch ist der Versuch optimal an den Kompetenzstand der Kinder angepasst und eignet sich als weitere Verständnisvertiefung.

Da das Wissen der Kinder noch nicht ausreicht, um das Schwimmverhalten von Körpern zu erklären, wird in der nächsten Sequenz die Erdanziehungskraft eingeführt. Die Kinder lernen, „dass bei allen eingetauchten [Körpern] das Wasser die [Körper] nach oben drückt und die Schwerkraft die [Körper] nach unten „zieht“.“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 46). Auch wenn die Auftriebskraft weiterhin durch das verdrängte Wasser erklärt wird, können die Kinder diese beiden wirkenden Kräfte nun zueinander in Relation setzen und somit Vorhersagen über die Schwimmfähigkeit von Körpern treffen.

4. Unterrichtseinheit „Warum sinkt Eisen, warum schwimmt Wachs?“

Die letzte Unterrichtseinheit bezieht sich auf ein weiteres Konzept, das sogenannte Dichtekonzept. Zu Beginn wird das Materialkonzept eingeführt, auf diesem in der nächsten Sequenz das Dichtekonzept aufgebaut wird. Die Schülerinnen und Schüler gelangen mit Hilfe von Experimenten zu der Erkenntnis, dass die Schwimmfähigkeit nicht von der Größe, Form oder Gewicht des Körpers abhängt, sondern von dem Material. Zur Wissensfestigung werden folgende Merksätze aufgestellt: „Fast alles aus Holz schwimmt, außer Tropenholz. Fast alles aus Stein geht unter, außer Bimsstein. Alles, was aus Metall ist, geht unter. Alles, was aus Styropor ist, schwimmt. Alles, was aus Wachs ist, schwimmt.“ (Möller & Jonen, 2005, S. 47).

In der nächsten Unterrichtssequenz wird die Frage untersucht, warum Eisen sinkt und Wachs hingegen schwimmt. Zur Beantwortung der Fragestellung wird Bezug zum Dichtekonzept genommen. „Die Kinder sollen die beiden entscheidenden Größen erkennen, die wichtig sind, um zu erklären, warum ein Material die Eigenschaft hat zu schwimmen oder zu sinken“ (Möller & Jonen, 2005, S. 109). Durch das Wiegen von gleichgroßen Körpern wird den Kindern bewusst, dass sie trotz gleicher Größe unterschiedlich schwer sein können. Grund dafür ist das Material, aus dem sie bestehen. Im weiteren Unterrichtsverlauf müssen die Kinder die Masse eines Körpers in Beziehung zu der Masse eines Wasserwürfels setzen und dazu folgende

Regel für die Schwimmfähigkeit von Körpern aufstellen: „Materialien, die leichter sind als die gleiche Menge Wasser, schwimmen, und Materialien, die schwerer sind als die gleiche Menge Wasser“ (Möller & Wyssen, 2017, S. 48) gehen unter. Die Kinder können dadurch zwar prinzipielle Angaben zum Schwimmverhalten von Körpern machen. Allerdings sind dafür Informationen über das Volumen des Wassers in derselben Größe des Körpers notwendig, weshalb spontane Vorhersagen zur Schwimmfähigkeit unmöglich sind.

In der dritten Unterrichtssequenz stellen die Kinder geeignete Veranschaulichungen für das Verhältnis von Volumen und Masse dar. Hierfür werden zwei gleichgroße Quadrate an die Tafel gezeichnet, die jeweils für einen Holz- beziehungsweise Steinwürfel stehen. Die Lernenden können das Quadrat für den Holzwürfel mit wenigen Punkten füllen, wohingegen das Quadrat für den Steinwürfel mit vielen Punkten befüllt wird. Somit wird die unterschiedliche Masse von Holz und Stein bei demselben Volumen verdeutlicht. Die Lernenden nehmen demnach Bezug zur Dichte von Körpern, indem sie Volumen und Masse ins Verhältnis setzen. Obwohl die Dichte von Körpern durch die selbstgewählten Veranschaulichungen der Kinder gut erklärt werden, ist beispielsweise das Ausrechnen der Dichte für leistungsschwache Grundschulkinder zu komplex. Des Weiteren wird mit dem Dichtekonzept nicht deutlich, warum ein Körper überhaupt im Wasser schwimmen kann.

In der letzten Unterrichtssequenz werden die bisher erarbeiteten Konzepte zusammengeführt, indem folgende Frage beantwortet wird: „Wie kommt es, dass ein Schiff schwimmt, aber ein Metallklotz nicht?“. Eine mögliche Antwort von Möller und Jonen (2005, S. 121) lautet: „Das Schiff schwimmt, weil es so groß ist. Dann braucht es viel Platz im Wasser. Es verdrängt ganz viel Wasser und das verdrängte Wasser will an seinen Platz zurück. Deshalb drückt es ganz stark. Wenn das weggedrückte Wasser so schwer ist wie das ganze Schiff, dann gewinnt es und drückt das Schiff nach oben.“. Obwohl in dieser Erklärung alle Konzepte kombiniert werden sollten, fehlt der Bezug zum Dichtekonzept. Des Weiteren wird zwar das Zustandekommen der Auftriebskraft über das verdrängte Wasser begründet, allerdings fehlt der Bezug zur nach unten ziehenden Gewichtskraft. Dahingehend ist die Antwort

auf die Frage, warum ein Schiff aus Metall schwimmt für die Schülerinnen und Schüler nur bedingt befriedigend.

4.3 Fazit

In allen analysierten Materialien sei es in den Sachbüchern oder in der Unterrichtskonzeption sind Experimente oder Erklärungen wiederzufinden, die als Argumentationsgrundlage sowohl das Archimedische Prinzip als auch das Dichtekonzept aufgreifen. Hierbei ist jedoch ungewiss, ob die Kinder in der Grundschule das Archimedische Prinzip lückenlos verstehen. Es ist daran zu zweifeln, ob Grundschulkinder mit Hilfe des Archimedischen Prinzips und dem Vergleich zwischen Masse des Körpers und Masse des verdrängten Wassers die Schwimmfähigkeit von Körpern bestimmen können. Ebenso die Nutzung des Dichtekonzeptes in der Grundschule sollte kritisch hinterfragt werden. „Wenn das Kind über die Beziehung zwischen Dichte des [Körpers] zur Dichte des Wassers souverän verfügt“ (Klewitz, 1989, S. 45), können genaue Angaben zur Schwimmfähigkeit von Körpern vollzogen werden. Diese Souveränität ist jedoch in der Grundschule noch nicht von den Schülerinnen und Schülern erwartbar. Resümierend lässt sich sagen, dass mit Hilfe des Dichtekonzeptes und dem Archimedischen Prinzip zwar Aussagen getroffen werden können, unter welchen Bedingungen ein Körper schwimmt. Allerdings kann die Entstehung des Auftriebs nicht erklärt werden. Die Frage, warum ein Körper überhaupt im Wasser schwimmen kann, bleibt demzufolge unbeantwortet. Die wesentliche Ursache des Schwimmens und Sinkens, der Bezug zu den verschiedenen Druckverhältnissen im Wasser bleibt sowohl beim Dichtekonzept als auch bei dem Archimedischen Prinzip aus (Klewitz, 1989).

Die Unterrichtskonzeption von Möller und Wyssen legt den Fokus auf den eigenständigen Erkenntnisgewinn und dem entdeckenden Lernen. Die Vermittlung des Themas erfolgt durch die Schülerinnen und Schüler selbst. Diese explorative Unterrichtsgestaltung eignet sich besonders für den Sachunterricht und die Vermittlung von komplexen physikalischen Sachverhalten. Lenkt man seinen Blick jedoch weg von der methodischen Gestaltung und hin zur inhaltlichen und didaktischen Umset-

zung, erkennt man einige Diskrepanzen. In der Unterrichtskonzeption wird die Schwimmfähigkeit von Körpern sowohl durch das Archimedische Prinzip als auch durch das Dichte- und Materialkonzept erklärt. Der Miteinbezug mehrerer Konzepte verhindert die systematische und strukturierte Erklärung des Themas. Durch die Komplexität und die inhaltliche Verzahnung der Konzepte wird innerhalb der einzelnen Unterrichtseinheiten oftmals Bezug zu mehreren Erklärungen genommen und diese untereinander vermischt. Aus diesem Grund sollte man sich bei der Umsetzung des physikalischen Inhaltes lediglich auf ein Konzept stützen und dieses detailliert ausarbeiten. Die Lösung des thematisierten Problems bietet die SUPRA-Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ im Primarbereich. In dieser Konzeption wird den Schülerinnen und Schülern innerhalb von sechs Unterrichtseinheiten eine Erklärung für das Zustandekommen der Auftriebskraft auf Basis des Druckkonzeptes vermittelt. Die Kinder fokussieren und konzentrieren sich demzufolge nur auf ein Konzept und müssen gedanklich nicht zwischen den verschiedenen Konzepten wechseln. Dadurch erwerben die Schülerinnen und Schüler sowohl durch Arbeitsmaterialien als auch schüler- und lehrergeleitete Experimente Kompetenzen zur Bestimmung des Verhaltens eines Körpers im Wasser.

Angesichts der dargestellten Kritikpunkte an der Unterrichtskonzeption von Möller und Wyssen und der Sachbuchreihe von Schwefer sollte man sich bei der Umsetzung des physikalischen Themas im Unterricht der Grundschule an der SUPRA-Konzeption orientieren. Die Vermittlung durch das Druckkonzept ist optimal an das Alter der Schülerinnen und Schüler angepasst und ermöglicht das Erklären des Zustandekommens der Auftriebskraft und der Schwimmfähigkeit von Körpern. Aus diesem Grund wird das Schema der Akzeptanzinterviews inhaltlich auf der in SUPRA veröffentlichten Unterrichtskonzeption aufgebaut. Des Weiteren sollte man bei der privaten Nutzung von Sachbüchern stets darauf achten, wie die Bücher bei der Vermittlung von bestimmten Themen vorgehen und ob diese Erklärungen für die Kinder geeignet sind.

5 Die Methode der Akzeptanzinterviews

Die Hauptaufgabe der didaktischen Forschung besteht darin, Lernschwierigkeiten in den verschiedenen Bereichen des Lernens zu identifizieren und darauf basierend zielgerichtete Lernhilfen für den Aufbau von wissenschaftlichen Theorien zu entwickeln (Burde, 2018). Um diese internen Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler zu beobachten und anschließend zu analysieren, eignet sich die Nutzung von konventionellen Instrumenten nicht. Diese Interviews oder Fragebögen orientieren sich an inhaltlichen Vorgaben, sodass die „Befragten möglicherweise die Übernahme von Vorstellungen ausdrücken und nicht eigene, vorher gebildete Vorstellungen wiedergeben.“ (Blumör, 1993, S. 103). Somit wird eine Unterscheidung zwischen den bereits verinnerlichten Wissens- und Denkstrukturen der Kinder und den erst während des Interviews generierten Vorstellungen unmöglich (Blumör, 1993).

Ausgehend von diesen Schwierigkeiten wurden im Rahmen des Forschungsprojektes von Jung individuelle Einzelbefragungen durchgeführt, um thematische Verständnisschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler sichtbar zu machen. Mit Hilfe der Lehrsitungen wollten die Forscher herausfinden, „welche kognitiven und soweit erkennbar affektiven Widerstände [bei der] Verarbeitung physikalischer Lerninhalte [...] auftreten.“ (Blumör, 1993, S. 103). Die Durchführung dieser Einzellehrgespräche war jedoch sehr zeit- und organisationsaufwendig, da den Schülerinnen und Schülern sowohl experimentelle und verbale als auch schriftliche Inputs präsentiert wurden. Aufgrund des umfangreichen Angebotes hatten die Schülerinnen und Schüler während den Befragungen kaum Gelegenheiten, ihre Vorstellungen zu äußern. Basierend auf diesen Kritikpunkten wurde die Methode weiterentwickelt und es entstand das Akzeptanzinterview beziehungsweise die Akzeptanzbefragung (Blumör, 1993).

Das Akzeptanzinterview beschreibt eine qualitativ fachdidaktische Forschungsmethode, durch die der „Proze[ss] der Auseinandersetzung mit experimentellen und begrifflichen Angeboten selbst zum Gegenstand der Beobachtung“ (Blumör, 1993, S. 103) gemacht wird. Das übergeordnete Ziel der Befragung ist, durch Schülerinnen und Schüler zu überprüfen, ob ein neues inhaltliches Angebot von ihnen verstanden

und akzeptiert wird. „Mit anderen Worten geht es also darum, die Reaktionen der Lernenden [auf Informationsangebote, Erklärungen und Experimente] zu untersuchen, die auf der Basis des Wissens über Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten entwickelt wurden“ (zitiert nach Burde, 2018, S. 127). Somit erhält die interviewende Person Informationen darüber, was sich in den Gedanken- und Vorstellungswelten der Lernenden bei der Verarbeitung des Themenbereiches abspielt. Demzufolge werden mit Akzeptanzbefragungen „einflussreiche Missverständnisse festgestellt und dokumentiert, gravierende sprachliche und semantische Schwierigkeiten isoliert und lernhemmende, aber auch lernfördernde Vorstellungen freigelegt“ (Blumör, 1993, S. 104). Auf Basis dieser Ergebnisse werden Lösungswege zur Verringerung der aufgetretenen Schwierigkeiten erstellt, um den Verständnis- und Lernprozess der Schülerinnen und Schüler zu dem behandelten Phänomen weiter zu erleichtern. Damit fungiert die durchführende Lehrperson als Forscherin oder Forscher, weshalb das Akzeptanzinterview einen explorativen Charakter hat. Durchgeführt wird die Befragung mit einzelnen Schülerinnen und Schülern unter kontrollierten Bedingungen. Um eine möglichst genaue und detailgetreue Analyse der Akzeptanzinterviews durchzuführen, grenzt man die Anzahl der befragten Kinder ein (Burde, 2018). Gegenüber dem regulären Frontalunterricht lässt sich diese Forschungsmethode eindeutig abgrenzen, da die fachlichen Inhalte komprimierter dargestellt werden als bei einer Vermittlung im gewohnten Unterricht. Aufgrund der Einzelbefragungen mit den Schülerinnen und Schülern können sich die Lernenden nicht unterhalten oder gegenseitig ablenken, wodurch die Konzentration erhöht wird. Auch die Fokussierung der Lehrkraft liegt nur auf einem Kind, sodass Schülerreaktionen und potenzielle Lernschwierigkeiten leichter erfasst werden können (Wodzinski, 1996).

Akzeptanzinterviews finden überwiegend zu umfangreichen Themengebieten, beispielsweise zum Thema „Auftrieb“ statt. Die Durchführung eines Akzeptanzinterviews folgt dabei einem gleich ablaufenden Schema, welches sich aus vier Bausteinen zusammensetzt:

1. **Informationsangebot:** Die interviewende Person erklärt dem Kind mündlich einen physikalischen Sachverhalt. Dabei wird auf Veranschaulichungen, Grafiken und Experimente zurückgegriffen.
2. **Frage nach der Akzeptanz:** Im nächsten Schritt wird das Kind dazu aufgefordert Auskunft darüber zu geben, inwiefern die Erklärung verständlich oder unverständlich, gut oder schlecht beziehungsweise plausibel oder unplausibel ist.
3. **Paraphrasierung:** Anschließend soll das Kind mit eigenen Worten den Sachverhalt wiedergeben. Währenddessen notiert die interviewende Person die Äußerungen des Kindes.
4. **Anwendung und Übung:** Im letzten Schritt muss das Kind das Erlernte auf geeignete Beispiele und Übungen anwenden (Blumör, 1993).

5.1 Aufbau der Akzeptanzinterviews

Wie bereits erwähnt, ist die Kernaufgabe der didaktischen Forschungen und demnach auch der physikdidaktischen Forschung, Lernschwierigkeiten in den zentralen Lernbereichen des Unterrichts zu ermitteln. Aus diesem Grund wird im Rahmen meiner Wissenschaftlichen Hausarbeit untersucht, inwiefern die Schülerinnen und Schüler die Grundideen zu dem komplexen physikalischen Thema „Auftrieb“ verstehen und an Beispielen anwenden können. Mittels der vorgestellten Forschungsmethode wird demzufolge angestrebt, einen Einblick in die Lernprozesse der Lernenden zum Thema „Auftrieb“ zu erlangen und mögliche thematische Lernschwierigkeiten zu identifizieren. Für das Aufstellen des Befragungsschemas wird sich an den Inhalten und Experimenten der SUPRA-Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ orientiert, da in diesem Unterrichtsaufbau das physikalische Phänomen bestmöglich für die Zielgruppe aufbereitet wird. Um den Verständnisprozess der Grundschulkinder weiter auszubauen und die aufgetretenen Lernhürden zu minimieren, werden die so gesammelten Erkenntnisse anschließend in die Erstellung von Verbesserungsvorschlägen der SUPRA-Unterrichtskonzeption einfließen.

Beim Aufbau des Befragungsschemas wäre es denkbar, sich detailliert an den acht SUPRA-Unterrichtseinheiten zu orientieren. Die siebte und achte Einheit beziehen sich zum einen auf die thematische Einführung des Archimedischen Prinzips und zum anderen auf den Bau eines kartesischen Tauchers. Da diese Einheiten für die Vermittlung des Druckkonzeptes ungeeignet sind, würden sich daraus sechs Einzelbefragungen mit jeweils einem Informationsangebot, einer Frage nach der Akzeptanz, einer Aufforderung zum Paraphrasieren und einer Anwendungsübung ergeben. Gegen diesen Aufbau sprechen allerdings die vielen Unterbrechungen zwischen den einzelnen Erklärungen, wodurch der Zusammenhang der aufeinander aufbauenden Erkenntnisschritte verloren gehen könnte. Aus diesem Grund werden diese sechs SUPRA-Unterrichtseinheiten zusammengefasst. Daraus ergeben sich drei Einheiten, welche mit typischem Vorgehen für die Akzeptanzbefragung untersucht werden:

- Erdanziehungskraft und Wasserdruck
- Entstehung der Auftriebskraft
- Zusammenwirken von Erdanziehungs- und Auftriebskraft

Jeder dieser Bereiche entspricht einem abgeschlossenen Themenblock, an den sich jeweils Fragen zur Akzeptanz (*„Wie findest du diese Erklärung? Ist für dich daran irgendetwas unverständlich?“*), Aufforderung zur Paraphrasierung (*„Kannst du mit deinen eigenen Worten wiederholen, was ich dir gerade erklärt habe?“*) sowie Aufgaben zur Verständnisüberprüfung anschließen (Burde, 2018). Mit Hilfe der Befragungen sollen folgende Teilfragen beantwortet werden:

1. Akzeptieren die Schülerinnen und Schüler die Grundideen hinter dem Auftrieb?
2. Verstehen die Kinder, dass das Wasser von allen Seiten auf einen im Wasser eingetauchten Körper wie beispielsweise ein U-Boot drückt und dieser Wasserdruck mit zunehmender Wassertiefe steigt?
3. Können die Grundschulkinder die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft so in Beziehung setzen, um über das Verhalten eines U-Bootes im Wasser entscheiden zu können?

4. Können die Kinder die Verhaltensweisen eines U-Bootes im Wasser mit Kraftpfeilsymbolen auf einem Meeresplakat darstellen?

Diese einzelnen Themenblöcke des Akzeptanzinterviews werden im folgenden Abschnitt detailliert dargestellt.

Erdanziehungskraft und Wasserdruck:

Die interviewende Person beginnt den Themenblock mit einem Informationsangebot. Nach einer kurzen thematischen Einführung zur Wirkung der Erdanziehungskraft auf Körper folgt eine Überleitung zur Kraft des Wassers. Um den Kindern das Verständnis zum Wasserdruck zu erleichtern, wird ein Bild gezeigt. Auf dem Bild ist ein U-Boot von der Seite skizziert, welches mit unterschiedlich langen Pfeilen umrandet ist. Die Spitzen dieser Pfeile sind alle auf das U-Boot gerichtet. Die auf die Unterseite des Bootes deutenden Pfeile sind länger als die auf die Oberseite. Dadurch soll veranschaulicht werden, dass an der Unterseite größerer Wasserdruck herrscht als an der Oberseite des Bootes. Somit gelangen die Kinder zu der Erkenntnis, dass das Wasser auf alle Seiten eines Körpers beziehungsweise U-Bootes drückt und der Wasserdruck mit der Wassertiefe zunimmt. Die Farbgebung der Pfeile auf diesem Einstiegsbild entspricht den Druckpfeilen des Wassers im späteren Befragungsverlauf. Durch die einheitliche Farbgebung aller Komponenten wird dafür gesorgt, den Lernenden den Übergang zwischen den einzelnen Befragungsphasen zu erleichtern. Im nächsten Schritt informiert sich die interviewende Person über die Akzeptanz der Lernenden und wiederholt nicht verstandene Inhalte. Anschließend werden die Befragten aufgefordert einerseits die Erklärung zur Erdanziehungskraft und andererseits zum Wasserdruck wiederzugeben. Damit die Lernenden auf beide Fragen antworten, werden die Fragen zum Paraphrasieren getrennt gestellt. Hierbei kann die interviewende Person individuelle Zwischen- und Nachfragen stellen, um den Lernenden bei fehlendem Wissen zu korrekten Erklärungen zu verhelfen oder geäußerte Aussagen der Kinder weiter zu vertiefen. Im letzten Abschnitt des ersten Themenblockes wird das erworbene Wissen zur Erdanziehungskraft und zum Wasserdruck auf jeweils ein Experiment übertragen. Da sich der Aufbau der Akzeptanzinterviews an den Inhalten der SUPRA-Unterrichtskonzeption orientiert, musste

eine Auswahl bezüglich aller Versuche beziehungsweise Anwendungsaufgaben getroffen werden. In Bezug auf die Erdanziehungskraft bietet die Unterrichtskonzeption keine geeignete Anwendungsaufgabe, weshalb der Versuchsaufbau eigenständig erstellt wurde. Die Lernenden müssen zwei identische Flaschen mit unterschiedlichem Gewicht miteinander vergleichen und erkennen, dass die Erdanziehungskraft die schwere Flasche stärker nach unten zieht als die leichte Flasche. Dahingegen wird zur Überprüfung des Wasserdruckes ein Experiment aus der SUPRA-Unterrichtskonzeption genutzt. Mit Hilfe einer selbstgebauten Druckdose kann das Drücken des Wassers auf alle Seiten eines Körpers verdeutlicht und gleichzeitig die Zunahme des Wasserdruckes mit der Wassertiefe demonstriert werden. Daher eignet sich die Druckdose als optimale Anwendungsaufgabe. Zu Beginn müssen die Kinder erklären und begründen, was an der Druckdose zu beobachten ist, wenn die Dose horizontal in das Wasser eingetaucht wird. Im nächsten Schritt wird die Fragestellung an die Lernenden wiederholt, dieses Mal jedoch in Bezug auf das senkrechte Eintauchen der Druckdose in das Wasser. Durch die anschließende Versuchsdurchführung stellen die Lernenden fest, dass horizontal beide Membranen durch den Druck im Wasser gleichermaßen nach innen verformt werden. Bei der senkrechten Ausrichtung der Dose erkennen die Kinder, dass das Wasser auf die Unterseite des Körpers stärker drückt als auf die Oberseite und mit zunehmender Wassertiefe die Druckkraft des Wassers nochmals zunimmt. Demnach ist die untere Membran der Druckdose stärker nach innen verformt als die Obere. Anhand der Versuchsdurchführungen können die Lernenden eigenständig erkennen, wie sich ihre Vermutungen entweder bestätigen oder widerlegen. Auch in diesem Befragungsabschnitt stellt die interviewende Person Zwischenfragen, um die Lernenden bei der Beantwortung der Fragen zu unterstützen.

Entstehung der Auftriebskraft:

Anschließend folgt der nächste Themenblock und die inhaltliche Erarbeitung der Auftriebskraft. In diesem Abschnitt wird zum Erklären des Zustandekommens des Auftriebs erstmals das Meeresplakat der SUPRA-Unterrichtskonzeption eingeführt, welches das Meer mit insgesamt vier gleichgroßen Tauchstufen darstellt. Das Schwimmverhalten eines Körpers wird am Beispiel des U-Bootes verdeutlicht, wes-

halb ein viereckiges Pappstück das Boot visualisiert. Damit sich das U-Boot unterschiedlich im Wasser verhalten kann, werden drei verschiedene schwarze Beladungsflächen erstellt. Das Boot kann folglich leicht, mittel oder schwer beladen sein. Innerhalb des Informationsangebotes platziert die interviewende Person das U-Boot mit der leichten Beladungsfläche auf der Tauchstufe 2. An die Oberseite des Bootes wird ein nach unten gerichteter Druckpfeil der Tauchstufe 2 gelegt, da die Oberseite des Bootes diese Tauchstufe berührt. Folglich wird an die Unterseite des Bootes ein nach oben gerichteter Druckpfeil der Tauchstufe 3 gelegt, da die Unterseite des Bootes diese Tauchstufe berührt. Die zwei Druckpfeile werden anschließend von der Ober- und Unterseite entfernt und senkrecht nebeneinander an dem Boot platziert. Aus der Differenz der beiden Druckpfeile resultiert die nach oben zeigende Auftriebskraft.

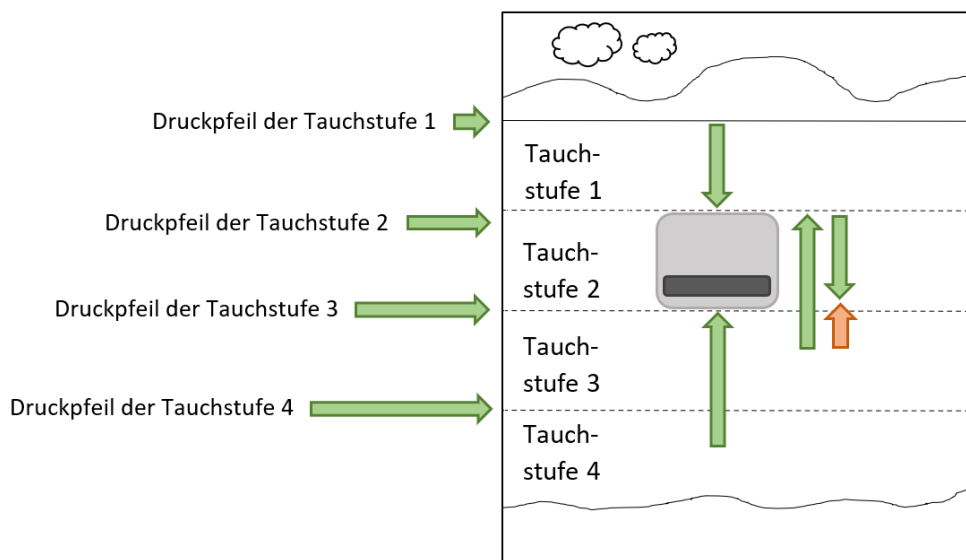


Abb. 7: Symbolische Darstellung des Auftriebs bei einem leichten U-Boot

Aufgrund der steigenden Druckverhältnissen mit zunehmender Wassertiefe werden die grünen Druckkraftpfeile des Wassers mit einer tieferen Tauchstufe länger. Die Druckkraftpfeile der vier Tauchstufen unterscheiden sich jeweils um 5 Zentimeter, damit sich der Pfeil der Auftriebskraft stets aus der Differenz der beiden Druckpfeile ergibt. Um ein leichtes Auseinanderhalten der Druck- und Auftriebskraftpfeile zu gewährleisten, sind die Pfeile jeweils in unterschiedlichen Farben und zusätzlich beschriftet. Ergänzend dient ein Merkzettel als weitere Verständnisstütze, auf dem alle grünen Druckpfeile der vier Tauchstufen und der nach oben gerichtete Auftriebskraftpfeil dargestellt sind. Durch die aktive Arbeit mit dem Meeresplakat und

den verschiebbaren Elementen kann das Sinken, Schwimmen und Aufsteigen eines Körpers beziehungsweise des U-Bootes im Wasser bestmöglich verdeutlicht werden. Demzufolge dient das Meeresplakat als konstante Unterstützungs- und Vermittlungshilfe. Im Anschluss an das Informationsangebot und die Abfrage der Akzeptanz sollen die Lernenden die Erklärung zur Entstehung der Auftriebskraft mit eigenen Worten wiedergeben. Danach folgt die Überprüfung, indem die Lernenden ihr Wissen zum Auftrieb sowohl auf ein Experiment der SUPRA-Unterrichtskonzeption als auch auf das Meeresplakat übertragen sollen. Nachdem die interviewende Person eine gering mit Sand gefüllte Dose unter Wasser loslässt und diese an die Wasseroberfläche aufsteigt, sollen die Lernenden das Versuchsergebnis begründen. Um die geäußerten Antworten der Kinder weiter zu vertiefen, sollen sie nun das Aufsteigen der Dose auf dem Meeresplakat darstellen. Ein Beispiel für eine korrekte Darstellung ist bei Abb. 7: Symbolische Darstellung des Auftriebs bei einem leichten U-Boot zu erkennen. Damit die Lernenden während den Anwendungsaufgaben eigenständig mit dem Meeresplakat arbeiten und sich folglich nicht an den bereits gelegten Pfeilen orientieren, werden nach den Aufforderungen zum Paraphrasieren im zweiten und dritten Themenblock alle Elemente von dem Meeresplakat entfernt. Auch in diesem Teil der Akzeptanzbefragung gilt, dass Zwischen- und Nachfragen seitens der interviewenden Person erwünscht sind, um die Verarbeitungsprozesse der Lernenden besser zu verstehen oder den Kindern zu den korrekten Erklärungen zu verhelfen.

Zusammenwirken der Erdanziehungs- und Auftriebskraft:

Auch der letzte Themenblock beginnt mit einem Informationsangebot. In diesem Abschnitt wird ebenfalls anhand des Meeresplakates gearbeitet. Hierfür werden zu den bereits bekannten Kraftpfeilen drei unterschiedlich lange Pfeile für die Erdanziehungskraft ergänzt. An diesem Punkt werden die Kinder erstmals mit allen drei Verhaltensmöglichkeiten eines Körpers im Wasser konfrontiert, welche durch die interviewende Person anhand des Meeresplakates visualisiert werden. Im Anschluss an den inhaltlichen Input informiert sich die Lehrperson über die Akzeptanz der Lernenden und wiederholt gegebenenfalls einzelne unklare Inhalte. Nun sollen die Kinder mit Hilfe ihres Wissens erklären, warum ein Körper im Wasser aufsteigen

kann. Dieses Paraphrasieren bezieht sich auf das Aufsteigen von Körpern, da im nächsten Abschnitt, der Anwendung des Wissens, das Sinken eines Körpers demonstriert wird. Die Überprüfung des Wissens erfolgt dieses Mal nicht mittels einer Anwendungsaufgabe, sondern durch vier einzelne Übungen. Bei der ersten Aufgabe sollen die Lernenden eine Vermutung über das Verhalten einer bis zum Rand mit Sand befüllten Dose im Wasser aufstellen. Anschließend wird der Versuch durchgeführt. Da im zweiten Themenblock bereits das Steigen der Dose demonstriert wurde, soll nun das Sinken der Dose thematisiert werden. Es wäre ebenfalls möglich, die Dose in einen schwebenden Zustand zu versetzen. Allerdings ist hierfür viel Geduld gefragt, da wenige Sandkörner darüber entscheiden, ob die Dose sinkt, schwebt oder steigt. Durch den Versuchsaufbau gelangen die Kinder zu der Erkenntnis, dass neben der nach oben schiebenden Auftriebskraft ebenfalls eine nach unten ziehende Kraft auf den Körper wirkt, die Erdanziehungskraft. Zum Erklären des Verhaltens der Dose im Wasser soll die Situation auf dem Meeresplakat dargestellt werden. Hierfür müssen die Lernenden das schwer beladene Boot beispielsweise auf der Tauchstufe 2 platzieren. Anschließend muss der Druckkraftpfeil der Tauchstufe 2 senkrecht nach unten und der Druckkraftpfeil der Tauchstufe 3 senkrecht nach oben gerichtet neben das U-Boot gelegt werden. Die Differenz dieser beiden Druckpfeile wird durch den nach oben zeigenden Auftriebskraftpfeil ergänzt. Zum Schluss muss der lange nach unten deutende Erdanziehungspfeil bündig neben dem Auftriebskraftpfeil platziert werden.

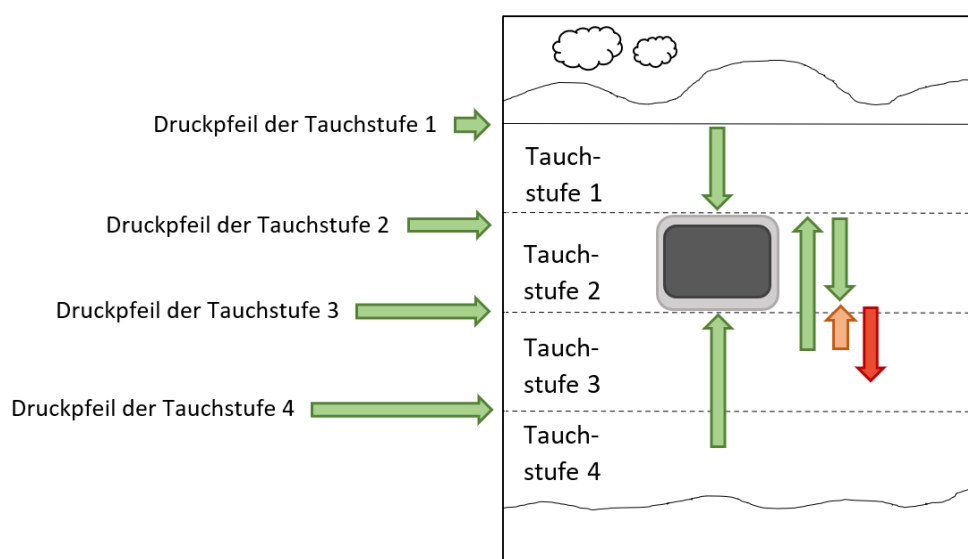


Abb. 8: Beispielhafte Lösung für den Fall „Sinken“

An diese Aufgabe schließen drei weiterführende Vertiefungsaufgaben an. Ziel dieser Aufgaben ist es, zu überprüfen, inwiefern die Schülerinnen und Schüler alle erlernten Inhalte zusammenfügen und auf neue und komplexere Situationen übertragen können. Die zweite Aufgabe bezieht sich auf die Gleichgewichtsbedingung und folglich den schwebenden Zustand des Bootes. Die Lernenden müssen das Boot und die Kraftpfeilsymbole auf dem Meeresplakat so verändern, damit das U-Boot im Wasser tiefer sinkt. Die Kinder müssen ihr Wissen über die Beziehung zwischen Erdanziehungs- und Auftriebskraft anwenden und sowohl die mittlere Beladung durch die schwere Beladung als auch den mittleren Erdanziehungspfeil durch den langen Erdanziehungspfeil ersetzen. Durch den Gewichtsverlust infolge des Wasser-Lassens des U-Bootes, müssen die Lernenden im Rahmen der dritten Anwendungsaufgabe gedanklich das nun eintretende sinkende Verhalten des U-Bootes im Wasser herhersagen. Bei dieser Aufgabe wird nicht explizit mit dem Meeresplakat gearbeitet, da festgestellt werden soll, ob die Lernenden ohne zusätzliche Hilfsmittel das Schwimmverhalten von Körpern bestimmen und folglich die wirkenden Kräfte in Beziehung setzen können. Die vierte und letzte Anwendungsübung stellt eine komplexe Aufgabenstellung dar. Hierbei müssen die Lernenden ihr erworbenes Wissen auf den seltenen Fall, dass ein U-Boot komplett auf den Meeresboden gesunken ist, übertragen. Die Kinder sollen feststellen, dass sich unterhalb des U-Bootes kein Wasser mehr befindet. Demnach herrscht an der Unterseite des Bootes kein Wasserdruck und folglich erfährt das Boot keine Auftriebskraft. Es kann also nicht mehr im Wasser aufsteigen. Hierbei ist anzunehmen, dass nur ein geringer Anteil der befragten Kinder das komplexe physikalische Thema derart durchdrungen hat, um diese Anwendungsaufgabe beantworten zu können.

Alle Situationen, die durch die interviewende Person auf dem Meeresplakat dargestellt werden, orientieren sich an einer einheitlichen Darstellungsweise. Wenn das U-Boot beispielsweise auf der Tauchstufe 1 liegt, wird senkrecht an die Oberseite des Bootes der nach unten gerichtete Druckpfeil der Tauchstufe 1 gelegt. An die Unterseite des Bootes wird senkrecht der nach oben gerichtete Druckpfeil der Tauchstufe 2 platziert. Zur besseren Visualisierung werden die zwei Druckpfeile anschließend von der Ober- und Unterseite entfernt und senkrecht nebeneinander an

die rechte Bootseite gelegt. Die Differenz der zwei Druckpfeile wird immer durch den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil dargestellt. Der nach unten gerichtete Pfeil für die Erdanziehungskraft wird parallel zu dem Auftriebskraftpfeil ausgerichtet. Damit der Unterschied zwischen dem Erdanziehungs- und Auftriebskraftpfeil erkennbar ist, werden die Pfeile an der Oberseite bündig nebeneinandergelegt. Durch die einheitliche Darstellung auf dem Meeresplakat soll den Kindern das thematische Verständnis weiter erleichtert werden.

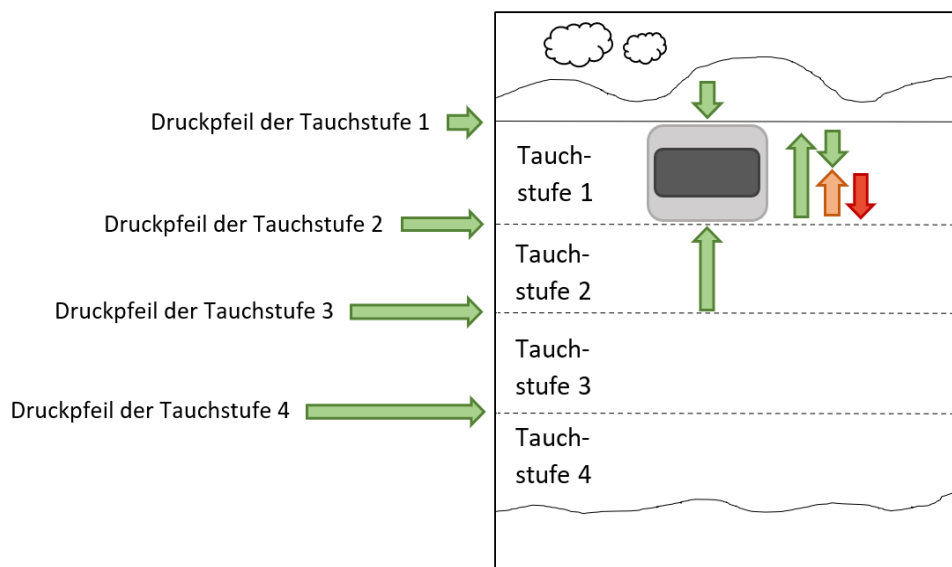


Abb. 9: Einheitliche Darstellung für den schwebenden Zustand des U-Bootes

Aus diesen drei Inhaltsblöcken resultiert ein gemeinsames Interviewschema, welches mit allen Lernenden gleichermaßen durchgeführt wird. Der Wortlaut der drei Informationsangebote ist folglich bei jedem Kind identisch, nur die Antworten der Kinder und die Zwischenfragen sind individuell. Dieses Befragungsschema der Akzeptanzinterviews soll im folgenden Kapitel weiter thematisiert werden. Die Formulierung der Informationsangebote ist an das Alter der Lernenden angepasst, weshalb einige physikalische Begrifflichkeiten alltagssprachlich verwendet werden. So wird im vorliegenden Schema von Erdanziehungskraft anstatt Gewichtskraft und von Gegenständen anstatt Körpern gesprochen.

5.2 Befragungsschema der Akzeptanzinterviews

Materialien der Befragung:

- Einstiegsbild,
- Meeresplakat,
- U-Bootquerschnitt,
- Beladungsflächen (schwarz),
- Kraftpfeilsymbole mit Aufschrift (Druckkraft (grün), Auftriebskraft (orange), Erdanziehungskraft (rot)),
- Merktzettel,
- Zwei gleichgroße Plastikflaschen,
- Druckdose mit zwei blauen Latexmembranen,
- Zwei sandgefüllte Dosen.

Erklärung zur Erdanziehungskraft und zum Wasserdruck:

Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot unter Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das verstehst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran eben nicht verstehst oder komisch findest?

Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser.

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser

schwimmen und sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen.

Weißt du, was ein U-Boot ist?

Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*Einstiegsbild mit skizziertem U-Boot und unterschiedlich langen Pfeilen vorlegen*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die blauen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten auf das Boot (*Mit dem Finger auf die Pfeile deuten*).

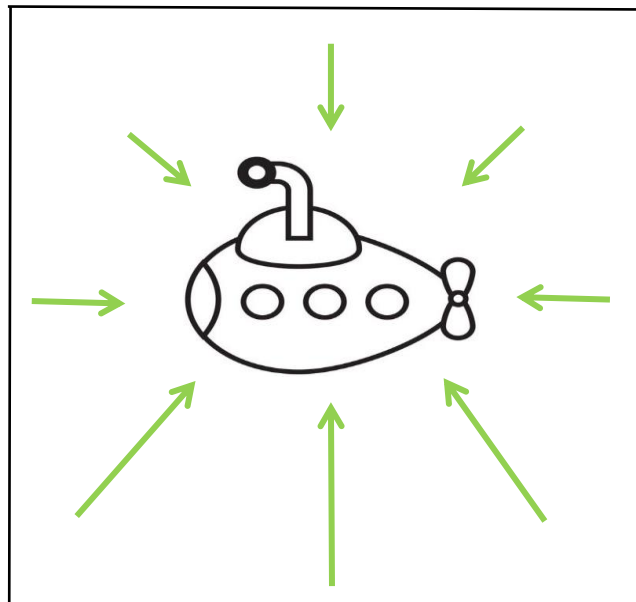


Abb. 10: Einstiegsbild

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto stärker wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Je tiefer man sich also unter Wasser befindet, desto größer ist der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser, drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben.

Akzeptanz:

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

Paraphrasieren:

Kannst du mir mit deinen eigenen Worten wiedergeben, was ich dir gerade über die Erdanziehungskraft erklärt habe?

Kannst du nun mit deinen eigenen Worten die Erklärung zum Druck im Wasser wiedergeben?

Überprüfung der Erdanziehungskraft:Aufgabe 1 (A1):

Ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet. Nimm jeweils eine Flasche in die Hand. Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?

- Begründung geben lassen.
- Warum musst du mit deiner einen Hand die schwere Flasche stärker nach oben drücken als die leichte Flasche?
- Begründung geben lassen.

Überprüfung des Wasserdruckes und dessen Tiefenabhängigkeit:Aufgabe 2 (A2):

Teil 1: Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden. Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose nun horizontal in das Wasser eintauche? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Flächen beobachten können?

- Hypothese aufstellen lassen und den Versuch anschließend durchführen (*Druckdose horizontal in das Wasser eintauchen*).

Teil 2:

- Begründung für das Versuchsergebnis geben lassen.

Aufgabe 3 (A3):

Teil 1: Was wird mit der Dose passieren, wenn ich sie nun umdrehe und senkrecht in das Wasser eintauche?

- Hypothese aufstellen lassen und den Versuch anschließend durchführen (*Druckdose senkrecht in das Wasser eintauchen*).

Teil 2:

- Begründung für das Versuchsergebnis geben lassen.

Aufgabe 4 (A4):

Teil 1: Achte genau auf die blauen Seitenflächen. Was wirst du beobachten, wenn ich die Dose senkrecht noch tiefer in das Wasser eintauche?

- Hypothese aufstellen lassen und den Versuch anschließend durchführen (*Druckdose senkrecht tiefer in das Wasser eintauchen*).

Teil 2:

- Begründung für das Versuchsergebnis geben lassen.

Erklärung zur Entstehung der Auftriebskraft:

Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen. Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief (*Meeresplakat vorlegen*). Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot (*U-Boot Querschnitt auf Tauchstufe 2 platzieren und die schwere Beladungsfläche darauflegen*). Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Diese Fläche füllt gerade das gesamte U-Boot aus, weshalb das U-Boot sehr schwer ist. Es gibt aber

auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht (*Mit dem Finger auf die kleine Beladungsfläche deuten*) und diese Fläche ist nicht ganz schwer (*Mit dem Finger auf die mittlere Beladungsfläche deuten*), aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot (*Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite des U-Bootes legen*). Die Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*Mit dem Finger auf das Einstiegsbild deuten*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für die Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*Den Pfeil von der Oberseite des Bootes entfernen und ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2 legen. Anschließend den Pfeil zurück an die Oberseite des Bootes legen*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*Den Pfeil von der Unterseite des Bootes entfernen und ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3 legen. Anschließend den Pfeil zurück an die Unterseite des Bootes legen*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*Mit dem Finger auf die Unterseite des Bootes deuten*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*Mit dem Finger auf die Oberseite des Bootes deuten*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merktzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*Mit dem Finger auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe auf dem Merktzettel deuten*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 größer, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*Mit dem Finger auf den Druckpfeil der 2. Tauchstu-*

fe auf dem Merktzettel deuten). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals größer, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist *(Mit dem Finger auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe auf dem Merktzettel deuten)*.

So, schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen die Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben *(U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche verschieben und anschließend wieder auf der Tauchstufe 2 platzieren)*. Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen *(Beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes entfernen, senkrecht nebeneinander an das Boot legen und einen nach oben gerichteten orangenen Pfeil als Differenz ergänzen)*. Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Spitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet.

Nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größere Wasserdruck herrscht. Es bleibt eine nach oben wirkende Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Akzeptanz:

Wie findest du die Erklärung zur Entstehung der Auftriebskraft? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

Paraphrasieren: Kannst du mit deinen Worten erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht? *(Das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat entfernen und die Materialien neben das Plakat legen)*.

Überprüfung:Aufgabe 5 (A5):

Teil 1: Wenn ich diese mit Sand gefüllte Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*Dose unter Wasser loslassen*). Warum steigt die Dose im Wasser auf?

- Begründungen geben lassen.

Teil 2: Kannst du deine Erklärung auch auf dem Meeresplakat mit den Kraftpfeilen darstellen? Angenommen die Dose ist das U-Boot auf dem Plakat (*Meeresplakat, U-Boot und Kraftpfeile vorlegen*).

Erklärung zum Zusammenwirken der Erdanziehungs- und Auftriebskraft:

(*Das schwer beladene U-Boot auf der Tauchstufe 2 platzieren, den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 senkrecht neben das Boot legen und als Differenz der Druckpfeile den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil ergänzen.*). Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Hierfür habe ich rote Pfeile vorbereitet. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen (*Längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat legen*). Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass der Erdanziehungspfeil immer nach unten gerichtet ist und die Spitze des Auftriebspfeils nach oben schaut (*Mit dem Finger auf den längsten Erdanziehungspfeil auf den Merktzettel deuten*). Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist also größer als die Auftriebs-

kraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (*Boot bis auf den Meeresgrund verschieben und anschließend das Boot wieder auf der Tauchstufe 2 platzieren*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*Schwere Beladungsfläche mit der geringen Beladungsfläche austauschen*). Dadurch das unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch nur weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*Langen Erdanziehungspfeil durch den kleinen roten Pfeil austauschen und nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil legen*). Schauen wir jetzt die Unterschiede der beiden Kraftpfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebspfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*Boot bis zur Wasseroberfläche verschieben und anschließend wieder auf der Tauchstufe 2 platzieren*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*Geringe Beladungsfläche mit der mittleren Beladungsfläche austauschen*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*Kurzen Erdanziehungspfeil mit dem mittellangen Erdanziehungspfeil austauschen und nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil legen*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*Boot nicht verschieben*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Akzeptanz:

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

Paraphrasieren:

Kannst du mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann? *(Das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat entfernen und die Materialien neben das Plakat legen).*

Überprüfung der Erdanziehungs- und Auftriebskraft:Aufgabe 6 (A6):

Teil 1: Schau mal, ich habe noch eine andere Dose mit Sand für dich vorbereitet. Diese Dose ist jedoch schwere als die Vorherige. Diese Dose werde ich ebenfalls im Wasser loslassen. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?

- Begründung geben lassen *(Dose unter Wasser loslassen).*

Teil 2: Diese Dose ist auf den Gefäßboden gesunken. Warum sinkt diese Dose auf den Boden?

- Begründung geben lassen.

Teil 3: Welche Kräfte sind daran beteiligt? Zeige mir diese anhand des Meeresplakats und den Kraftpfeilen *(Meeresplakat, U-Boot und Kraftpfeile vorlegen).*

Überprüfung des Aufsteigens und Schwimmens eines U-Bootes

Jetzt sind wir schon beim letzten Schritt angekommen. Gleich hast du es geschafft. Ich habe nur noch drei Fragen an dich.

Aufgabe 7 (A7):

Wir haben folgende Situation: Ein U-Boot schwebt im Wasser *(U-Boot mit mittlerer Beladung auf dem Meeresplakat auf Tauchstufe 2 platzieren, den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot legen, den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile platzieren und den mittleren nach unten gerichteten)*

teten Erdanziehungspfeil danebenlegen). Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?

Aufgabe 8 (A8):

Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?

- Begründung geben lassen.

Aufgabe 9 (A9):

Ein U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm (*U-Boot mit leichter Beladung auf den Meeresgrund legen*). Es soll auftauchen. Trotz dem leichten Gewicht des Bootes steigt es nicht auf. Hast du eine Erklärung dafür?

- Begründung geben lassen.

5.3 Durchführung der Akzeptanzinterviews

Die praktische Umsetzung der Akzeptanzinterviews erfolgte in einer vierten Klassenstufe, wobei ich während der Durchführung als Interviewerin fungierte. Die Grundschule war mir bereits durch mein Schulpraktisches Studium bekannt. Die Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse habe ich fünf Wochen durch den Schulalltag begleitet, weshalb ich mit den einzelnen Kindern und deren Arbeits- und Sozialverhalten vertraut war. Die Klasse bestand aus 18 Schülerinnen und Schülern, welche sich aus 10 Jungen und 8 Mädchen zusammensetzte. Sie wies einen hohen Migrationsanteil auf, weshalb viele Kinder Probleme mit der richtigen deutschen Aussprache und dem korrekten Satzbau hatten.

Die Umsetzung erfolgte direkt im Anschluss an die hessischen Sommerferien. Innerhalb von einer Woche habe ich mit insgesamt zwölf Kindern die Interviews durchge-

führt. Um alle Bedingungen der Forschungsmethode zu erfüllen, fand dies in Einzelarbeit mit den Schülerinnen und Schülern statt. Aus der Klasse wurden durch Rücksprache mit der Klassenlehrkraft drei leistungsschwache, drei mittelmäßige und drei leistungsstarke Kinder ausgewählt. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, dass der Anteil an Schülern und Schülerinnen annähernd gleich ist, weshalb jeweils sieben Jungen und fünf Mädchen an der Befragung teilnahmen. Nach Auskunft der Fachlehrkraft besaßen die Schülerinnen und Schüler vor Befragungsbeginn keine erwähnenswerten Vorerkenntnisse zum Schwimmen und Sinken von Körpern, da das Thema „Auftrieb“ im Sachunterricht noch nicht behandelt wurde. Die folgende Tabelle zeigt, wie die Leistungsfähigkeit der einzelnen Kindern von der Lehrkraft eingeschätzt wurde. Leistungsstarke Kinder sind in den folgenden Abschnitten mit drei Sternchen, mittelmäßige Kinder mit zwei Sternchen und leistungsschwache Kinder mit einem Sternchen gekennzeichnet (Burde, 2018).

Tab. 1: Übersicht über die eingeschätzte Leistungsfähigkeit der Kinder

Eingeschätzt als leistungsstark	Eingeschätzt als mittelmäßig	Eingeschätzt als leistungsschwach
Schüler A ***	Schüler E **	Schülerin I *
Schüler B ***	Schülerin F **	Schüler J *
Schülerin C ***	Schüler G **	Schülerin K *
Schülerin D ***	Schüler H **	Schülerin L *

Die Einzelinterviews wurden ohne weitere Lehrkraft der Schule in dem angrenzenden Differenzierungsraum des Klassenzimmers der vierten Klasse durchgeführt. Dadurch wurde erreicht, dass sich die Kinder lediglich auf mich konzentrierten und kein Leistungsdruck durch die teilnehmende Klassenlehrerin entstand. Der Raum war mit einem großen rundem Tisch in der Mitte versehen, sodass ich bevor die Schülerinnen und Schüler zur Befragung erschienen, die notwendigen Vorkehrungen für die Experimente treffen konnte. Das Kind und ich saßen während der Durchführung nebeneinander, wodurch ein gemeinsamer Blick auf das Meeresplakat und die Experimente ermöglicht wurde. Eine Interviewdauer variierte dabei zwischen 20 und 35 Minuten.

Damit im Anschluss an die Akzeptanzinterviews die Inhalte analysiert und ausgewertet werden können, wurden alle Befragungen mit Hilfe eines Aufnahmegerätes aufgezeichnet und anschließend transkribiert, sprich das Auditive in schriftliche Form übertragen. Diese Transkriptionen dienten als Grundlage für die Analyse und den Vergleich der zwölf Befragungen, um so mögliche aufgetretene Lernhürden problemloser identifizieren zu können (Burde, 2018). Im Rahmen der Akzeptanzbefragungen lag der Fokus der Transkriptionen auf der „detailgetreuen Rekonstruktion der Gesprächsinhalte [...], während darüberhinausgehende Aspekte wie umgangssprachliche Ausdrücke oder Dialekte im Sinne einer guten Lesbarkeit „geglättet“ wurden.“ (Burde, 2018, S. 129). Demzufolge orientieren sich die Transkriptionen an folgenden Transkriptionsregeln von Dresing und Pehl (2016):

1. „Es wird wörtlich transkribiert, also nicht lautsprachlich oder zusammenfassend. Vorhandene Dialekte werden möglichst wortgenau ins Hochdeutsche übersetzt. Wenn keine eindeutige Übersetzung möglich ist, wird der Dialekt beibehalten, zum Beispiel: Ich gehe heuer auf das Oktoberfest.
2. Wortverschleifungen werden nicht transkribiert, sondern an das Schriftdeutsch angenähert. Beispielsweise „Er hatte noch so’n Buch genannt“ wird zu „Er hatte noch so ein Buch genannt“ und „hamma“ wird zu „haben wir“. Die Satzform wird beibehalten, auch wenn sie syntaktische Fehler beinhaltet, beispielsweise: „bin ich nach Kaufhaus gegangen“.
3. Wort- und Satzabbrüche sowie Stottern werden geglättet bzw. ausgelassen, Wortdoppelungen nur erfasst, wenn sie als Stilmittel zur Betonung genutzt werden: „Das ist mir sehr, sehr wichtig.“. „Ganze“ Halbsätze, denen nur die Vollendung fehlt, werden jedoch erfasst und mit dem Abbruchzeichen / gekennzeichnet.
4. Interpunktion wird zu Gunsten der Lesbarkeit geglättet, das heißt bei kurzem Senken der Stimme oder uneindeutiger Betonung wird eher ein Punkt als ein Komma gesetzt. Dabei sollen Sinneinheiten beibehalten werden.
5. Pausen werden durch drei Auslassungspunkte in Klammern (...) markiert.
6. Verständnissignale des gerade nicht Sprechenden wie „mhm, aha, ja, genau, ähm“ etc. werden nicht transkribiert. AUSNAHME: Eine Antwort besteht NUR

aus „mhm“ ohne jegliche weitere Ausführung. Dies wird als „mhm (bejahend)“, oder „mhm (verneinend)“ erfasst, je nach Interpretation.

7. Besonders betonte Wörter oder Äußerungen werden durch GROSSSCHREIBUNG gekennzeichnet.
8. Jeder Sprecherbeitrag erhält eigene Absätze. Zwischen den Sprechern gibt es eine freie, leere Zeile. Auch kurze Einwürfe werden in einem separaten Absatz transkribiert. [...]
9. Emotionale nonverbale Äußerungen der befragten Person und des Interviewers, die die Aussage unterstützen oder verdeutlichen (etwa wie lachen oder seufzen), werden beim Einsatz in Klammern notiert.
10. Unverständliche Wörter werden mit (unv.) gekennzeichnet. Längere unverständliche Passagen sollen möglichst mit der Ursache versehen werden (unv., Handystörgeräusch) oder (unv., Mikrofon rauscht). Vermutet man einen Wortlaut, ist sich aber nicht sicher, wird das Wort bzw. der Satzteil mit einem Fragezeichen in Klammern gesetzt. Zum Beispiel: (Xylomethanolin?). [...].
11. Die interviewende Person wird durch ein „I:“, die befragte Person durch ein „B:“ gekennzeichnet. [...].“ (Dresing & Pehl, 2016, S. 21f.).

5.4 Auswertung der Akzeptanzinterviews

Zu Beginn der Auswertung wird die allgemeine Akzeptanz grundlegender Ideen des Auftriebs untersucht. Anschließend wird überprüft, inwiefern die befragten Kinder imstande waren, „die Grundideen der zuvor gehörten Erklärung eigenständig wiederzugeben.“ (Burde, 2018, S. 131). In einem letzten Schritt der Auswertung wird die Fähigkeit der Lernenden ermittelt, ihr neu erworbenes Wissen auf die dazugehörigen Anwendungsaufgaben zu übertragen (Burde, 2018). Die Grundlage für diese Auswertung bilden die transkribierten Akzeptanzinterviews, welche vollständig im Anhang aufgelistet sind. Zusätzlich sind im Anhang exemplarische Interviewpassagen zu gelungenen Paraphrasierungen und guten Antworten der Anwendungsaufgaben ergänzt.

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der Akzeptanzabfrage dargestellt werden und die erste mit der Akzeptanzbefragung verbundene Fragestellung „*Akzeptieren die Schülerinnen und Schüler die Grundideen hinter dem Auftrieb?*“ beantwortet und analysiert werden.

Die Akzeptanz der Lernenden wird durch die Kodierung der relevanten Textpassagen auf einer dreistufigen Skala dargestellt. Dabei wird „zwischen vollständiger Akzeptanz, eingeschränkter Akzeptanz und keiner Akzeptanz der vorgetragenen Erklärungen unterschieden, die wie folgt definiert wurden“ (Burde, 2018, S. 131):

- Vollständige Akzeptanz: Das Kind akzeptierte das von der Interviewerin geäußerte Informationsangebot bedingungslos.
- Eingeschränkte Akzeptanz: Das Kind akzeptierte die Erklärung der Interviewerin nur bedingt und war folglich mit einzelnen Teilen der Erklärung unzufrieden.
- Keine Akzeptanz: Das Kind konnte dem vorgetragenen Informationsangebot der Interviewerin nicht folgen und akzeptierte demnach die Grundideen des Auftriebs nicht umfänglich.

Die gefundenen Ergebnisse sind in Tab. 2 dargestellt. Eine vollständige Akzeptanz der Erklärung durch das Kind wird in der Tabelle mit Grün und dem Zahlenwert 0, eine eingeschränkte Akzeptanz mit Gelb und dem Zahlenwert 0,5 und keine Akzeptanz des Kindes mit Rot und dem Zahlenwert 1 kodiert. Um weitere Informationen über die durchschnittliche Akzeptanz der Befragten und den Einheiten zu erhalten, wird zu jedem Kind und zu jeder Einheit ein Durchschnittswert auf Grundlage der Zahlenwerte ermittelt. Die Schülerinnen und Schüler sind mit einer bestimmten Anzahl von Sternen versehen, welche für die von der Klassenlehrerin eingeschätzte Leistungsfähigkeit der Kinder steht. Leistungsstarke Kinder sind mit drei, mittelmäßige Kinder mit zwei und leistungsschwache Kinder mit einem Stern gekennzeichnet (Burde, 2018).

Tab. 2: Übersicht über den Grad der Akzeptanz

SuS	EK.	WD.	AK.	EK. & AK.	Mittelwert
A ***	0	0	0,5	0	0,1
B ***	0	0	0	0	0
C ***	0	0	0	0	0
D ***	0	0	0	0	0
E **	0	0	0	0	0
F **	0	0	0	0	0
G **	0	0	0	0	0
H **	0	0	0	0	0
I *	0	0	1	1	0,5
J *	0	0	0	0	0
K *	0	0	0	0	0
L *	0	0	0	0	0
Mittelwert	0	0	0,1	0,1	

Die Akzeptanzabfrage verdeutlicht, dass die befragten Schülerinnen und Schüler mit den Grundideen des Auftriebs überwiegend zufrieden waren und die gehörten Erklärungen akzeptierten. Volle Akzeptanz aller Lernenden zeigte sich für die Erklärungen zur Erdanziehungskraft (EK.) und zum Wasserdruck (WD.), wohingegen vereinzelte Schwierigkeiten bei der Akzeptanz zum Auftrieb (AK.) und zum Zusammenwirken der Erdanziehungs- und Auftriebskraft (EK. & AK.) auftraten. Diese Ergebnisse sind überraschend, da zur Erklärung der Erdanziehungskraft im Gegensatz zu den anderen Einheiten keinerlei Anschauungsmaterialien herangezogen wurde und trotz dessen diese Einheit von den Lernenden durchweg akzeptiert wurde. Bei Schüler A *** und Schülerin I * stieß die Erklärung zur Auftriebskraft auf Probleme. Beide Kinder gaben an, dass sie den Auftriebskraftpfeil nicht vollständig verstehen, was vermutlich mit der zuvor unbekannten Einführung des Meeresplakates und dessen Symbolen zusammenhängt. Schüler A *** war allerdings in der Lage, seine Frage ohne weitere Erklärung seitens der Interviewerin eigenständig zu beantworten. Die Interviewerin musste dahingehen das Informationsangebot zum Auftrieb für Schü-

lerin I * nochmals kleinschrittig wiederholen. Aus diesem Grund wurde bei Schülerin I * keine Akzeptanz und bei Schüler A *** eine eingeschränkte Akzeptanz festgestellt. Dieses Ergebnis spiegelte sich ebenfalls bei der Erklärung zum Zusammenwirken der Erdanziehungs- und Auftriebskraft wider. Trotz intensiver Erklärung und Verwendung der Erdanziehungskraftpfeilen während des gesamten Informationsangebotes, blieb bei Schülerin I * das Verständnis zu diesem Symbol aus. Demnach kann davon ausgegangen werden, dass die Schülerin die Erklärung zum Zusammenwirken der Erdanziehungs- und Auftriebskraft nicht verstanden hat und folglich keine Akzeptanz vorliegt.

„Ein abschließender Blick auf die Gesamtakzeptanz der gegebenen Erklärungen zeigt“ (Burde, 2018, S. 133), dass kein Themenblock auf große Ablehnung bei den Schülerinnen und Schülern stieß und folglich zehn der zwölf befragten Kinder die Erklärungen vollständig akzeptierten. Hierbei muss allerdings erwähnt werden, dass die Schülerinnen und Schüler keine explizite Kritik an den Erklärungen äußerten oder auf besonders hilfreiche Visualisierungen oder Teile der Erklärungen verwiesen. Des Weiteren antworteten die Lernenden auf die Frage nach dem Verständnis oder der Bewertung der Erklärung oftmals nur mit den Worten: „Ich verstehe alles“ oder „Gut“. Aus diesem Grund wurde die Einteilung über den Grad der Akzeptanz aus den Antworten und Reaktionen der Schülerinnen und Schüler abgeleitet.

Nach der Abfrage der Akzeptanz der Lernenden zu den Grundideen des Auftriebs wurden die Kinder dazu aufgefordert, die gehörten Erklärungen in eigenen Worten wiederzugeben. Die Paraphrasierungen „wurden auf einer dreistufigen Skala kodiert“ (Burde, 2018, S. 133), wobei zwischen einer gelungenen, befriedigenden und mangelhaften Paraphrasierung klassifiziert wurde. Daraus ergab sich folgende Einteilung:

- Gelungene Paraphrasierung: Das Kind konnte alle Inhalte korrekt paraphrasieren, auch wenn vereinzelt Fachbegriffe fehlten.
- Befriedigende Paraphrasierung: Das Kind konnte die wesentlichen Inhalte im Großen und Ganzen korrekt wiedergeben, wobei Teilaspekte inhaltlich falsch zusammengefasst oder vergessen wurden. Hierbei wurden teilweise kleine Hilfestellungen angeboten, um die Paraphrasierung weiter zu spezifizieren.

- Mangelhafte Paraphrasierung: Das Kind konnte die inhaltlichen Aspekte größtenteils nicht korrekt darlegen, auch nachdem die Interviewerin die Erklärungen nochmals wiederholte.

Die so herausgearbeiteten Bewertungen der Paraphrasierungen sind in der Tab. 3 dargelegt. Die gelungenen Paraphrasierungen wurden hierbei mit der Farbe Grün und dem Zahlenwert 0, die befriedigenden Paraphrasierungen mit Gelb beziehungsweise dem Zahlenwert 0,5 und die mangelhaften Paraphrasierungen mit Rot und dem Wert 1 gekennzeichnet. Um auch hier Angaben über „die durchschnittliche Qualität der Paraphrasierungen eines [Kindes beziehungsweise] einer Einheit“ (Burde, 2018, S. 134) zu erhalten, wurde aus allen Zahlenwerten ein Mittelwert berechnet. Die Sterne in der Spalte der Schülerinnen und Schüler stehen erneut für die eingeschätzte Leistungsfähigkeit der Kinder. Dementsprechend sind leistungsstarke Kinder mit drei, mittelmäßige Kinder mit zwei und leistungsschwache Kinder mit einem Stern gekennzeichnet (Burde, 2018).

Tab. 3: Übersicht über die Bewertung der Paraphrasierungen

SuS	EK.	WD.	AK.	EK. & AK.	Mittelwert
A ***	0	0	0	0	0
B ***	1	1	0,5	0	1
C ***	0	0	0,5	0,5	0,3
D ***	0	0	0	0,5	0,1
E **	0	0	0	0	0
F **	0	1	0,5	0	0,4
G **	0	0	0	0,5	0,1
H **	0	0	0	0	0,0
I *	0,5	0,5	0	0	0,3
J *	1	0	0	0	0,3
K *	1	0	0	0,5	0,4
L *	0	0	0,5	0,5	0,3
Mittelwert	0,3	0,2	0,2	0,2	

Die befragten Schülerinnen und Schüler hatten größtenteils keine signifikanten Schwierigkeiten die gehörten Inhalte zu paraphrasieren. Vereinzelt waren die Lernenden sogar imstande, ohne zusätzliche Zwischenfragen der Interviewerin eine gelungene beziehungsweise befriedigende Erklärung zu äußern. Bei einer großen Anzahl von Lernenden war jedoch das Stellen von Nachfragen nötig, damit die Kinder ihre Aussagen vertieften und letztendlich eine gelungene oder befriedigende Erklärung äußerten. Einzig der Schüler B *** hatte schwerwiegende Probleme die Kernaussagen der Einheit „Erdanziehungskraft“ und „Wasserdruck“ zu erfassen und wiederzugeben. Obwohl die Lehrkraft dem Lernenden die zentralen Aussagen der beiden Einheiten nochmals wiederholte, war das Kind nicht in der Lage, die gehörten Erklärungen zusammenzufassen. Auch das Informationsangebot zur Entstehung des Auftriebs konnte er nicht vollständig wiedergeben. Dieses Verhalten ist besonders überraschend, da der Schüler von der Klassenlehrerin als leistungsstark eingeschätzt wurde. Des Weiteren zeigte der Schüler bei der Abfrage zur Akzeptanz keinerlei Unsicherheiten und gab an, alle Erklärung vollständig zu verstehen. Während der Schüler B *** anfänglich große Probleme hatte, konnte er die nachfolgende Erklärung zum Zusammenwirken der Erdanziehung- und Auftriebskraft angemessen paraphrasieren. Solche Situationen ließen sich ebenfalls bei den Kindern F **, J * und K * erkennen, welche trotz nochmaliger Wiederholung entweder die Erklärung zur Erdanziehungskraft oder zum Wasserdruck nicht versprachlichen konnten. Die weiteren Paraphrasierungen konnten jedoch auf Anhieb oder durch Nachfragen problemlos wiedergegeben werden. Auch diese Lernenden akzeptierten zuvor alle Informationsangebote, konnten sie allerdings anschließend nicht fehlerfrei wiederholen. Trotz dessen lässt sich sagen, dass jedes Kind mindestens zwei gehörte Erklärungen gelungen oder befriedigend wiedergeben konnte und folglich niemand während des gesamten Paraphrasierens große Unsicherheiten zeigte. Demnach lassen sich zwischen den Kindern sei es leistungsschwach, mittelmäßig oder leistungsstark keine nennenswerten Unterschiede erkennen.

Im folgenden Abschnitt werden die aufgetretenen Probleme beim Paraphrasieren innerhalb der einzelnen Einheiten genauer beleuchtet und mögliche Gründe für diese Schwierigkeiten herausgearbeitet. Die Einheit „Erdanziehungskraft“ löste bei

den Lernenden die größten Unsicherheiten aus, weshalb der Mittelwert dieser Einheit bei 0,3 liegt. Acht Kinder konnten die zentralen Inhalte gelingen, ein weiteres Kind befriedigend und die bereits bekannten Kinder B ***, J * und L * trotz zusätzlicher inhaltlicher Wiederholung überhaupt nicht paraphrasieren. Schülerin I * konnte sich nicht alle wichtigen Aspekte merken und vergaß die unterschiedliche Wirkung der Erde auf leichte beziehungsweise schwere Körper, weshalb seine Paraphrasierung als befriedigend eingestuft wurde. Des Weiteren behaupteten viele Schülerinnen und Schüler, dass schwere Körper nicht stärker von der Erde angezogen werden, sondern schneller. Der Grund für diesen Gedanken sind die vielen alltäglichen Erfahrungen und Beobachtungen der Kinder, die diese Vorstellung festigen. Auch wenn die Fallgeschwindigkeit nicht mit der Erdanziehungskraft, sondern mit dem Luftwiderstand zusammenhängt, wurden die Paraphrasierungen als gelungen klassifiziert. Der vergleichsweise hohe Mittelwert der Einheit „Erdanziehungskraft“ könnte der fehlende Visualisierung geschuldet sein. Bei allen weiteren Einheiten wurde während des Informationsangebotes entweder mit dem Einstiegsbild oder dem Meeresplakat gearbeitet. Daraus lässt sich schließen, dass die Behaltensleistung der Lernenden bei rein verbal geäußerten Erklärungen eher gering ist. Erst wenn die Lernenden mit konkreten Visualisierungen konfrontiert werden und auf Basis dieser Hilfestellungen die Inhalte erklärt werden, erhöht sich die Leistungsfähigkeit der Kinder.

Mit der Paraphrasierung der Grundideen zum Wasserdruck hatte die Mehrheit der Kinder keine Schwierigkeiten. Nichtsdestotrotz konnten zwei Lernende die inhaltlichen Aspekte nicht darlegen. Auch nachdem die Interviewerin die Erklärungen wiederholte und die Kinder anschließend zum Paraphrasieren aufforderte, waren sie nicht imstande, das Gehörte zusammenzufassen. Hierbei war auffällig, dass die Schülerin F ** den Druck des Wassers mit der Wassermenge gleichsetzte. Demnach argumentierte sie, dass der Wasserdruck an der Unterseite des Bootes größer ist, weil sich dort mehr Wasser befindet.

Auch die Einheit zur Entstehung der Auftriebskraft löste bei den Lernenden keine schwerwiegenden Probleme aus. Der Großteil der Kinder war fähig, die Erklärung gelungen wiederzugeben. Lediglich die Kinder B ***, C ***, F ** und L * wiederhol-

ten das Informationsangebot nicht umfänglich, weshalb ihre Paraphrasierungen als befriedigend klassifiziert wurden. Diese vier Lernenden erklärten die Entstehung der Auftriebskraft ausschließlich mit Hilfe der Längen der Druckpfeile. Demzufolge lautete die Paraphrasierung von beispielsweise Schülerin C *** wie folgt: „Also der untere Pfeil ist länger als der Obere (*B. zeigt auf den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3*). Und weil die Pfeile unterschiedlich lang sind, schiebt sich das Boot nach oben. Das ist dann die Auftriebskraft.“. Prinzipiell ist diese Erklärung nicht falsch, jedoch fehlt die Übertragung der Pfeillängen auf die Stärke des Wasserdruckes. Dieser entscheidende inhaltliche Aspekt blieb bei diesen Kindern unbeachtet, obwohl die Interviewerin explizit auf die Entstehung des Auftriebs durch die Druckunterschiede im Wasser einging. Des Weiteren musste die Interviewerin der Mehrheit der Schülerinnen und Schülern eine Nachfrage stellen, damit sie den Begriff „Auftriebskraft“ verwendeten. Die Komplexität der Begrifflichkeiten könnte ein Grund für die aufgetretenen Probleme darstellen. Demnach fiel es den Kindern leichter das Zustandekommen der Auftriebskraft mit Hilfe der verschiedenen Pfeillängen zu wiederholen als den abstrakten Begriff des Druckes zu verwenden.

Die letzte Einheit, die in diesem Rahmen näher betrachtet wird, ist die Einheit zum Thema „Erdanziehungs- und Auftriebskraft“. Auch hier konnten alle Befragten die Kernaussagen in eigenen Worten entweder gelungen oder befriedigend wiedergeben. Auffällig war jedoch, dass sowohl Schülerin C ***, Schülerin D ***, Schüler G ** als auch Schüler K * bei dem Paraphrasieren die Beladung beziehungsweise das Gewicht des Schiffes unbeachtet ließen. Das Gewicht beziehungsweise die Masse eines Körpers beeinflusst jedoch den Betrag der Auftriebskraft und demnach das Verhalten des Körpers im Wasser. Schüler L * paraphrasierte die Erklärung zum Aufsteigen eines Bootes wie folgt: „Wenn es ein leichtes U-Boot ist, dann muss die Erdanziehungskraft weg und das Boot geht nach oben.“. Daran erkennt man, dass Schüler L * die Wirkung der Erdanziehungskraft nicht umfänglich verstanden hat, in der vorherigen Akzeptanzabfrage jedoch genau das behauptete.

Auffallend war, dass bei den Kindern während den Einheiten stets dieselben Probleme beim Paraphrasieren auftraten. Sei es die fehlende Berücksichtigung des Gewichtes eines Körpers in Bezug auf die Einheiten „Erdanziehungskraft“ und „Erdan-

ziehungs- und Auftriebskraft“ oder die mangelnde Erklärung zur Entstehung der Auftriebskraft über die Druckunterschiede im Wasser. Diese Schwierigkeiten ließen sich bei den leistungsstarken, mittelmäßigen und leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern gleichermaßen feststellen. Obwohl die Kinder zuvor die geäußerten Erklärungen seitens der Interviewerin vollständig akzeptierten, traten diese Probleme beim Paraphrasieren auf. Daran wird deutlich, dass viele Kinder die Erklärungen nicht in vollem Maße verstanden haben, ihre Unsicherheiten diesbezüglich jedoch nicht mitteilten.

Nachdem sowohl Fragen zur Akzeptanz als auch Aufforderungen zum Paraphrasieren innerhalb der Themenblöcke gestellt wurden, schlossen sich jeweils Anwendungsaufgaben an, die „der Überprüfung des Konzeptverständnisses der [Schülerinnen und] Schüler diene[n].“ (Burde, 2018, S. 136). Die Antworten der Lernenden wurden ebenfalls auf einer dreistufigen Skala kodiert und folglich zwischen einer guten, einer befriedigenden und einer mangelhaften Beantwortung der entsprechenden Anwendungsaufgabe unterschieden (Burde, 2018). Die einzelnen Bewertungen wurden wie folgt definiert:

- Gute Antwort: Das Kind konnte die Aufgabe beziehungsweise Fragestellung ohne nennenswerte Schwierigkeiten und Hilfen lösen.
- Befriedigende Antwort: Das Kind wurde beim Lösen der Aufgabe durch kleine Hilfestellungen unterstützt und gab folglich unklare Antworten auf die Aufgabenstellungen, die durch Nachfragen spezifiziert wurden.
- Mangelhafte Antwort: Das Kind konnte die Aufgabe trotz Hilfestellungen und zusätzlichen Erklärungen nur falsch oder gar nicht lösen.

In der Tab. 4 sind die Bewertungen der Antworten dargelegt. Eine gute Antwort wurde mit Grün und dem Zahlenwert 0, eine befriedigende Antwort mit Gelb beziehungsweise dem Zahlenwert 0,5 und eine mangelhafte Antwort mit Rot und dem Zahlenwert 1 kodiert. Um genauere Informationen über die durchschnittliche Fähigkeit der einzelnen Kinder Aufgaben zu lösen aber auch eine Übersicht über die Antwortqualität der Aufgaben zu erhalten, wurde ein Mittelwert errechnet. Ergänzend wurde ein Index aller zu einer Einheit gehörenden Aufgaben bestimmt, welcher die Lösefähigkeit der Lernenden zu den vier übergeordneten Themenbereichen

darstellt. Dieser Index wurde auf der Grundlage aller Mittelwerte der Aufgaben einer Einheit berechnet. Auch hier stehen die Sterne für die von der Klassenlehrerin eingeschätzte Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler. Demnach sind die leistungsstarken Kinder mit drei, die mittelmäßigen Kinder mit zwei und die leistungsschwachen Kinder mit einem Stern gekennzeichnet (Burde, 2018).

Da sich die Aufgaben 2, 3 und 4 zur Einheit „Wasserdruck“ aus zwei Teilaufgaben zusammensetzen, sind diese Anwendungsaufgaben in der nachfolgenden Tabelle in zwei Spalten unterteilt. Hierbei mussten die Lernenden zu Beginn eine Hypothese über den Versuchsverlauf aufstellen und anschließend die Versuchsbeobachtungen begründen, weshalb eine gesonderte Betrachtung der einzelnen Teilaufgaben sinnvoll ist. Auch die Aufgaben 5 und 6 ähneln diesem Aufbau, indem die Lernenden eine Begründung zu einem Versuchsergebnis aufstellten und anschließend dieses Ergebnis am Meeresplakat darlegten. Zusätzlich mussten die Lernenden bei der Aufgabe 6 anfänglich eine Vorhersage über das eintretende Versuchsergebnis aufstellen, weshalb diese Aufgabe in der Tabelle mit zwei Spalten dargestellt wird. Nicht nur der zweite Aufgabenteil der Aufgabe 5 und der dritte Teil der Aufgabe 6 beinhalten die Arbeit mit dem Meeresplakat, sondern ebenfalls die Aufgabe 7. Zum leichteren Verständnis der Aufgaben kann nochmals ein Blick in das Unterkapitel 5.2 geworfen werden. Um diese Wissensanwendung am Meeresplakat detailliert darzustellen und die letzte mit der Akzeptanzbefragung verbundene Fragestellungen *„Können die Kinder die Verhaltensweisen eines U-Bootes im Wasser mit Kraftpfeilsymbolen auf einem Meeresplakat darstellen?“* zu beantworten, werden die genannten Aufgaben zu einem späteren Zeitpunkt separat dargestellt. Dementsprechend fehlen diese Aufgabenteile beziehungsweise Aufgaben in der Tab. 4.

Tab. 4: Übersicht über die Bewertung der Aufgabenlösefähigkeit

	EK.	WD.						AK.	EK. & AK.				M.
SuS	A1	A2		A3		A4		A5	A6		A8	A9	
		Teil 1	Teil 2	Teil 1	Teil 2	Teil 1	Teil 2	Teil 1	Teil 1	Teil 2			
A ***	0	0,5	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0,5	0,3
B ***	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3
C ***	0	0	0	0	0	1	0	0,5	0	0,5	0	1	0,3
D ***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1
E **	1	0	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0	1	0,3
F **	1	0	1	1	1	0	0	0,5	0	0,5	0	1	0,5
G **	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0	1	0,2
H **	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	1	0,1
I *	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0,5	0	1	0,4
J *	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0,5	0	1	0,3
K *	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0	1	0,3
L *	0	0	0	1	1	0	0	0,5	0	0,5	0	1	0,3
M.	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0	0,4	0	0,4	0	1	
Index	0,4	0,2						0,4	0,4				

Betrachtet man die Tabelle, erkennt man auf einen Blick, dass einige Schülerinnen und Schüler große Probleme bei dem Anwenden des neuen Wissens zeigten. Besonders Schüler B ***, Schülerin F ** und Schülerin I * hatten vergleichsweise größere Schwierigkeiten beim Lösen der Anwendungsübungen als der Rest der Befragten. Auch wenn Schüler B *** und Schülerin F ** einige Aufgaben fehlerfrei lösen konnten, „bestätigt sich in diesem Abschnitt das schon zuvor sich abzeichnende Bild“ (Burde, 2018, S. 137), wonach beide Lernenden mit den Anforderungen des Akzeptanzinterviews überfordert waren. Eine Verbindung zwischen der eingeschätzten Leistungsfähigkeit und der durchschnittlichen Fähigkeit der Kinder, ihr Wissen auf neue Sachverhalte zu übertragen, lässt sich nicht herstellen.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der vier Einheiten chronologisch analysiert. Die dargestellten Ergebnisse zur Erdanziehungskraft zeigen, dass fünf der zwölf befrag-

ten Schülerinnen und Schüler große Schwierigkeiten bei der Aufgabenlösung hatten. Die Kinder B ***, E **, F **, I *, und J * konnten die Verbindung zwischen dem Gewicht der Flasche und der Stärke der Erdanziehungskraft nicht herstellen. Auch nachdem die Interviewerin die wichtigsten inhaltlichen Aspekte zur Erdanziehungskraft wiederholte und explizit den Zusammenhang zwischen Gewicht und Kraft der Erde betonte, konnten die Lernenden die Erklärung nicht wiederholen. Einzig Schülerin F ** war in der Lage, die wiederholte Erklärung der Interviewerin auf den Versuchsaufbau zu übertragen. Diese Unsicherheiten der Kinder B ***, I * und J * ließen sich ebenfalls bei dem Paraphrasieren der Erklärung zur Erdanziehungskraft erkennen, weshalb möglicherweise das inhaltliche Verständnis zum korrekten Lösen der entsprechenden Anwendungsaufgabe fehlte. Im Gegensatz dazu konnten Schüler E ** und Schülerin F ** trotz gelungener Paraphrasierung zur Erdanziehungskraft ihr Wissen nicht auf das Experiment übertragen. Die restlichen sieben Lernenden hatten keinerlei Probleme beim Lösen der Anwendungsaufgabe und benötigten hierfür keine nennenswerten Hilfestellungen seitens der Interviewerin.

Die geringsten Schwierigkeiten hatten die Lernenden mit der Einheit rund um den Wasserdruck, was man an dem niedrigen Schwierigkeitsindex von 0,2 erkennen kann. Das korrekte Voraussagen des Versuchsergebnisses der Aufgabe 2 gelang sieben Schülerinnen und Schülern. Sie bemerkten auf Anhieb, dass das Wasser durch seine Druckkraft die Membranen der Druckdose nach innen eindrückt. Schüler A ***, Schüler G ** und Schülerin K * äußerten als erste Vermutung das Platzen oder nach außen Verformen der Membranen. Um ihre anfänglichen Vermutungen zu korrigieren, benötigten die Lernenden eine kurze Erinnerung hierbei mit dem Wasserdruck zu argumentieren. Durch diese Hilfestellung konnten sie die gesamte Aufgabe 2 korrekt lösen. Schülerin I * hatte mit dem ersten Aufgabenteil der Aufgabe 2 ebenfalls Probleme. Sie nahm an, dass die Dose im Wasser nach oben schwebt oder nach unten sinkt. Obwohl die Interviewerin mehrmals wiederholte, dass die Dose unter Wasser festgehalten wird, konnte keine Hypothese aufgestellt werden. Die korrekte Begründung für die gleichermaßen eingedrückten Membranen konnte der Großteil der Lernenden geben. Lediglich Schüler B ***, Schüler E ** und Schülerin F ** hatten diesbezüglich Probleme. Schüler E ** konnte durch den Verweis auf den

Wasserdruck zur korrekten Antwort geleitet werden, wohingegen Schülerin F ** trotz Hilfestellungen die Aufgabe nicht vollenden konnte. Sie antwortete auf die Frage, warum die Flächen eingedrückt werden, mit den Worten: „Weil viel Wasser drin ist.“. Auf eine vertiefende Rückfrage konnte die Schülerin keine Antwort geben, weshalb die Interviewerin die Versuchsbeobachtung dem Kind erklärte. Diese Argumentation auf Grundlage der Wassermenge spiegelt die Paraphrasierung des Kindes zum Wasserdruck wider. Auch hier versuchte die Schülerin die Stärke des Wasserdruckes mit der Wassermenge gleichzusetzen. Schüler B *** war ebenso mit der Aufgabe 2 überfordert und konnte trotz Hilfestellung und zusätzlicher Erklärung keine Vermutung und keine Begründung zu dem Versuchsergebnis aufstellen. Der erste Teil der Aufgabe 3 bereitete vier Lernenden Schwierigkeiten. Alle vier Kinder nahmen an, dass entweder nur die untere Membran eingedrückt oder zusätzlich die obere Membran nach außen gebeult wird. Nachdem der Versuch durchgeführt wurde, konnten zwei der Lernenden das Versuchsergebnis fehlerfrei erklären. Einzig Schülerin F ** und Schüler L * waren nicht imstande, eine korrekte Begründung aufzustellen und ihre vorherigen Aussagen zu korrigieren. Die gesamte Aufgabe 4 konnte von der Mehrheit der Schülerinnen und Schüler gelöst werden. Lediglich Schülerin C *** hatte Probleme bei dem Vorhersagen des Versuchsergebnisses. Nachdem der Versuch jedoch durchgeführt wurde, konnte sie eigenständig ihr Aussage korrigieren und fehlerfrei begründen. Trotz der vereinzelt aufgetretenen Schwierigkeiten konnten die Kinder ihr Wissen über den Wasserdruck auf die entsprechenden Anwendungsaufgaben übertragen. Daher kann die zweite mit der Akzeptanzbefragung verbundene Fragestellung: *„Verstehen die Kinder, dass das Wasser von allen Seiten auf einen im Wasser eingetauchten Körper wie beispielsweise ein U-Boot drückt und dieser Wasserdruck mit zunehmender Wassertiefe steigt?“* eindeutig bejaht werden. Die durchschnittlichen Mittelwerte der jeweils ersten Aufgabenteile der Aufgaben 2 und 3 sind in der Einheit zum Thema „Wasserdruck“ am höchsten. Daraus lässt sich schließen, dass die Lernenden mit dem Vorhersagen von Versuchsverläufen größere Probleme hatten als mit dem Begründen der Ergebnisse. Aus diesem Grund ist die durchschnittliche Fähigkeit die Aufgabe zu lösen bei den jeweils zweiten Teilen der Aufgaben 2 und 3 vergleichsweise geringer. Die Aufgaben 3 und 4 beziehen sich inhaltlich auf die Tiefenabhängigkeit des Wasserdruckes und

somit denselben Sachverhalt, weshalb der Mittelwert der Aufgabe 4 bei 0,1 und 0 liegt. Dieses Ergebnis ist jedoch nicht überraschend, da die Aufgaben aufeinander aufbauen und sich stark ähneln.

Bei der Aufgabe 5 zeigten sich bei sechs Lernenden leichte und bei zwei Schülerinnen und Schülern große Verständnisschwierigkeiten. Auf die Frage, warum die gering mit Sand befüllte Dose an die Wasseroberfläche steigt, antworteten diese sechs Kinder ohne Bezug zur wirkenden Auftriebskraft. Sie begründeten das Verhalten der Dose über deren leichtes Gewicht. Diese reine Erklärung auf Basis des Gewichtes ist an dieser Stelle nur bedingt richtig, weshalb die Antworten der Kinder als befriedigend eingestuft wurden. Das Gewicht der Dose trägt zum Verhalten des Körpers im Wasser bei. Jedoch sind die wirkenden Kräfte, in dem Fall die Auftriebskraft, für das Steigen der Dose verantwortlich. Daraus lässt sich ableiten, dass die Vorstellung, dass leichte Körper steigen und schwere Körper sinken trotz ausführlichem Informationsangebot bei einem Großteil der Kinder als Begründung herangezogen wurde und folglich tief in den Denkweisen der Kinder verankert ist. Der Lernende J * konnte keinerlei Erklärung für das steigende Verhalten der Dose finden, weshalb die Interviewerin direkt auf die Arbeit am Meeresplakat verwies. Der Schüler A *** führte zur Erklärung das Luftkonzept ein und erklärte das Verhalten der Dose mit den Worten: „Weil in ihr Luft ist und die Luft drückt die Dose hoch“. Demnach bezieht sich das Kind auf eine weit verbreitete Schülervorstellung. Die Schüler B ***, D ***, H ** und I * hingegen konnten ohne nennenswerte Hilfestellungen die Aufgabe lösen. Obwohl Schüler B *** und Schülerin I * in den vorherigen Aufgaben viele Unsicherheiten zeigten, waren sie überraschenderweise in der Lage, die Aufgabe korrekt zu erklären. Schüler B *** antwortete folgendermaßen: „Unten ist ja mehr Druckkraft als oben. Die Dose steigt wegen dem Auftrieb nach oben.“. Auch die weiteren drei Kinder erklärten das Verhalten der Dose im Wasser über die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Durchweg alle befragten Kinder konnten im Rahmen der 6. Aufgabe voraussagen, dass die Dose im Wasser sinkt. Obwohl im vorherigen Schritt der Akzeptanzbefragung sieben Kinder die Erklärung zum Sinkverhalten von Körpern gelungen paraphrasieren konnten, waren nur drei Lernende fähig, ihr Wissen auf den Versuchs-

aufbau zu übertragen. Schüler A ***, Schüler B *** und Schülerin D *** konnten die Beziehung zwischen Erdanziehung- und Auftriebskraft herstellen und begründeten das Sinkverhalten folgendermaßen: „Weil die Erdanziehungskraft da stärker ist als die Auftriebskraft.“. Die restlichen Schülerinnen und Schüler begründeten das Sinken wiederholt durch das schwere Gewicht der Dose. Hierbei ist auffallend, dass nur die leistungsstark eingeschätzten Kinder die Aufgabe korrekt lösen konnten.

Bei der Aufgabe 8 mussten die Schülerinnen und Schüler erklären, was mit einem Boot unter Wasser passiert, wenn es Gewicht verliert. Alle Kinder hatten mit dieser Aufgabe keinerlei Probleme und konnten ohne nennenswerte Unterstützungen die Aufgabe korrekt lösen. Sie wussten auf Anhieb, dass das Boot an die Wasseroberfläche aufsteigt und konnten folglich Gewicht, Erdanziehung- und Auftriebskraft ohne Probleme in Beziehung setzen.

Wohingegen sich die größten Schwierigkeiten bei der Aufgabe 9 abzeichneten, was durch den hohen Mittelwert von 1 zum Ausdruck gebracht wird. Lediglich Schüler A *** war in der Lage, durch kleine Hilfestellungen die korrekte Erklärung für die vorgestellte Situation zu finden. Die restlichen Lernenden konnten nicht erklären, warum das feststeckende Boot trotz leichtem Gewicht nicht mehr aufsteigen kann. Nachdem mit vielen Kindern herausgearbeitet wurde, dass das Boot keine Auftriebskraft erfährt und die Interviewerin nach möglichen Gründen fragte, antwortete die Mehrheit folgendermaßen: „Weil das Boot im Schlamm steckt.“. Zwei Kinder zogen zur Begründung die Erdanziehungskraft hinzu. Demnach antwortete Schülerin F ** mit den Worten: „Vielleicht muss die Erdanziehungskraft weg. Dann kann das Boot hoch gehen.“. Schülerin D *** gab folgende Erklärung: „Weil das Boot zu nah an der Erdanziehungskraft ist.“. Anhand dieser Antworten ist zu erkennen, dass die Lernenden die Wirkung der Erdanziehungskraft nicht vollständig verstanden haben. Die Antwort von Schülerin D *** war zu diesem Zeitpunkt überraschend, da sie die vorherigen Aufgaben durchweg richtig löste und folglich ein gewisses Verständnis zu dem physikalischen Thema aufgebaut hatte. Schüler H ** schloss bei den Anwendungsaufgaben mit einer Lösefähigkeit von 0,1 am besten ab, konnte die Aufgabenstellung jedoch nicht beantworten. Bei einigen Lernenden stellte die Interviewerin keine weiteren Zwischen- und Nachfragen, da anhand der vorherigen Auf-

gaben abgeleitet werden konnte, dass die Anwendungsaufgabe nicht korrekt vollendet werden kann. Mit diesem Ergebnis war jedoch zu rechnen, da zum Lösen dieser Übung ein tiefgehendes Verständnis zum Thema „Auftrieb“ vorhanden sein muss, welches nach dieser kurzer Zeit nicht bei allen Lernenden aufgebaut werden konnte.

Die dritte mit der Akzeptanzbefragung verbundene Fragestellung: *„Können die Grundschulkinder die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft so in Beziehung setzen, um über das Verhalten eines U-Bootes im Wasser entscheiden zu können?“* lässt sich mit einem resümierenden Blick auf die Aufgaben 6, 8 und 9 nicht eindeutig beantworten. Bei dem zweiten Teil der 6. Anwendungsaufgabe und der Aufgabe 9 schlossen die Lernenden auffallend schlecht ab und hatten folglich schwerwiegende Probleme die Auftriebskraft und Erdanziehungskraft in Beziehung zu setzen. Wohingegen die Aufgabe 8 von allen Lernenden ohne zusätzliche Hilfestellung gelöst werden konnte. Allerdings tragen nicht nur die bereits dargelegten Aufgaben zur Beantworten der Fragestellung bei, sondern auch die Anwendungsaufgaben an dem Meeresplakat. Aus diesem Grund wird zu einem späteren Zeitpunkt die Fragestellung nochmals aufgegriffen.

Wie bereits erwähnt, beinhalten drei Aufgaben beziehungsweise Aufgabenteile die Arbeit an dem sogenannten Meeresplakat. Für die Überprüfung des Konzeptverständnisses der Lernenden ist es entscheidend, welche Symbole die Kinder in welcher Position auf dem Plakat platzieren. Aus diesem Grund muss das Handeln mit dem Material detailliert betrachtet werden. In der Tab. 5 sind die zu analysierenden Aufgaben aufgelistet und jeweils in vier beziehungsweise fünf Spalten unterteilt. Hierbei steht je eine Spalte für ein Symbol auf dem Meeresplakat, welches von den Lernenden auf dem Material platziert werden musste. „B“ steht für das Boot und dessen Beladungsfläche, „1D“ für den von oben kommenden Druckpfeil, „2D“ für den von unten kommenden Druckpfeil, „AK“ für den Auftriebskraftpfeil und „EK“ für den Erdanziehungskraftpfeil. Bei der Aufgabe 7 wurde durch die Interviewerin eine Situation auf dem Meeresplakat dargestellt, die von den Schülerinnen und Schülern verändert werden musste. Hierbei sollten die Lernenden das Kräfteverhältnis verändern, indem sie die Beladung des Bootes und folglich den Erdanziehungskraftpfeil

anpassen. Da jedoch von einzelnen Kindern zusätzlich andere Symbole auf dem Plakat verändert wurden, sind diese ebenfalls in der nachfolgenden Tabelle dargelegt. Auch hier wurde die Arbeit an dem Meeresplakat „auf einer dreistufigen Skala kodiert, wobei entsprechend des Kodierleitfadens zwischen“ (Burde, 2018, S. 133) einer guten Darstellung, einer befriedigenden Darstellung und einer mangelhaften Darstellung unterschieden wurde. Die Klassifizierung wurde folgendermaßen definiert:

- Gute Darstellung: Das Kind konnte das Symbol ohne nennenswerte Schwierigkeiten und Hilfen an den korrekten Platz positionieren.
- Befriedigende Darstellung: Das Kind benötigte kleine Hilfestellungen, um ein falsch platziertes Symbol zu verbessern.
- Mangelhafte Darstellung: Das Kind konnte die Symbole nicht oder nur mit vergleichsweise vielen Nachfragen und Hilfestellungen korrekt positionieren.

Durch Nachfragen seitens der Interviewerin erläuterten einige Kinder ihre Anpassungen an der graphischen Darstellung. Um dennoch eine Vergleichbarkeit aller Lernenden zu gewährleisten, wurden die geäußerten Erklärungen nicht gewertet. Die so gesammelten Ergebnisse sind in der Tab. 5 abgebildet, wobei eine gute Darstellung mit Grün beziehungsweise dem Zahlenwert 0, eine befriedigende Darstellung mit Gelb und dem Zahlenwert 0,5 und eine mangelhafte Darstellung mit Rot und dem Zahlenwert 1 kodiert wurde. Für genauere Angaben wurde auch hier ein Mittelwert für die durchschnittliche Qualität der Darstellungen eines jeden Kindes und zu allen Symbolen einer Aufgabe bestimmt. Auf Grundlage dieser Mittelwerte wurde ergänzend ein Schwierigkeitsindex berechnet, welcher die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, die entsprechende Aufgabe zu lösen, darstellt. Die Sterne hinter den Buchstaben der einzelnen Kindern stehen auch hier für die eingeschätzte Leistungsfähigkeit der Lernenden. Demnach sind die leistungsstarken Kinder mit drei, die mittelmäßigen Kinder mit zwei und die leistungsschwachen Kinder mit einem Stern gekennzeichnet (Burde, 2018).

Tab. 5: Übersicht über die Bewertung der Arbeit am Meeresplakat

	AK.				EK. & AK.										M.
	A5				A6					A7					
	Teil 2				Teil 3										
SuS	B	1D	2D	AK	B	1D	2D	AK	EK	B	1D	2D	AK	EK	
A ***	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0,04
B ***	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0,04
C ***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0
D ***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0
E **	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	-	-	1	0,5	0,1
F **	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	-	-	-	0	0,04
G **	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0
H **	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0
I *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0,5	0	0,04
J *	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-	-	-	0	0,1
K *	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0,1
L *	0,5	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	-	-	1	1	0,3
M.	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,1	-	-	0,2	0,1	
Index	0,1				0,04					0,08					

Vergleicht man die Lösefähigkeit der Aufgaben an dem Meeresplakat, erkennt man, dass nur Schüler L * Unsicherheiten beim korrekten Platzieren der Symbole zeigte, während die restlichen Schülerinnen und Schüler keine schwerwiegenden Probleme beim Lösen der Aufgaben hatten. Die Mehrheit der rot eingefärbten Felder sind im unteren Drittel anzufinden. Folglich ist ein Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Fähigkeit eine Aufgabe zu lösen und der eingeschätzten Leistungsfähigkeit der Kinder zu erkennen. Fast alle Schwierigkeiten traten bei den leistungsschwach eingeschätzten Schülerinnen und Schülern auf. Ein möglicher Grund hierfür könnte sein, dass sich die leistungsstarken Kinder die verschiedenen Symbole und dessen Funktionsweisen auf dem Meeresplakat problemloser einprägen und in Beziehung setzen konnten. Die vorherigen Anwendungsaufgaben, bei denen die

verschiedenen Kräfte lediglich verbal in ein Verhältnis zueinander gesetzt wurden, konnten jedoch von den leistungsschwachen Kindern gleichermaßen gelöst werden. Die aufgetretenen Schwierigkeiten müssen folglich mit den vielen unterschiedlichen Symbole zusammenhängen, die die schwächeren Lernenden stärker überfordert haben.

Schülerin C *** und Schüler G ** zeigten keinerlei Schwierigkeiten beim Lösen der Anwendungsaufgaben an dem Meeresplakat und erreichten eine durchschnittliche Lösefähigkeit von 0. Auch die Schülerin D *** und der Schüler H ** platzierten durchweg alle Symbole korrekt auf dem Meeresplakat und lösten folglich alle Aufgaben fehlerfrei. Diese Ergebnisse der Kinder D *** und H ** sind jedoch nicht überraschend, da die Lernenden sowohl bei dem Lösen der weiteren Anwendungsaufgaben als auch beim Akzeptieren und Paraphrasieren der Erklärungen geringe bis keine Schwierigkeiten zeigten. Die Ergebnisse des Schülers B *** sind hingegen sehr überraschend. Obwohl er zuvor große Unsicherheiten bei dem Paraphrasieren und den weiteren Anwendungsaufgaben zeigte, löste er die Aufgaben an dem Meeresplakat durchweg ohne nennenswerte Hilfestellungen. Allgemein lässt sich feststellen, dass Lernende, die schwerwiegende Probleme beim Lösen der zuvor dargestellten Anwendungsaufgaben zeigten, die Arbeit am Meeresplakat sehr leichtfiel. Ein Beispiel hierfür sind die Kinder F ** und I *, die mit einem Mittelwert von 0,04 und 0,07 ebenfalls besonders gut abschlossen. Demnach lässt sich die letzte mit der Akzeptanzbefragung verbundene Fragestellung: *„Können die Kinder die Verhaltensweisen eines U-Bootes im Wasser mit Kraftpfeilsymbolen auf einem Meeresplakat darstellen?“* trotz vereinzelten Schwierigkeiten eindeutig mit einem ja beantworten.

Nachfolgend werden die aufgetretenen Schwierigkeiten beim Lösen der Aufgaben detailliert dargestellt. Vier von zwölf Kinder hatten bei der Positionierung des Bootes und dessen Beladung geringe bis schwerwiegende Probleme. Schüler A ***, Schüler B *** und Schüler L * platzieren das U-Boot jeweils mit der schweren anstatt der leichten Beladungsfläche auf der Tauchstufe. Nachdem die Interviewerin die Lernenden darauf aufmerksam machte, erkannten sie den Fehler und verbesserten ihn umgehend. Schüler J * hingegen war mit der Situation derart überfordert, dass er ohne Hilfe der Interviewerin die Arbeit an dem Meeresplakat nicht begon-

nen hätte. Nachdem die Interviewerin jedoch das Boot auf einer Tauchstufe platzierte und das Kind mit kleinen Hilfestellungen unterstützte, zeigte der Schüler im weiteren Bearbeitungsverlauf der Aufgabe 5 keinerlei Probleme mehr. Mit dem korrekten Darstellen der Druckkraftpfeile hatten lediglich Schülerin K * und Schüler L * Probleme. Schüler L * platzierte den Druckpfeil derselben Tauchstufe sowohl an der Unter- als auch an der Oberseite des Bootes. Folglich verstand der Schüler nicht, dass der Wasserdruck unterschiedlich stark auf einen Körper wirkt und demnach verschiedene Druckverhältnisse im Wasser herrschen. Diese Unsicherheit ließ sich ebenfalls bei der Anwendungsaufgabe 3 feststellen. Der Schüler war nicht in der Lage, die unterschiedlich starke Verformung der Membranen vorauszusagen und diese Beobachtung mit Hilfe der verschiedenen Drucke an der Unter- und Oberseite der Druckdose zu begründen. Nachdem die Interviewerin diesbezüglich eine Rückfrage stellte, verbesserte er allerdings den falsch positionierten Druckpfeil. Ein ähnliches Problem ließ sich bei Schülerin K * feststellen. Sie platzierte das Boot auf der Tauchstufe 3 und wählte beide Druckpfeile falsch aus. Hierbei legte sie den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Unterseite des Bootes und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 1 an die Oberseite des Bootes. Auch nach gezielter Nachfrage der Interviewerin war die Schülerin von ihrer Lösung überzeugt. Im Gegensatz zu Schüler L * verinnerlichte Schülerin K *, dass sowohl an der Unter- als auch an der Oberseite des Bootes unterschiedliche Drucke herrschen müssen, wählte hierfür jedoch die falschen Druckpfeile zur Visualisierung aus. Im weiteren Bearbeitungsverlauf der Aufgabe 5 platzierte lediglich Schüler L * den Auftriebskraftpfeil falsch. Er richtete den Pfeil nach unten aus. Dieser Fehler konnte jedoch durch eine Zwischenfrage der Interviewerin korrigiert werden. Die elf weiteren Schülerinnen und Schüler zeigten dabei keinerlei Probleme.

Bei der Aufgabe 6 sollten die Lernenden das Sinken der Dose auf dem Meeresplakat darstellen. Diese Aufgabenstellung schien den Lernenden mit einem Index von 0,04 nahezu keine Schwierigkeiten zu bereiten. Lediglich vier Lernende hatten geringe beziehungsweise schwere Probleme. Sowohl Schüler E ** als auch Schülerin F ** und Schüler L * richteten den Erdanziehungspfeil auf dem Meeresplakat verkehrt herum aus. Auch hier genügte eine kleine Hilfestellung, damit die drei Kinder den

Erdanziehungspfeil drehen und nach unten ausrichten. Der Schüler J * positionierte beide Druckpfeile nach oben gerichtet neben das Boot. Auch nachdem sich die Interviewerin nach der Korrektheit der Druckpfeile informierte, bestätigte der Junge seine Darstellung und nahm folglich keine Veränderung vor. Dem Schüler war nicht umfänglich bewusst, dass die Druckkräfte des Wassers auf die Wände eines Körpers wirken und demnach die Druckpfeile jeweils auf das U-Boot gerichtet sein müssen. Aus diesem Grund wurde seine Darstellung als mangelhaft klassifiziert. Überraschend war, dass die Lernenden L * und K * das Boot auf derselben Tauchstufe platzierten wie bei der Aufgabe 5. Dieses Mal waren sie jedoch in der Lage, die korrekten Druckpfeile an der Ober- und Unterseite des Bootes zu positionieren.

Die letzte Anwendungsaufgabe an dem Meeresplakat wurde von den Lernenden ebenfalls problemfrei gelöst, was an dem niedrigen Index der Aufgabe 7 zu erkennen ist. In der Aufgabe sollten die Lernenden den Zusammenhang zwischen Gewicht und Erdanziehungskraft und dem daraus resultierenden Verhalten eines Körpers im Wasser herstellen. Folglich sollten die Schülerinnen und Schüler die Beladung des Bootes und den Erdanziehungskraftpfeil auf dem Meeresplakat so verändern, dass das Boot im Wasser sinkt. Einzig der Schüler L * musste durch Nachfrage seitens der Interviewerin darauf aufmerksam gemacht werden, die Beladungen des Bootes auszutauschen. Alle zwölf Lernenden erkannten, dass die Druckpfeile des Wassers gleichbleibend sind und demzufolge nicht verändert werden müssen. Obwohl ebenso der Auftriebskraftpfeil unverändert hätte bleiben müssen, nahmen drei Schülerinnen und Schüler eine Veränderung vor. Sie drehten den Pfeil um, sodass er nach unten gerichtet war. Daran erkennt man, dass die Lernenden das Zustandekommen der Auftriebskraft nicht umfänglich verstanden haben, da sie annahmen, dass der Auftrieb ebenfalls nach unten wirken könnte. Auch der Kraftpfeil für die Erdanziehungskraft wurde von zwei Schülerinnen und Schülern umgedreht. Schüler E ** verbesserte den Fehler umgehend, wohingegen der Schüler L * schwerwiegendere Probleme zeigte. Er drehte sowohl den Auftriebskraftpfeil als auch den Erdanziehungskraftpfeil um, veränderte dabei jedoch die Länge des Erdanziehungspfeiles oder die Beladung des Bootes nicht. Erst durch zahlreiche Hilfen und Nachfragen war der Schüler letztendlich in der Lage, die korrekten Veränderungen vorzunehmen.

men. Auch hier ist eindeutig zu erkennen, dass die Schüler E ** und L * die Wirkung der Erdanziehungskraft nicht vollständig verinnerlicht haben, da diese Kraft Körper stets in Richtung des Erdmittelpunktes zieht und demnach nicht nach oben wirken kann.

Nach abschließender Auswertung aller Anwendungsaufgaben lässt sich nun die dritte Fragestellung im Rahmen des Akzeptanzinterviews beantworten: *„Können die Grundschulkinder die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft so in Beziehung setzen, um über das Verhalten eines U-Bootes im Wasser entscheiden zu können?“*. Wie bereits zuvor aufgezeigt, hatten die Lernenden zwar auffallend große Probleme beim Lösen des zweiten Teiles der Aufgabe 6, konnten jedoch das sinkende Verhalten der Dose größtenteils ohne Probleme an dem Meeresplakat darstellen und folglich die Erdanziehungs- und Auftriebskraft korrekt in Beziehung setzen. Die Aufgabe 7 konnte ebenfalls von dem Großteil der Kinder richtig gelöst werden, jedoch traten vereinzelt Schwierigkeiten bei dem Verständnis zur Richtung der Erdanziehungs- und Auftriebskraft auf. Daher kann an dieser Stelle an der Fähigkeit einiger Lernenden, die Erdanziehungs- und Auftriebskraft in Beziehung zu setzen, gezweifelt werden. Die Fragestellung lässt sich demnach nicht eindeutig bejahen oder verneinen.

Nachdem nun die aufgetretenen Schwierigkeiten während des Lösens der Anwendungsaufgaben an dem Meeresplakat aufgezeigt wurden, werden nun einige Auffälligkeiten dargelegt. Die Interviewerin stellte die verschiedenen Verhaltensweisen eines Körpers stets mit derselben Darstellung auf dem Meeresplakat dar. Hierbei wurde das U-Boot immer auf der Tauchstufe 2 platziert. Daher positionierte der Großteil der Lernenden das Boot ebenfalls auf der Tauchstufe 2. Lediglich die Kinder C ***, E **, L * und K * bildeten die Ausnahme, indem sie das Boot auf der Tauchstufe 1 oder 3 platzierten. Die Lernenden C *** und E ** waren hierbei in der Lage, ihr Wissen auf die neue Tauchstufe zu übertragen und die entsprechenden Druckpfeile korrekt auszuwählen. Auch die von den Schülerinnen und Schülern gewählten Darstellungsweisen auf dem Meeresplakat wichen von der vorgegebenen Platzierung der Symbole durch die Interviewerin ab. Die Mehrheit der Lernenden platzierte einen Druckpfeil an der Oberseite und den anderen Druckpfeil an der Unterseite des Bootes. Der nach unten gerichtete Pfeil der Erdanziehungskraft wurde zusätz-

lich an die Oberseite des Bootes gelegt, wohingegen der Pfeil der Auftriebskraft nach oben gerichtet an der Unterseite positioniert wurde. Da diese Darstellungsweise ebenfalls möglich ist, wurde sie von der Interviewerin nicht verändert und als korrekt eingestuft.

5.4.1 Fazit

Das Ziel der bisherigen Auswertung der Akzeptanzinterviews bestand darin, eine ausführliche Analyse von Akzeptanz, Paraphrasierung und Aufgabenverständnis darzulegen. Im Folgenden werden die bedeutsamsten Ergebnisse der Befragungen zusammengefasst und bewertet (Burde, 2018).

Die Auswertung der Akzeptanz zeigt eindeutig, dass die Grundideen des Auftriebs von den Lernenden überwiegend akzeptiert und verstanden wurden. Da die Kinder jedoch nicht explizit besonders hilfreiche Visualisierungen oder zu komplexe Teile der Erklärungen hervorhoben, darf die Akzeptanzabfrage nicht zu stark gewichtet werden. Besonders erfreulich ist, dass die Kinder mit der durchaus abstrakten und komplexen Einheit „Wasserdruck“ keine nennenswerten Unsicherheiten zeigten. Dem Großteil der Lernenden fiel es leicht die Erklärung zur Kraft des Wassers zusammenzufassen und ihr Wissen auf drei verschiedene Anwendungsaufgaben zu übertragen. Auch die Visualisierung durch die grünen Druckkraftpfeile bereitete den Lernenden keine erwähnenswerten Schwierigkeiten, weshalb ebenfalls der Transfer des Wasserdruckes auf das Meeresplakat reibungsvoll vollzogen wurde.

Die prägnantesten Schwierigkeiten traten bei dem Thema „Erdanziehungskraft“ auf. Viele Lernende konnten die Erklärung zur Erdanziehungskraft nicht wiedergeben oder auf den Versuch mit den unterschiedlich schweren Flaschen übertragen. Weitere Unsicherheiten, jedoch in Bezug auf die symbolische Darstellung der Erdanziehungskraft, zeichneten sich bereits während der Akzeptanzabfrage ab. Auch das Kraftpfeilsymbol der Auftriebskraft bereitete den Kindern Probleme. Obwohl den Schülerinnen und Schülern auf Rückfragen bewusst war, dass der Auftrieb eine nach oben schiebende Kraft und die Erdanziehung eine nach unten ziehende Kraft ist, neigten einige Kinder bei der eigenständigen Arbeit an dem Meeresplakat dazu, die

Richtung der Kraftpfeilsymbole zu vertauschen. Dieses Ergebnis ist problematisch, da das Verhalten eines Körpers im Wasser von dem Verhältnis dieser beiden wirkenden Kräften abhängt. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass diese Lernenden keine zuverlässigen Vorhersagen zu der Schwimmfähigkeit von Körpern treffen können. Auch die Tatsache, dass die Pfeilrichtungen der Erdanziehungs- und Auftriebskraft verwechselt wurden, deutet auf ein tiefgehendes Fehlverständnis in Bezug auf die wirkenden Kräfte im Wasser. Trotz dieser Schwierigkeiten ist positiv hervorzuheben, dass sich die Darstellung der Kräfte auf dem Meeresplakat als sehr wirksam erwies. Die Mehrheit hatte geringe Schwierigkeiten ihr Wissen über die Themenblöcke auf die entsprechenden Symbole und die Darstellungen am Meeresplakat zu übertragen.

Abschließend lässt sich feststellen, dass viele Schülerinnen und Schüler beim Paraphrasieren der Informationsangebote keine Schwierigkeiten hatten, der Transfer dieser Erklärungen auf konkrete Materialien und Experimente einigen Kindern allerdings besonders schwerfiel. Aus dieser Erkenntnis lässt sich ableiten, dass sich die Lernenden zwar Inhalte größtenteils problemlos merken und wiedergeben können, jedoch die Übertragung des Wissens dadurch nicht gewährleistet wird. Des Weiteren zeigten alle Lernenden an einigen Stellen Unsicherheiten, weshalb zwischen den leistungsschwachen, mittelmäßigen und leistungsstarken Kindern keine signifikanten Unterschiede zu erkennen sind.

5.5 Konsequenzen in Hinblick auf die Unterrichtskonzeption

Da die Akzeptanzinterviews größtenteils auf den Erklärungen und Experimenten der SUPRA-Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ aufgebaut sind, werden nun aus den gesammelten Erkenntnissen der Auswertung mögliche Verbesserungsvorschläge für diese Konzeption abgeleitet.

Wie die Auswertung der Akzeptanzbefragung dargelegt hat, sind während des Lernprozesses die schwerwiegendsten Probleme bei dem Verständnis zur Erdanziehungskraft aufgetreten. Besondere Probleme hatten die Kinder in Bezug auf das Gewicht und die damit zusammenhängende Stärke der Erdanziehungskraft. In der

SUPRA-Unterrichtskonzeption wird diese Verbindung beiläufig während eines Unterrichtsgespräches ermittelt, obwohl die Beziehung zwischen Gewicht und Erdanziehungskraft einen entscheidenden Grundbaustein für das weitere Verständnis bildet. Aus diesem Grund muss ein größeres Augenmerk auf diesen inhaltlichen Teilaspekt gelegt werden und die Unterrichtskonzeption beispielsweise durch ein lehrergeleitetes Experiment ergänzt werden. Hierfür könnten zwei identische Körper mit jeweils unterschiedlichem Gewicht an einen Federkraftmesser befestigt werden. Dadurch gelangen die Kinder zu der Erkenntnis, dass die Anzeige auf dem Kraftmesser bei dem schweren Körper größer ist und folglich die Erdanziehungskraft stärker den Körper nach unten zieht als den leichten Körper. Dieses Experiment könnte mit vielen Körpern wiederholt werden, wodurch nicht nur veranschaulicht wird, dass die Erdanziehung eine nach unten ziehende Kraft ist und demnach deren Pfeilspitze auf dem Meeresplakat stets nach unten gerichtet sein muss. Es würde auch verdeutlichen, dass die Erdanziehungskraft auf jeden Körper wirkt und deshalb immer zur Erklärung des Verhaltens von Körpern im Wasser herangezogen werden muss. Eine weitere Möglichkeit wäre die Übertragung des schülergeleiteten Experimentes der Akzeptanzbefragung auf die Unterrichtskonzeption, bei dem die Lernenden zwei gleichgroße jedoch unterschiedlich schwere Flaschen miteinander vergleichen mussten. Allerdings konnten einige Kinder die Verbindung zwischen der eigenen körperlichen Anstrengung und der Stärke der Erdanziehungskraft nicht herstellen. Des Weiteren machten viele Lernende die Steine in der schweren Flasche für die größere körperliche Anstrengung verantwortlich, weshalb darauf geachtet werden muss, dass die zu vergleichenden Flaschen beziehungsweise Körper blickdicht sind. Wenn der Zusammenhang zwischen dem Gewicht eines Körpers und der Stärke der Erdanziehungskraft von den Grundschulkindern besser verinnerlicht wird, kann das Wissen problemloser auf das Meeresplakat und das Schwimmverhalten des Körpers übertragen werden.

Weitere Schwierigkeiten traten beim Verständnis zur Auftriebskraft auf. Den Lernenden war zwar klar, wie genau die Auftriebskraft zustande kommt, allerdings wurde an dem Meeresplakat oftmals die Richtung der nach oben schiebenden Auftriebskraft verwechselt. Um den Kindern den Verständnisprozess weiter zu erleich-

tern, müssen weitere Visualisierungen ergänzt werden. Die veröffentlichte Unterrichtskonzeption auf der Onlineplattform SUPRA ist bereits bestmöglich an die ermittelte Lernhürde angepasst. Innerhalb der Konzeption wird auf den Federkraftmesser zurückgegriffen und eine vermeintliche Gewichtsabnahme eines Steines verdeutlicht. Hierfür wird der Stein an dem Kraftmesser befestigt und die Anzeige abgelesen sobald sich der Stein sowohl außerhalb als auch innerhalb des Wassers befindet. Die Kinder stellen folglich fest, dass die Auftriebskraft den Stein im Wasser nach oben geschoben hat, weshalb die Anzeige auf dem Federkraftmesser geringer wird. Einzig die Anzahl der Experimentdurchführungen könnte angepasst werden. An dem Federmesser sollte nicht nur die Auftriebskraft eines Steines verdeutlicht werden, sondern ebenfalls die Visualisierung an weiteren Körpern. Die Durchführung dieser Versuche sorgt dafür, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass der Auftrieb eine nach oben gerichtete Kraft ist, die ausnahmslos auf alle im Wasser eingetauchten Körper wirkt.

Die Lernenden hatten mit der thematischen Einführung zum Druck im Wasser nur minimale Probleme. Die Arbeit mit der Druckdose diente als optimale Veranschaulichung des Wasserdruckes und dessen Tiefenabhängigkeit. Lediglich das körperliche Spüren des Wasserdruckes hätte einigen Schülerinnen und Schülern das Verständnis weiter erleichtert. In der SUPRA-Unterrichtskonzeption müssen die Schülerinnen und Schüler hierfür einen Plastikhandschuh anziehen und die Hand in ein Wassergefäß einführen. Durch den Wasserdruck wird der Handschuh an die Hand gedrückt und die Kinder können den Druck des Wassers körperlich spüren. Somit wird die Vorstellung der Kinder, dass die Membranen der Druckdose platzen oder sich nach außen verformen, widerlegt. Da dieses Experiment bereits in der Konzeption vorzufinden ist, fällt auch dieser Verbesserungsvorschlag weg.

Die Mehrheit der aufgetretenen Schwierigkeiten hätte durch die genannten Verbesserungen entweder komplett verhindert oder wenigstens minimiert werden können. Alle Anpassungen beziehen sich auf den Miteinbezug von zusätzlichen Veranschaulichungen. Auch während der Auswertung ist aufgefallen, dass Informationsangebote gelungener zusammengefasst wurden, sobald mit ergänzenden Materialien der Sachverhalt erklärt wurde. Demnach konnten die Anwendungsaufgaben an

dem Meeresplakat oder die Arbeit mit der Druckdose ohne schwerwiegende Probleme gelöst werden. Das Verständnis der Kinder und die Fähigkeit ihr Wissen auf Anwendungsübungen zu übertragen, lässt sich folglich leichter aufbauen, wenn die verbal geäußerten Erklärungen mit konkreten Materialien unterstützt werden. Die SUPRA-Unterrichtskonzeption legt den Fokus auf das entdeckende Lernen und demzufolge die Verwendung von vielen Veranschaulichungen und Experimenten. Daher lässt sich feststellen, dass die Unterrichtskonzeption bereits optimal an die aufgetretenen Lernschwierigkeiten angepasst ist, weshalb sich aus der Durchführung der Akzeptanzbefragungen nur zwei kleine Verbesserungsvorschläge ergeben.

6 Fazit

Das Zustandekommen der Auftriebskraft stellt ein komplexes physikalisches Konstrukt dar. Viele Sachbücher aber auch bereits veröffentlichte Unterrichtskonzeptionen zu diesem Thema eignen sich nicht immer für die Nutzung oder Umsetzung in der Grundschule. Viele Erklärungen und Veranschaulichungen sind auf dem Archimedischen Prinzip oder dem Dichtekonzept aufgebaut, welche jedoch nur bedingt für die Zielgruppe verständlich und anwendbar sind. Daher sollte sich bei der Vermittlung des physikalischen Phänomens an dem Druckkonzept und demzufolge an der Unterrichtskonzeption der SUPRA-Onlineplattform orientiert werden.

Wie anfangs der Wissenschaftlichen Hausarbeit erwähnt, wurde das Schema der Akzeptanzinterviews auf dieser Konzeption zum Thema „Auftrieb“ aufgebaut. Mittels der zwölf Befragungen konnte ein Einblick in die damit verbundenen Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler erlangt und die allgemeine Umsetzbarkeit des Themas ermittelt werden. Die Auswertung der Befragungen zeigt deutlich, dass bei der Mehrheit der Grundschulkinder ein grundlegendes Verständnis aufgebaut werden konnte. Sowohl leistungsschwache, mittelmäßige als auch leistungsstarke Schülerinnen und Schüler waren imstande, Fragen zur Akzeptanz zu beantworten, Paraphrasierungen wiederzugeben und Anwendungsübungen zu lösen. Somit ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Leistungsfähigkeit der Kinder, weshalb die Vermittlung des physikalischen Themas im Unterricht innerhalb von heterogenen Klassen durchaus möglich ist. Dennoch zeichneten sich einige thematische Verständnis- und Lernschwierigkeiten ab, die im Unterkapitel 5.4 ausführlich dargelegt wurden. Die SUPRA-Unterrichtskonzeption ist größtenteils bereits an diese, während der Befragung aufgetretenen Schwierigkeiten, angepasst. Lediglich zwei kleine Verbesserungsvorschläge könnten in der Konzeption durch den Einbau von zusätzlichen Experimenten ergänzt werden. Alle möglichen Anpassungen beziehen sich auf das Einfügen von entweder lehrer- oder schülergeleiteten Versuchen, woran zu erkennen ist, dass ein handelnder beziehungsweise entdeckender Unterricht das Verständnis der Grundschulkinder enorm erhöht. Durch eine explorative Unterrichtsgestaltung sind die Kinder in der Lage, das komplexe physikalische The-

ma eher zu durchdringen als durch den reinen Frontalunterricht mit lediglich verbalen Informationsangeboten.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass das Thema „Auftrieb“ zwar sehr komplex ist, eine Umsetzung in der Grundschule trotzdem notwendig wäre. Die Grundschulkinder werden sowohl mit schwimmenden als auch mit sinkenden Körpern in vielen alltäglichen Situationen konfrontiert. Aus diesem Grund muss den Kindern für das Zustandekommen des Verhaltens von Körpern im Wasser eine altersentsprechende Erklärung geliefert werden. Während der Durchführung der Akzeptanzinterviews sind zwar einige Verständnisprobleme aufgetreten, die jedoch durch zusätzliche Experimente und Darstellungen überwindbar wären. Demzufolge lässt sich das Thema „Auftrieb“ in der Grundschule mit einem didaktisch fundiertem und eingehend durchdachten Unterricht vermitteln, wofür sich optimal die SUPRA-Unterrichtskonzeption eignet.

Literaturverzeichnis

Barkhau, J., Kühn, C., Wilde, M., & Basten, M. (2021). „Alles, was schwer ist, geht unter.“ Warum Lehrer*innen-Vorstellungen wichtig sind - Ein Konzept für eine Seminarsitzung zum Thema „Schwimmen und Sinken“. *HLZ - Herausforderung Lehrer*innenbildung*, 4, 11-27.

Bergner, B. & Blech, R. (o.J.). *Hydrostatik – Druck in ruhender Flüssigkeit*. [Hydrostatik - Druck in ruhender Flüssigkeit | · \[mit Video\] \(studyflix.de\)](#) [07.10.2021].

Blumör, R. (1993). *Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik. Ein Beitrag zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts in der Grundschule*. Essen: Westarp-Wissenschaften.

Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. *Studien zum Physik- und Chemielernen*, 259, 1-362. Berlin: Logos.

Dresing, T. & Pehl, T. (2016). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse-Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende*. Marburg: dr. dresing & pehl GmbH.

Hardy, I., Steffensky, M., Leuchter, M. & Saalbach H. (2017). *Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 1: Elementarbereich*. [Spiral Elementar 27-11.pdf \(telekom-stiftung.de\)](#) [07.10.2021].

Hasselhorn, M. & Gold, A. (2013). *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren*. Stuttgart: W. Kohlhammer.

Klewitz, E. (1989). *Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts: eine Untersuchung von Unterrichtsmodellen am Beispiel von "Schwimmen und Sinken" vor dem Hintergrund der genetischen Erkenntnistheorie Piagets*. Essen: Westarp-Wissenschaften.

Möller, K. & Jonen, A. (2005). *Klassenkisten für den Sachunterricht. Ein Projekt des Seminars für Didaktik des Sachunterrichts im Rahmen von KiNT: Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik. Schwimmen und Sinken*. Essen: Spectra.

Möller, K. & Wyssen, H.-P. (2017). *Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 2: Primarbereich Ergänzungs-Handbuch.* [02 Primarbereich Schwimmen und Sinken CC 06-12-2017 End.indd \(telekom-stiftung.de\)](#) [07.10.2021].

Schuler, S. (2011). *Alltagstheorien zu den Ursachen und Folgen des globalen Klimawandels. Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen aus geographiedidaktischer Perspektive.* Bochum: Europäischer Universitätsverlag.

Schwefer, D. (2019). *Naturphänomene endlich verstehen. Schwimmen und Sinken.* Dettenhausen: Debbie Schwefer Kinderbuchverlag.

Schwefer, D. (2020). *Warum geht ein Schiff nicht unter?* Dettenhausen: Debbie Schwefer Kinderbuchverlag.

Lütgerath, H. (o.J.). *Druck und Auftrieb.* [Druck und Auftrieb | LEIFIphysik](#) [07.10.2021].

Wiesner, H., Gartmann, G. & Wilhelm T. (o.J.). *Auftrieb – Sinken, Schweben, Steigen, Schwimmen.* [Auftrieb - SUPRA Lernplattform \(supra-lernplattform.de\)](#) [04.11.2021].

Wilhelm, T. (o.J.). *SUPRA-Sachunterricht praktisch und konkret.* [Startseite - SUPRA Lernplattform \(supra-lernplattform.de\)](#) [10.11.2021].

Wodzinski, R. (1996). *Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht.* Münster: Lit.

Wodzinski, R. & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen im Anfangsunterricht. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit, *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 243-268). Berlin: Springer.

Internetverzeichnis

Travelbook. [Harmony of the Seas: 7 Fakten über das weltgrößte Kreuzfahrtschiff \(travelboOkay.de\)](#) [18.10.2021].

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Graphische Darstellung der senkrechten Druckdose	13
Abb. 2: Tafelbild der Druckdose mit den Druckpfeilen.....	15
Abb. 3: Symbolische Darstellung des Auftriebs an dem Meeresplakat.....	16
Abb. 4: Symbolische Darstellung der sinkenden Dose.....	18
Abb. 5: Gewichtsvergleich Archimedisches Prinzip (Schwefer, 2019, S. 14)	22
Abb. 6: Gewichtsvergleich Dichte (Schwefer, 2019, S. 16)	23
Abb. 7: Symbolische Darstellung des Auftriebs bei einem leichten U-Boot.....	38
Abb. 8: Beispielhafte Lösung für den Fall „Sinken“	40
Abb. 9: Einheitliche Darstellung für den schwebenden Zustand des U-Bootes	42
Abb. 10: Einstiegsbild	44

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht über die eingeschätzte Leistungsfähigkeit der Kinder	53
Tab. 2: Übersicht über den Grad der Akzeptanz.....	57
Tab. 3: Übersicht über die Bewertung der Paraphrasierungen	59
Tab. 4: Übersicht über die Bewertung der Aufgabenlösefähigkeit	65
Tab. 5: Übersicht über die Bewertung der Arbeit am Meeresplakat	72

Anhang

Beispiele für gelungene Paraphrasierungen:

Erdanziehungskraft

- I:** Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?
- B:** Also, leichte Gegenstände werden weniger nach unten gezogen und schwere Gegenstände werden stärker nach unten gezogen.
- I:** Ja genau und warum werden Gegenstände nach unten gezogen?
- B:** Weil es eine Erdanziehungskraft gibt und die zieht die Gegenstände nach unten.

Wasserdruck

- I:** Sehr gut. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?
- B:** *(B. deutet auf das Einstiegsbild).* Das U-Boot hat von überall Wasserdruck. Je tiefer das Boot geht, desto mehr Druck entsteht. Auf der Unterseite ist jeweils mehr Druck als auf der Oberseite des U-Bootes, weil die Unterseite liegt tiefer im Wasser.
- I:** Und woher kommt der Druck?
- B:** Vom Wasser. Also das Wasser drückt auf das Boot.

Auftriebskraft

- I:** Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?
- B:** Also von unten kommt mehr Druck als von oben, deshalb ist der untere Pfeil auch länger *(B. deutet auf den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauch-*

stufe 3 auf dem Meeresplakat). Deshalb wird unser Boot nach oben verschoben, weil auf die Unterseite stärker gedrückt wird.

I: Ganz genau. Wie nennt man diese nach oben schiebende Kraft?

B: Auftriebskraft.

Zusammenwirken der Erdanziehungs- und Auftriebskraft

I: Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?

B: Das Boot muss leicht sein. Dann ist die Auftriebskraft stärker als die Erdanziehungskraft und das Boot geht nach oben.

I: Genau. Die Erdanziehungskraft ist geringer als die Auftriebskraft. Also überwiegt die Auftriebskraft und das Boot würde aufsteigen.

Beispiele für gelungene Antworten auf die Anwendungsaufgaben:

Erdanziehungskraft

Aufgabe 1:

I: Okay. Perfekt. Weiter geht's. Ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?

B: (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Die ist schwerer als die (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).

I: Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?

B: Je schwerer ein Gegenstand ist, desto mehr zieht die Gravitationskraft es nach unten.

- I:** Sehr gut. Das ist korrekt.
- B:** Ja und umso leichter der Gegenstand, desto weniger zieht die Gravitationskraft. Deshalb muss man stärker gegen die schwere Flasche drücken als gegen die leichte.
- I:** Genau, sehr gut (*I. nimmt B. die Flaschen ab*).

Wasserdruck

Aufgabe 2:

- I:** Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*I. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an*)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?
- B:** Dann werden die Seiten eingedrückt.
- I:** Okay. Und warum werden die Seiten eingedrückt?
- B:** Weil das Wasser von überall auf die Dose drückt und deshalb die Seiten eingedrückt werden.
- I:** Dann schauen wir mal, ob deine Vermutung stimmt (*I. führt die Dose horizontal in das Wasser ein*). Siehst du es?
- B:** Ja. Die Flächen werden eingedrückt wegen dem Druck. Wie ich gesagt habe.

Aufgabe 3:

- I:** (*I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?
- B:** Dann würde diese Seite mehr eingezogen werden als die andere Seite (*B. deutet auf die untere blaue Fläche*).

- I:** Und warum würde die untere Fläche stärker eingedrückt werden?
- B:** Weil unten mehr Druck ist als oben und die untere Seite dann mehr eingedrückt wird.

Aufgabe 4:

- I:** Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?
- B:** Dann werden beide nochmal mehr eingedrückt. Aber unten trotzdem mehr als oben.
- I:** *(I. taucht die Dose senkrecht bis zum Boden des Wassergefäßes ein).* Genau, warum ist das so?
- B:** Unten wird der Druck größer und deshalb wird die Fläche unten noch mehr eingedrückt als oben.

Auftriebskraft

Aufgabe 5:

- I:** Dann habe ich eine Dose vorbereitet *(I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand).* Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche *(I. lässt die Dose unter Wasser los).* Warum steigt die Dose auf?
- B:** Durch den unterschiedlichen Druck an der Ober- und Unterseite der Dose wird sie nach oben gedrückt. Also wegen der Auftriebskraft.
- I:** Ja. Kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?
- B:** So, mein Boot ist das *(B. legt das leicht beladene Boot auf die Tauchstufe 2).* Und der Druck drückt nach oben *(B. legt den nach oben gerichteten Druck-*

pfeil der Tauchstufe 3 an die Unterseite des Bootes) und der Druck von oben ist nicht so stark wie von unten (B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an die Oberseite des Bootes). Deswegen ist der untere Druck stärker und drückt die Dose nach oben. Das ist dann die Auftriebskraft (B. legt den nach oben gerichteten Auftriebspfeil an die Unterseite des Bootes).

Zusammenwirken der Erdanziehungs- und Auftriebskraft

Aufgabe 6:

- I:** Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?
- B:** Die müsst dann untergehen.
- I:** Okay. Schauen wir mal (*I. lässt die Dose unter Wasser los*).
- B:** Ich wusste es.
- I:** Und warum sinkt diese Dose auf den Boden?
- B:** Weil die Erdanziehungskraft größer ist als die Auftriebskraft also die Dose ist sehr schwer (*B. legt das Boot mit schwerer Beladung auf die Tauchstufe 2*). Dann braucht man wieder die grünen Pfeile (*B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 neben das Boot*). Und dann würde die Erdanziehungskraft stark sein, sodass das Boot nach unten sinkt (*B. legt den langen nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil und den nach oben gerichteten Auftriebspfeil neben die Druckpfeile*).

Aufgabe 7:

- I:** Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung auf dem U-Boot durch die mittlere Beladung, legt den nach oben ge-*

richteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot, platziert den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile und legt den mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil daneben). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?

- B:** Das Boot muss schwerer sein (*B. tauscht die mittlere Beladung mit der schweren Beladung aus*). Dann muss die Erdanziehungskraft größer sein als die Auftriebskraft (*B. ersetzt den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebskraftpfeil*). Dann würde das Boot sinken.

Aufgabe 8:

- I:** Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?
- B:** Dann würde es wieder aufsteigen, weil die Erdanziehung kleiner als der Auftrieb ist.

Aufgabe 9:

Es wurde keine gelungene Antwort auf die Anwendungsaufgabe gegeben.

1. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schüler A

Dauer: 30:26 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen.

B: Gravitationskraft.

I: Ja genau. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft oder Gravitationskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Na klar.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*l. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Boot drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*l. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

B: Auch vom toten Winkel?

I: Von überall drückt das Wasser auf das U-Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Boot tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*l. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Doch ich verstehe es, aber ähm (...). Doch eigentlich verstehe ich es gut.

I: Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade über die Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: Also die Gravitationskraft zieht den Menschen an. Deswegen springt man beim Hüpfen auch wieder runter. Wenn es keine Gravitationskraft geben würde, dann würde man nach dem Hüpfen in der Luft weiterschweben. Schwere Gegenstände werden von der Gravitationskraft stärker nach unten gezogen als leichte Gegenstände. Und im Wasser ist es genauso.

- I:** Sehr gut. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?
- B:** *(B. deutet auf das Einstiegsbild).* Das U-Boot hat von überall Wasserdruck. Je tiefer das Boot geht, desto mehr Druck entsteht. Auf der Unterseite ist jeweils mehr Druck als auf der Oberseite des U-Bootes, weil die Unterseite liegt tiefer im Wasser.
- I:** Und woher kommt der Druck?
- B:** Vom Wasser. Also das Wasser drückt auf das Boot.
- I:** Okay. Perfekt. Weiter geht's. Ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst *(I. reicht B. die Flaschen)*. Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?
- B:** *(B. hat beide Flaschen in den Händen).* Die ist schwerer als die *(B. hebt die schwere Flasche hoch)*.
- I:** Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?
- B:** Je schwerer ein Gegenstand ist, desto mehr zieht die Gravitationskraft es nach unten.
- I:** Sehr gut. Das ist korrekt.
- B:** Ja und je leichter der Gegenstand, desto weniger zieht die Gravitationskraft. Deshalb muss man stärker gegen die schwere Flasche drücken als gegen die Leichte.
- I:** Genau, sehr gut *(I. nimmt B. die Flaschen ab)*. Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden *(I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein)*. Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche *(I. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an)*? Dabei lasse ich die Dose je-

doch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?

B: Ähm. Das die labbrig sind. Und das in der Dose keine Luft drin ist.

I: In der Dose ist aber Luft drin. Dafür ist an der Dose extra ein Strohhalm befestigt, durch den Luft ins Innere der Druckdose gelangt und herausgedrückt werden kann. Aber was passiert mit den blauen Seitenflächen? Denke an den Druck im Wasser.

B: Oh, die werden vielleicht sogar platzen.

I: Das Wasser drückt aber auf Gegenstände. Was müsste dann passieren?

B: Ah jetzt. Die werden vom Wasser reingedrückt.

I: Dann schauen wir mal (*I. führt die Dose horizontal in das Wasser ein*). Kannst du was erkennen?

B: Ohja. Die werden ganz schön eingedrückt.

I: Und warum werden die Seiten eingedrückt?

B: Ja, weil das Wasser auf die Dose drückt und sich dann die blauen Flächen eindrücken.

I: Sehr gut (*I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?

B: Die wird sich eindrücken (*B. deutet auf die untere blaue Fläche*) und die wird sich nach oben ausbeulen (*B. deutet auf die obere blaue Fläche*).

I: Okay, dann schauen wir mal (*I. führt die Dose bis zur Hälfte in das Wassergefäß ein*).

B: Hä?

I: Was siehst du?

B: Die sieht aus, als würde sie mehr eingedrückt sein (*B. deutet auf die untere blaue Fläche*). Unten ist mehr Druck. Wie du gesagt hast, je tiefer, desto mehr Druck. Deshalb wird die Seite mehr eingedrückt (*B. deutet auf die untere blaue Fläche*).

I: Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?

B: Ja dann wird es halt noch mehr reingedrückt, weil der Druck weiter unten größer wird.

I: (*I. taucht die Dose bis zum Boden des Wassergefäßes ein*). Ja genau. Ganz richtig. Beide blauen Flächen werden nochmals stärker vom Wasser eingedrückt, wobei die untere Fläche stärker eingedrückt wird als die obere Fläche.

B: Ja genau.

I: Dann gehen wir mal weiter in der Erklärung.

Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen (*I. zeigt auf das Meeresplakat*). Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot (*I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf*). Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht (*I. deutet auf die kleine Beladungsfläche*) und diese Fläche ist nicht ganz schwer (*I. deutet auf die mittlere Beladungsfläche*), aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. (*I. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite*). Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*I. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge

des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*l. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*l. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merktzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird

in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*l. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*l. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größerer Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Was ich nicht richtig verstanden habe, ist diese orangene Kraft. Die entsteht also durch den Druckpfeil Tauchstufe 2 und den Druckpfeil Tauchstufe 3 (*B. liest die Beschriftungen von den grünen Druckpfeilen ab*). Also schiebt der untere Druckpfeil das Boot nach oben und gleichzeitig der obere Druckpfeil das Boot nach unten.

I: Ja.

B: Aber der untere Pfeil ist ja länger, deshalb wird das Boot nach oben geschoben. Und das ist dann der orangene Pfeil.

- I:** Ja genau. Aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeilen entsteht der orangene Auftriebskraftpfeil, weshalb das Boot vom Wasser nach oben geschoben wird.
- B:** Dann habe ich es doch verstanden.
- I:** Kannst du dann mit deinen Worten erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?
- B:** Durch den Druck im Wasser entsteht die Auftriebskraft. Der Druck von unten schiebt das U-Boot nach oben und der Druck von oben zieht das Boot nach unten. Und durch den unterschiedlichen Druck an der Ober- und Unterseite des Bootes entsteht dann der Auftrieb. Und deshalb steigt das Boot auf.
- I:** Perfekt *(I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat)*. Dann habe ich eine Dose vorbereitet *(I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand)*. Wenn ich diese Dose unter Wasser lasse, steigt sie zur Wasseroberfläche *(I. lässt die Dose unter Wasser los)*. Warum steigt die Dose auf?
- B:** Weil in ihr Luft ist und die Luft drückt die Dose hoch.
- I:** Okay. Kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?
- B:** Okay. Ein leichtes Boot *(B. legt das Boot mit schwerer Beladung auf die Tauchstufe 2)*. Dann braucht man noch die grünen Pfeile. Du hast gesagt, dass die Oberseite die 2. Stufe berührt (unv.) *(B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an die Oberseite des Bootes)*. Dann auch noch einen langen grünen Pfeil *(B. legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Unterseite des Bootes)*. Und die Auftriebskraft, die aus den grünen Pfeilen entsteht, schiebt das Boot dann nach oben.
- I:** Du meinst gerade, dass unser Boot leicht ist. Muss sich dann noch etwas an dem U-Boot auf dem Plakat verändern?

B: Das habe ich vergessen. Das Boot ist leicht (*B. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*).

I: Und wo muss der Pfeil für die Auftriebskraft hin?

B: Der muss da hin (*B. legt den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil an die Unterseite des Bootes*).

I: Ja genau. Sehr gut. Das U-Boot würde in diesem Fall nach oben steigen.

Dann gehen wir mal weiter (*I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot und platziert den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile*). Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft.

B: Hier (*B. reicht I. die Pfeile für die Erdanziehungskraft*).

I: Vielen Dank.

Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist desto größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen (*I. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat*). Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang (*I. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Ist

ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz (*l. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (*l. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*l. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch das unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebskraftpfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*l. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*l. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*l. verschiebt das Boot nicht*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

B: Ich habe nur etwas nicht verstanden. Wie kommt es, wenn der rote Pfeil und der orangene Pfeil gleich sind, dass das U-Boot dann irgendwann wieder aufsteigen kann?

I: In dem U-Boot ist ein Tank enthalten, welcher mit Wasser gefüllt ist. Wenn der Tank komplett mit Wasser gefüllt ist, ist das Boot noch sehr schwer und würde nach unten sinken. Wenn der Kapitän mit dem U-Boot jedoch auftauchen möchte, kann aus dem Tank Wasser herausgepumpt werden. Das Boot würde somit leichter werden und könnte im Wasser aufsteigen.

B: Ah okay.

I: Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?

B: Wegen der Auftriebskraft. Also wenn das U-Boot leicht ist, steigt es nach oben an die Wasseroberfläche.

I: Und was ist mit der Erdanziehungskraft?

B: Die Erdanziehungskraft schiebt das U-Boot nach unten und die Auftriebskraft nach oben. Die Erdanziehungskraft ist aber weniger als die Auftriebskraft, weil das U-Boot sehr leicht ist. Und dann würde das Boot aufsteigen.

I: Genau. Die Erdanziehungskraft ist nur sehr gering, da das Boot nur sehr leicht ist. Deshalb überwiegt die Auftriebskraft und das Boot würde aufsteigen (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?

- B:** Die müsst dann untergehen.
- I:** Okay. Schauen wir mal (*I. lässt die Dose unter Wasser los*).
- B:** Ich wusste es.
- I:** Und warum sinkt diese Dose auf den Boden?
- B:** Weil die Erdanziehungskraft größer ist als die Auftriebskraft. also die Dose ist sehr schwer (*B. legt das Boot mit schwerer Beladung auf die Tauchstufe 2*). Dann braucht man wieder die grünen Pfeile (*B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 neben das Boot*). Und dann würde die Erdanziehungskraft stark sein, sodass das Boot nach unten sinkt (*B. legt den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile und legt den langen nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil daneben*).
- I:** Sehr gut. Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung auf dem Boot mit der mittleren Beladung und tauscht den langen Erdanziehungspfeil mit dem mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil aus*). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?
- B:** Das U-Boot muss schwer beladen sein (*B. tauscht die mittlere Beladungsfläche mit der schwerer Beladung aus*) und die Erdanziehungskraft muss ganz groß sein (*B. tauscht den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebskraftpfeil*). Und dann würde das Boot sinken.
- I:** Perfekt. Das ist korrekt. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Bootes das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?

- B:** Also die Erdanziehungskraft wird ganz klein und ist dann geringer als die Auftriebskraft. Das U-Boot würde dann sofort hochkommen.
- I:** Sehr gut. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht (*! platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund*). Trotz dem leichten Gewicht ist das Boot noch nicht aufgestiegen. Hast du eine Erklärung dafür?
- B:** Vielleicht es ist stecken geblieben.
- I:** Ja das ist es auf jeden Fall. Und was ist, wenn das Boot im Schlamm steckt. Denke mal an den Druck im Wasser.
- B:** Unten gibt es keinen Druck. Es gibt keine Auftriebskraft.
- I:** Ja sehr gut. Perfekt. An die Unterseite des Bootes gelangt kein Wasser und deshalb kann das Wasser auch nicht gegen die Unterseite drücken. Und wenn es keinen Wasserdruck von unten gibt, kann auch keine Auftriebskraft entstehen. Das Boot kann somit nicht aufsteigen. Sehr gut gemacht. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

2. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schüler B

Dauer: 32:28 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen.

B: Ja.

I: Ja genau. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft oder Gravitationskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Ja.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*I. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*I. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*I. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Mich stört gar nichts.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: Ähm (...).

I: Was macht denn die Erdanziehungskraft mit Gegenständen?

B: Oh das habe ich vergessen. Ich weiß nicht.

I: Wenn ich einen Gegenstand in der Luft loslasse (*I. lässt einen Stift in der Luft fallen*), fällt dieser auf den Boden. Warum ist das so?

B: (...) Ich weiß es nicht. Ich kann mir so etwas nicht merken.

I: Ich erkläre es dir nochmal. Die Erdanziehungskraft zieht alle Gegenstände nach unten und deshalb ist der Stift auf den Boden gefallen und dort liegengeblieben. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto stärker (...)?

B: (...) Ich weiß nicht.

I: wird der Gegenstand von der Erde angezogen. Die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft ist somit größer als bei leichten Gegenständen. Kannst du das nun nochmals wiederholen?

B: (...) Ich kann das nicht.

I: Okay. Dann machen wir weiter.

Kannst du mir erklären, was ich dir über den Druck im Wasser erklärt habe? Du kannst auch gerne das Bild zur Hilfe nehmen (*l. deutet auf das Bild vom Einstieg*).

B: Sie haben gerade gesagt, dass es unter der Unterseite des Bootes mehr Wasser gibt und über dem Boot weniger Wasser. Mehr weiß ich nicht.

I: Okay. Du meinst also, dass über dem Boot weniger Wasser ist und unter dem Boot mehr Wasser. Das kann möglich sein, muss aber nicht unbedingt sein. Wir wissen ja nicht, wie tief das U-Boot unter Wasser ist. Schau dir das Bild und die verschiedenen Pfeile an. Warum ist der untere Pfeil länger als der obere Pfeil?

B: (...) Ich weiß es nicht mehr.

I: Okay. Das Wasser umgibt das gesamte U-Boot (*l. deutet auf das Bild vom Einstieg und die Pfeile*). Die grünen Pfeile zeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Der untere Pfeil ist länger als der Pfeil oben, da sich die Unterseite des Bootes tiefer im Wasser befindet und dort das Wasser stärker gegen das U-Boot drückt als weiter oben. Warum ist der Pfeil hier oben nun kleiner als der Pfeil unten (*l. deutet auf den kurzen Pfeil an der Oberseite und auf den langen Pfeil an der Unterseite*)?

B: (...) Mir fällt nichts ein.

- I:** Der Pfeil ist kürzer, weil dort der Druck des Wassers geringer ist.
- B:** Okay.
- I:** Dann gehen wir mal weiter. Ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?
- B:** (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Die ist schwerer als die andere Flasche (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).
- I:** Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?
- B:** (...) Naja weil von unten / (...). Weil der Druck des Wassers (...) ah ne.
- I:** Den Wasserdruck haben wir nur im Wasser. Uns umgibt aber gerade Luft. Erinnere dich an die Erdanziehungskraft.
- B:** Die Erdanziehungskraft verstehe ich nicht.
- I:** Wenn ich einen Gegenstand in der Luft loslasse (*I. lässt einen Stift in der Luft fallen*), fällt dieser auf den Boden. Der Grund dafür ist, dass die Erde alle Gegenstände nach unten zieht und deshalb ist der Stift auf den Boden gefallen und dort liegengeblieben. Warum musst du also die schwere Flasche in deiner Hand stärker nach oben drücken als die Leichte?
- B:** (...)
- I:** Die Erdanziehungskraft zieht alle Gegenstände nach unten und schwere Gegenstände werden von der Erdanziehungskraft nochmals stärker angezogen als Leichte. Warum musst du jetzt gegen die schwere Flasche stärker drücken als gegen die leichte Flasche?
- B:** (...) Ich bin nicht so gut im Merken.
- I:** Okay (*I. nimmt B. die Flaschen ab*). Dann machen wir jetzt weiter. Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die

blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*l. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*l. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an*)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?

B: (...)

I: Denke an den Druck im Wasser. Das Wasser drückt auf alle Gegenstände im Wasser. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen können?

B: (...)

I: Ich tauche die Druckdose jetzt in das Wasser ein und du beobachtest was passiert (*l. führt die Dose horizontal in das Wassergefäß ein*).

B: Die blauen Flächen sehen so aus als wären sie eingedrückt.

I: Ja genau und warum werden sie eingedrückt?

B: (...)

I: Das Wasser drückt auf die blauen Seitenflächen und drückt diese ein. Das kannst du gerade beobachten.

B: Ja.

I: (*l. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?

B: Die werden wieder eingedrückt, aber unten mehr als oben.

I: Dann schauen wir mal (*l. taucht die Dose senkrecht bis zu Hälfte in das Wassergefäß ein*).

B: Da hat sich was verändert. Unten wird mehr eingedrückt als oben.

I: Genau. Das hast du gut beobachtet. Warum ist das so?

- B:** Weil unten mehr Druck ist. Deshalb wird die blaue Fläche unten mehr eingedrückt als oben.
- I:** Richtig. Und was wirst du beobachten können, wenn ich die Dose nochmals tiefer in das Wasser eintauche?
- B:** Die werden noch mehr eingedrückt, weil unten mehr (...). Wie heißt das?
- I:** Druck.
- B:** Ja genau, weil unten nochmal mehr Druck ist und die untere blaue Fläche mehr eindrückt.
- I:** *(I. taucht die Dose senkrecht bis zum Boden des Wassergefäßes ein).* Perfekt. Das hast du richtig erkannt. Die blauen Flächen werden nochmals mehr eingedrückt. Hierbei ist die untere Seite aber stärker eingedrückt als die Obere. Grund dafür ist der größere Druck des Wassers mit zunehmender Wassertiefe. Dann machen wir mal weiter. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen *(I. zeigt auf das Meeresplakat)*. Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot *(I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf)*. Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht *(I. deutet auf die kleine Beladungsfläche)* und diese Fläche ist nicht ganz schwer *(I. deutet auf die mittlere Beladungsfläche)*, aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. *(I. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite)*. Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg *(I. deutet auf das Einstiegsbild)*. Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Ober-

seite berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*l. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*l. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merktzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach

oben (*l. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*l. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größerer Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Ich verstehe es.

I: Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?

B: Der untere Druckpfeil drückt stärker auf das Boot als der Pfeil von oben und deshalb geht das Boot an die Oberfläche.

I: Ja und wie nennt man diese nach oben schiebende Kraft?

B: Auftriebskraft.

I: Okay (*l. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann machen wir weiter. Ich habe eine Dose vorbereitet (*l. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*l. lässt die Dose unter Wasser los*). Warum steigt die Dose auf?

- B:** Weil sie weniger Druckkraft hat.
- I:** Was hat weniger Druckkraft?
- B:** (...) Unten ist ja mehr Druckkraft als oben. Die Dose steigt wegen dem Auftrieb nach oben.
- I:** Kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?
- B:** So (*B. legt das Boot auf Tauchstufe 2 und greift zur schweren Beladung*).
- I:** Das Boot ist ganz leicht. Was für eine Beladung brauchen wir dann?
- B:** Ah (*B. legt die leichte Beladung auf das Boot*). (...)
- I:** Wir brauchen auch noch Druckpfeile.
- B:** (*B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 neben das Boot*).
- I:** Sehr gut. Fehlt noch etwas?
- B:** Ja, der orangene Pfeil (*B. legt den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile*).
- I:** Perfekt. Dann gehen wir mal weiter (*I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung*). Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen (*I. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft*).

kraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat). Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang (*l. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz (*l. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (*l. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*l. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch das unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebskraftpfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*l. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*l. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn*

nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (I. verschiebt das Boot nicht).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

B: Ich finde sie gut.

I: Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, warum ein U-Boot unter Wasser aufsteigen kann?

B: Weil die Auftriebskraft das U-Boot nach oben drückt.

I: Und was ist mit der Erdanziehungskraft? Diese Kraft wirkt ebenfalls auf jeden Gegenstand im Wasser.

B: Ja wenn die Erdanziehungskraft stärker ist als die Auftriebskraft, sinkt das Boot.

I: Das ist richtig. Das U-Boot soll aber aufsteigen und nicht sinken.

B: Dann muss die Auftriebskraft größer sein als die Erdanziehungskraft, damit es nach oben geht. Die Erdanziehung ist dann ganz klein. So wie da *(B. zeigt auf den kleinen Erdanziehungspfeil auf dem Merzettel)*. Und das Boot muss auch leicht sein, wegen der Erdanziehungskraft.

I: Perfekt. Die Erdanziehungskraft ist nur sehr gering, da das Boot nur sehr leicht ist. Deshalb überwiegt die Auftriebskraft und das Boot würde aufsteigen. Ganz genau. Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet *(I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand)*. Diese Dose ist jedoch viel

schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?

B: Die geht nach unten.

I: Okay. Schauen wir mal (*I. lässt die Dose unter Wasser los*).

B: Sie geht unter.

I: Ja genau. Und warum sinkt diese Dose auf den Boden?

B: Weil es mehr Erdanziehungskraft und weniger Auftriebskraft gibt.

I: Und warum ist die Erdanziehungskraft mehr?

B: Wegen dem Gewicht (*B. legt das Boot mit schwerer Beladung auf die Tauchstufe 2 und legt neben das Boot den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3*). Und dann muss da noch der Auftrieb hin (*B. legt den Auftriebspfeil nach oben gerichtete als Differenz der beiden Druckpfeile*). Das Boot ist schwer und deshalb ist die Erdanziehung groß (*B. legt den langen Erdanziehungspfeil nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist stärker als die Auftriebskraft und das U-Boot geht unter.

I: Das hast du toll gemacht. Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Folgende Situation: Ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung auf dem Boot mit der mittleren Beladung und tauscht den langen Erdanziehungspfeil mit dem mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil aus*). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?

B: (*B. tauscht den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebskraftpfeil*). Die Erdanziehungskraft muss ganz groß sein.

I: Super und was muss sich an dem U-Boot verändern?

- B:** *(B. tauscht die mittlere Beladungsfläche von dem U-Boot mit der schweren Beladung aus). Jetzt ist da Boot schwer und würde sinken (B. schiebt das Boot auf den Meeresgrund).*
- I:** Perfekt. Das ist korrekt. Noch eine andere Möglichkeit. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichte. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?
- B:** Das Boot ist ganz leicht und die Erdanziehungskraft geringer als die Auftriebskraft.
- I:** Und was würde dann mit dem Boot passieren?
- B:** Es würde hoch gehen.
- I:** Ja genau. Es würde aufsteigen. Sehr gut. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht *(I. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund)*. Trotz dem leichten Gewicht ist das Boot noch nicht aufgestiegen. Hast du eine Erklärung dafür?
- B:** (...) Das weiß ich nicht.
- I:** Nicht schlimm. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

3. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schülerin C

Dauer: 24:02 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Ja.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*I. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-

Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*I. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*I. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Gut. Ich habe alles verstanden.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: Also, leichte Gegenstände werden weniger nach unten gezogen und schwere Gegenstände werden stärker nach unten gezogen.

I: Ja genau und warum werden Gegenstände nach unten gezogen?

B: Weil es eine Erdanziehungskraft gibt und die zieht die Gegenstände nach unten.

I: Okay. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?

B: Darf ich das Bild zum Erklären benutzen (*B. deutet auf das Bild vom Einstieg*)?

I: Natürlich.

- B:** Also von unten wird mehr gedrückt als von oben.
- I:** Und woher kommt der Druck?
- B:** Vom Wasser. Also das Wasser drückt von überall auf das Boot. Und da unten ist mehr Druck vom Wasser (*B. deutet auf dem Einstiegsbild auf den langen Pfeil an der Unterseite des Bootes*) und hier oben ist der Druck weniger (*B. deutet auf dem Einstiegsbild auf den kurzen Pfeil an der Oberseite des Bootes*).
- I:** Ja genau, dass Wasser drückt von unten stärker gegen einen Gegenstand als von oben. Perfekt. Schau mal, ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?
- B:** (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Ich spüre, dass die Flasche schwerer ist (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).
- I:** Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?
- B:** Weil es schwerer ist. Da sind Steine drin.
- I:** Ja. Aber warum musst du mit der einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche? Denke an die Erdanziehungskraft.
- B:** AH. Die schweren Sachen werden stärker angezogen. Also muss ich die Hand stärker nach oben drücken.
- I:** Ganz richtig. Die eine Flasche ist schwerer und wird von der Erde stärker angezogen als die leichte Flasche. Aus diesem Grund musst du mit der einen Hand stärker drücken, um die Flasche zu halten. Perfekt (*I. nimmt B. die Flaschen ab*). Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was

wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*I. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an*)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?

B: Dann werden die Seiten eingedrückt.

I: Okay. Und warum werden die Seiten eingedrückt?

B: Weil das Wasser von überall auf die Dose drückt und deshalb die Seiten eingedrückt werden.

I: Dann schauen wir mal, ob deine Vermutung stimmt (*I. führt die Dose horizontal in das Wasser ein*). Siehst du es?

B: Ja. Die Flächen werden eingedrückt wegen dem Druck. Wie ich gesagt habe.

I: Genau. Das hast du toll gemacht (*I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?

B: Dann würde diese Seite mehr eingezogen werden als die andere Seite (*B. deutet auf die untere blaue Fläche*).

I: Und warum würde die untere Fläche stärker eingedrückt werden?

B: Weil unten mehr Druck ist als oben und die untere Seite dann mehr eingedrückt wird.

I: (*I. führt die Dose senkrecht bis zur Hälfte in das Wassergefäß ein*). Was kannst du beobachten?

B: Unten wird es mehr eingedrückt als oben.

I: Genau. Sehr gut. Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?

B: Dann werden sie gleich eingedrückt.

I: Okay (*I. taucht die Druckdose bis zum Boden des Wassergefäßes ein*). Werden beide blauen Seiten gleich stark eingedrückt?

- B:** Ah nein. Die Untere ist trotzdem mehr eingedrückt als die obere Fläche.
- I:** Ja und warum ist das so?
- B:** Weil unten im Wasser mehr gedrückt wird als oben. Die untere Fläche ist also mehr eingedrückt.
- I:** Sehr gut. Das stimmt. Dann machen wir mal weiter. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen (*I. zeigt auf das Meeresplakat*). Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot (*I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf*). Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht (*I. deutet auf die kleine Beladungsfläche*) und diese Fläche ist nicht ganz schwer (*I. deutet auf die mittlere Beladungsfläche*), aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. (*I. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite*). Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*I. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*I. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt I. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*I. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt I. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im

Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*l. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*l. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merktzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*l. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*l. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auf-

triebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größerer Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Gut.

I: Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?

B: Also von unten wird mehr gedrückt als von oben. (...)

I: Und wie entsteht dann die Auftriebskraft?

B: Also der untere Pfeil ist länger als der Obere (*B. zeigt auf den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3*). Und weil die Pfeile unterschiedlich lang sind, schiebt sich das Boot nach oben. Das ist dann die Auftriebskraft.

I: Ja genau. Perfekt (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Warum steigt die Dose auf?

B: Weil da wenig drin ist. Die Dose ist leicht.

I: Ja. Die Dose ist leicht. Aber kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?

- B:** *(B. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf der Tauchstufe 1). Also haben wir hier den Pfeil (B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 1 neben das Boot) und da den (B. legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot).*
- I:** Sehr gut. Bis jetzt ist alles richtig. Aber es fehlt noch etwas.
- B:** Der orangene Pfeil fehlt noch *(B. legt den orangenen Pfeil nach oben gerichtet als Differenz an die Druckpfeile).*
- I:** Ganz richtig. Jetzt würde unser U-Boot auftauchen. Dann machen wir weiter *(I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung, platziert das Boot auf der Tauchstufe 2, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot und platziert den nach oben gerichteten Auftriebspfeil als Differenz der beiden Druckpfeile).* Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen *(I. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat).* Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang *(I. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt).* Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz *(I. deutet auf den*

kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (*! verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*! tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch dass unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen.

B: Dann brauchst du den Pfeil (*B. reicht ! den kleinen Erdanziehungspfeil*). Jetzt ist die Erdanziehungskraft kleiner als die Auftriebskraft und das Boot geht nach oben.

I: Ja sehr gut. Genau. Perfekt erklärt. Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*! tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*! tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*! verschiebt das Boot nicht*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

B: Gut.

- I:** Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?
- B:** Also, wenn die Erdanziehungskraft größer ist als die Auftriebskraft, dann geht das Boot nach unten.
- I:** Ja das stimmt. Ich wollte aber wissen, weshalb ein U-Boot aufsteigen kann.
- B:** Oh. Dann muss das schwerer werden (*B. deutet auf das U-Boot auf dem Meeresplakat*). Dann ist die Erdanziehungskraft ganz groß und das Boot geht runter.
- I:** Ja das stimmt auch. Du erklärst aber gerade das Untergehen. Das Boot soll aber aufsteigen.
- B:** Achso. Dann muss die Erdanziehungskraft weniger als die Auftriebskraft sein. Jetzt geht das Boot nach oben, weil der Auftrieb größer ist.
- I:** Genau. Ein U-Boot kann aufsteigen, sobald die Erdanziehungskraft geringer ist als die Auftriebskraft. Damit die Erdanziehungskraft nur so gering ist, muss das Boot sehr leicht sein. Das hast du gut erklärt (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?
- B:** Die geht unter.
- I:** (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Genau. Die Dose geht unter. Aber warum?
- B:** Weil da mehr drin ist. Also wird unser Boot schwerer (*B. legt das schwer beladene Boot auf die Tauchstufe 2*). Und das sind die Pfeile (*B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 daneben*). Dann noch den orangenen Pfeil (*B. legt den orangenen Pfeil nach oben gerichtet als Diffe-*

renz an die Druckpfeile) und die Erdanziehung (B. legt den längsten Erdanziehungspfeil nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil). Fertig.

I: Was würde jetzt mit dem Boot passieren?

B: Es würde untergehen.

I: Perfekt. Das stimmt.

Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung mit der mittlerer Beladung und tauscht den langen Erdanziehungspfeil mit dem mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil aus*). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?

B: Es muss schwerer werden (*B. ersetzt die mittlere Beladung mit der schweren Beladungsfläche*). Der Erdanziehungspfeil muss ganz lang sein (*B. tauscht den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebskraftpfeil*).

I: Genau. Jetzt würde das Boot sinken. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?

B: Dann würde es nach oben gehen, weil die Erdanziehungskraft weniger ist als die Auftriebskraft.

I: Perfekt. Sehr gut. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht (*I. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund*). Trotz dem leichten Gewicht des Bootes steigt es nicht auf. Hast du eine Erklärung dafür?

B: Ich weiß nicht. Es hängt vielleicht zu fest.

I: Ja es steckt im Schlamm fest. Aber hast du eine Erklärung dafür, warum das Boot trotz leichter Beladung nicht mehr auftaucht?

B: (...) Nein.

I: Okay. Nicht schlimm. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

4. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schülerin D

Dauer: 21:30 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Ja.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*I. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-

Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*l. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*l. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Ich habe es verstanden.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: Also, wenn ich einen Stein einfach loslasse, fällt er auf den Boden. Weil die Erde einen Druck auf alle Gegenstände ausübt.

I: Nennt man das Druck?

B: (...)

I: Warum fällt der Stein nach unten?

B: Anziehungen.

I: Genau, die Erde ZIEHT Gegenstände nach unten. Gibt es auch einen Unterschied zwischen leichten und schweren Gegenständen?

- B:** Leichte Gegenstände gehen ganz langsam zu Boden und schwere fallen sofort runter. Die Erde zieht schwere Gegenstände schneller nach unten als Leichte.
- I:** Genau. Sehr gut. Kannst du mir dann erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?
- B:** Umso tiefer man kommt, desto höher wird der Druck. Von unten drückt das Wasser dann mehr als von oben, weil die Unterseite des Bootes ja weiter unter Wasser ist als die Oberseite
- I:** Sehr gut. Perfekt erklärt. Schau mal, ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?
- B:** (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Das hier wiegt mehr (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).
- I:** Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?
- B:** Weil da kleine Steinchen drin sind.
- I:** Genau, aber warum musst du dann gegen die schwere Flasche stärker mit der Hand drücken?
- B:** (...)
- I:** Denke mal an die Erdanziehungskraft.
- B:** (*B. hebt die schwere Flasche hoch*). Das hier wird mehr von der Erde angezogen, weil es schwerer ist.
- I:** Ja sehr gut. Toll (*I. nimmt B. die Flaschen ab*). Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*I. hebt die Druckdose horizontal*

und deutet das Eintauchen in das Wasser an)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?

B: Dass sie in die Dose reingehen.

I: Ja genau. Und weißt du auch warum?

B: Der Druck ist an den beiden Seiten gleich stark und drückt sie ein.

I: Okay. Dann schauen wir mal *(I. führt die Dose horizontal in das Wassergefäß ein)*. Was kannst du erkennen?

B: Dass sie sich eindrücken.

I: Genau. Das Wasser drückt die blauen Flächen ein *(I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht)*. Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?

B: Die würden sich auch eindrücken.

I: Werden beide blauen Flächen gleichstark eingedrückt?

B: Nein. Die untere Fläche wird sich mehr eindrücken, weil der Druck unter stärker ist als oben.

I: Sehr gut *(I. führt die Dose senkrecht bis zur Hälfte in das Wassergefäß ein)*.

B: Ja.

I: Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?

B: Werden nochmal mehr eingedrückt. Unten aber mehr als oben, weil der Druck unten mehr ist.

I: *(I. führt die Dose senkrecht bis zum Boden des Wassergefäßes ein)*. Ganz genau. Die blauen Flächen werden nochmals mehr eingedrückt, weil der Druck ganz unten in dem Gefäß größer ist als weiter oben. Dann machen wir mal weiter. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen *(I. zeigt auf das Meeresplakat)*. Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot (*I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf*). Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht (*I. deutet auf die kleine Beladungsfläche*) und diese Fläche ist nicht ganz schwer (*I. deutet auf die mittlere Beladungsfläche*), aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. (*I. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite*). Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*I. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*I. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt I. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*I. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt I. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*I. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*I. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merkzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merkzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merkzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merkzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*l. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*l. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größere Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende

Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Ich finde sie gut.

I: Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?

B: Da der Druck hier (*B. deutet auf den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an der Unterseite des Bootes*) größer ist als dort oben (*B. deutet auf den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an der Oberseite des Bootes*), wird das Boot nach oben gedrückt. Und diese Kraft nennt man dann Auftriebskraft.

I: Perfekt (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Warum steigt die Dose auf?

B: Durch den unterschiedlichen Druck an der Ober- und Unterseite der Dose wird sie nach oben gedrückt. Also wegen der Auftriebskraft.

I: Ja. Kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?

B: So, mein Boot ist das (*B. legt das leicht beladene Boot auf die Tauchstufe 2*). Und der Druck drückt nach oben (*B. legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Unterseite des Bootes*) und der Druck von oben ist nicht so stark wie von unten (*B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an die Oberseite des Bootes*). Deswegen ist der untere Druck stärker und drückt die Dose nach oben. Das ist dann die Auftriebskraft

(B. legt den nach oben gerichteten Auftriebspfeil an die Unterseite des Bootes).

- I: Das hast du toll erklärt. Perfekt. Dann gehen wir mal weiter *(I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot und platziert den nach oben gerichteten Auftriebspfeil als Differenz der beiden Druckpfeile)*. Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen *(I. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat)*. Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang *(I. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt)*. Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz *(I. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt)*. Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den

Meeresgrund (*l. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*l. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch dass unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebspfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*l. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungspfeil (*l. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*l. verschiebt das Boot nicht*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

B: Ich habe es gut verstanden.

I: Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?

- B:** Das Boot muss leicht sein. Dann ist die Auftriebskraft stärker als die Erdanziehungskraft und das Boot geht nach oben.
- I:** Genau. Die Erdanziehungskraft ist geringer als die Auftriebskraft. Also überwiegt die Auftriebskraft und das Boot würde aufsteigen (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann machen wir schon weiter. Ich habe noch eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?
- B:** Die sinkt.
- I:** (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Ganz richtig. Die Dose sinkt. Warum sinkt die Dose?
- B:** Weil die Erdanziehungskraft da stärker ist als die Auftriebskraft.
- I:** Ja. Genau. Kannst du das auch auf dem Meeresplakat mit dem Boot und den Pfeilen darstellen?
- B:** (*B. legt das schwer beladene Boot auf die Tauchstufe 2*). Die Erdanziehungskraft ist stärker als die Auftriebskraft (*B. legt den längsten Erdanziehungspfeil nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Auftriebspfeil nach oben gerichtet an die Unterseite des Bootes*).
- I:** Es fehlen aber noch die grünen Pfeile.
- B:** (*B. legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Unterseite des Bootes und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an die Oberseite des Bootes*).
- I:** Sehr gut. Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung auf dem U-Boot durch die mittlere Beladung, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot, platziert den nach oben gerichteten Auftriebspfeil als Differenz*

der beiden Druckpfeile und legt den mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil daneben). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?

B: Ich muss verändern, dass das Boot mehr wiegt (*B. tauscht die mittlere Beladung mit der schweren Beladung aus*). Und die Erdanziehungskraft müsste größer sein (*B. tauscht den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebskraftpfeil*). Dann würde unser Boot weiter untergehen.

I: Gut gemacht. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?

B: Dann würde es wieder aufsteigen, weil die Erdanziehung kleiner als der Auftrieb ist.

I: Perfekt. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht (*I. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund*). Trotz dem leichten Gewicht des Bootes steigt es nicht auf. Hast du eine Erklärung dafür?

B: Es sitzt fest.

I: Haben wir eine Auftriebskraft?

B: Nein.

I: Und warum?

B: Weil das Boot zu nah an der Erdanziehungskraft ist.

I: Okay. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

5. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schüler E

Dauer: 36:40 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Ja.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*I. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-

Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*l. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*l. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Ich habe alles verstanden.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: Gegenstände fallen, wenn man sie nicht mehr festhält nach unten auf den Boden. Umso schwerer es ist, desto schneller geht der Gegenstand runter. Und wenn es leichter ist, geht der Gegenstand langsamer runter.

I: Ja sehr gut. Und wie nennt man diese Kraft der Erde, die Gegenstände nach unten zieht?

B: Erdanziehungskraft.

I: Perfekt. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?

B: So höher du bist/, also so tiefer du bist im Wasser, ist der Druck viel größer. Der Druck kommt von rechts, links also von vorne, hinten, rechts, links von

überall. Von unten ist mehr Druck, weil das Wasser mehr gegen das Boot drückt.

I: Genau. Der Wasserdruck ist umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Perfekt. Dann machen wir weiter. Ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?

B: (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Die ist viel schwerer und die ist viel leichter (*B. hebt erst die schwere Flasche und dann die leichte Flasche hoch*).

I: Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?

B: Ja, weil das Steine hat und das andere nur Wasser.

I: Denke an die Erdanziehungskraft zurück. Warum musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken als gegen die leichte Flasche?

B: (...)

I: Die eine Flasche ist schwerer. Wie du bereits weißt, werden schwere Gegenstände stärker von der Erde angezogen beziehungsweise nach unten gezogen als leichte Gegenstände. Warum musst du also mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken als gegen die leichte Flasche?

B: Sonst fällt es runter?

I: Du musst gegen die schwere Flasche stärker drücken, weil die schwere Flasche stärker von der Erde angezogen wird als die Leichte (*I. nimmt B. die Flaschen ab*).

B: Okay.

- I:** Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*l. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*l. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an*)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?
- B:** (...) Da kommt kein Wasser rein.
- I:** Ja genau, weil der Strohhalm aus dem Wasser rausschaut. Aber was passiert mit den blauen Flächen, wenn ich die Dose in das Wasser eintauche?
- B:** Sie werden reingedrückt.
- I:** Ja genau. Warum werden die blauen Flächen eingedrückt?
- B:** Hat es was mit der Erdanziehungskraft zu tun?
- I:** Nein. Denke an den Druck im Wasser.
- B:** (...) Ich weiß nicht, warum es passiert. Aber ich weiß, dass es passiert.
- I:** Okay. Wir schauen mal, ob du recht hast (*l. taucht die Dose horizontal in das Wassergefäß ein*). Was kannst du an den blauen Flächen erkennen?
- B:** Es wird gedrückt.
- I:** Die blauen Flächen werden eingedrückt. Erwähne dich an den Druck im Wasser zurück. Was hast du mir zu dem Bild erklärt (*l. deutet auf das Einstiegsbild*)?
- B:** Wegen dem Druck des Wassers werden die eingedrückt.
- I:** Ja genau (*l. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?
- B:** Werden sie immer noch eingedrückt.
- I:** Und werden beide Flächen gleichstark eingedrückt?

- B:** Diese weniger (*B. deutet auf die obere blaue Fläche*) und diese mehr (*B. deutet auf die untere blaue Fläche*).
- I:** Dann schauen wir mal (*I. taucht die Dose senkrecht bis zur Hälfte in das Wassergefäß ein*).
- B:** So wie ich gesagt habe.
- I:** Ja genau. Und warum wird die untere blaue Fläche stärker eingedrückt als die obere blaue Fläche?
- B:** Hier hat es weniger Druck (*B. deutet auf den Teil des Wassergefäßes oberhalb der Druckdose*) und hier ist es mehr Druck (*B. deutet auf den Teil des Wassergefäßes unterhalb der Druckdose*). Und deshalb wird es unten mehr eingedrückt.
- I:** Sehr gut. Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?
- B:** Das wird mehr eingedrückt (*B. deutet auf die obere blaue Fläche*) aber das wird immer noch mehr eingedrückt (*B. deutet auf die untere blaue Fläche*).
- I:** Okay (*I. taucht die Dose senkrecht bis zum Boden des Wassergefäß ein*). Sehr gut. Du hast recht. Die obere blaue Fläche wird mehr eingedrückt als zuvor. Trotzdem ist die untere blaue Fläche noch stärker eingedrückt. Warum ist das so?
- B:** Weil da unten mehr Druck ist (*B. deutet auf den Teil des Wassergefäßes unterhalb der Druckdose*) als weiter oben.
- I:** Sehr gut. Dann machen wir mal weiter. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen (*I. zeigt auf das Meeresplakat*). Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)
- Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot (*I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf*).
- B:** Dann ist das U-Boot 10 Meter hoch?

I: Ja genau. Das Boot ist ein ganz hohes U-Boot. Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht (*I. deutet auf die kleine Beladungsfläche*) und diese Fläche ist nicht ganz schwer (*I. deutet auf die mittlere Beladungsfläche*), aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. (*I. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite*). Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*I. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*I. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt I. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*I. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt I. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*I. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*I. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merktzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht

so tief ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*l. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*l. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größere Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Gut. Ich verstehe alles.

I: Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?

B: Also hier ist stärkerer Druck (*B. deutet auf den Teil des Meeresplakat unterhalb des U-Bootes*) und deshalb auch ein längerer Pfeil. Hier ist der Druck wenig (*B. deutet auf den Teil des Meeresplakat oberhalb des U-Bootes*). Also geht das Boot hoch.

I: Sehr gut. Da der Druck auf die Unterseite des Bootes stärker ist als auf die Oberseite, wird das U-Boot nach oben geschoben. Kannst du mir auch sagen, wie man diese nach oben schiebende Kraft nennt?

B: Auftriebskraft (*B. liest die Bezeichnung von dem Merkzettel ab*).

I: Perfekt (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Warum steigt die Dose auf?

B: Weil es nicht so schwer ist. Nur paar kleine Steine (unv.).

I: Ja. Die Dose ist leicht. Kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?

B: (*B. legt das leicht beladene Boot auf die Tauchstufe 3*). Den Druck hier (*B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Oberseite des Bootes und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 4 an die Unterseite des Bootes*). Das Boot ist ganz leicht. Das ist dann ein Kampf zu zweit und das Boot ist nicht schwer und geht dann mit der Kraft sofort hoch. So (*B. legt den nach oben gerichteten Auftriebspfeil an die Unterseite des Bootes*).

I: Was meinst du mit Kampf?

- B:** Kampf zwischen unten und oben.
- I:** Und wer gewinnt den Kampf?
- B:** Der Untere, weil der stärker ist als der Obere.
- I:** Was genau ist stärker? Versuch es mal genauer zu erklären.
- B:** Also, der Druck hier ist stärker (*B. deutet auf den Teil des Meeresplakat unterhalb des U-Bootes*) als der Druck hier oben (*B. deutet auf den Teil des Meeresplakat oberhalb des U-Bootes*). Deshalb gewinnt der untere Druck und das Boot geht hoch.
- I:** Sehr gut erklärt. Dann gehen wir mal weiter (*I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung, platziert das Boot auf der Tauchstufe 2, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot und platziert den nach oben gerichteten Auftriebspfeil als Differenz der beiden Druckpfeile*). Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen (*I. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat*). Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang (*I. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht,

ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz (*l. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (*l. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*l. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch dass unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebspfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*l. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*l. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*l. verschiebt das Boot nicht*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas für dich unklar?

B: Gut. Ich verstehe alles.

I: Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?

B: Also, wenn das Boot ganz leicht, geht es sofort hoch. Die Erdanziehungskraft ist dann auch nicht so stark.

I: Genau. Die Erdanziehungskraft ist nur gering. Welche Kraft überwiegt dann?

B: Auftriebskraft.

I: Perfekt. Die Erdanziehungskraft ist geringer als die Auftriebskraft. Deshalb überwiegt die Auftriebskraft und das Boot würde aufsteigen (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?

B: (...) Sie würde sinken.

I: Schauen wir mal (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Ganz richtig. Sie sinkt. Warum sinkt die Dose?

B: Weil es schwer ist.

I: Die Dose ist schwer. Das stimmt. Kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist wieder das U-Boot.

B: Das Boot muss schwer sein (*B. platziert das schwer beladene Boot auf der Tauchstufe 1*). Dann so (*B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der*

Tauchstufe 1 an die Oberseite des Bootes und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an die Unterseite des Bootes). Das Boot ist schwer und sinkt.

I: Du brauchst aber noch einen Pfeil für die Erdanziehungskraft und Auftriebskraft.

B: Wenn das Boot schwer ist, braucht man den Pfeil (*B. legt den nach oben gerichteten langen Erdanziehungspfeil an die Oberseite des Bootes*) und der Pfeil zeigt nach oben (*B. legt den nach oben gerichteten Auftriebspfeil an die Unterseite des Bootes*).

I: Sind beide Kräfte nach oben gerichtet?

B: Oh, nein (*B. dreht den Erdanziehungspfeil, damit er nach unten gerichtet ist*).

I: Genau, jetzt stimmen die Pfeile. Kannst du jetzt nochmals alles erklären?

B: Das Boot sinkt, weil die Erdanziehung stärker ist als der Auftrieb.

I: Genau. Die Erdanziehungskraft ist stärker als die Auftriebskraft und das Boot sinkt. Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung auf dem U-Boot durch die mittlere Beladung, platziert das Boot auf der Tauchstufe 2, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot, platziert den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile und legt den mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil daneben*). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?

B: Wenn es eine Dose wäre, könnte man etwas rein machen.

I: Was würde dann mit der Dose passieren?

B: Dann wird die Dose schwerer.

I: Genau. Dann verändere das Boot mal auf dem Plakat.

- B:** *(B. ersetzt die mittlere Beladung mit der schweren Beladung).*
- I:** Sehr gut. Jetzt ist das Boot schwer. Was muss sich jetzt an den Pfeilen verändern?
- B:** Die Erdanziehungskraft wird größer *(B. tauscht den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil aus und dreht ihn um, damit die Pfeilspitze nach oben gerichtet ist).*
- I:** Muss die Erdanziehungskraft nach oben zeigen. Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft Gegenstände nach unten zieht.
- B:** Oh *(B. dreht den Erdanziehungspfeil, damit er nach unten gerichtet ist).* Dafür muss aber der Auftriebspfeil nach unten *(B. dreht den Auftriebspfeil, damit er nach unten gerichtet ist).*
- I:** Jetzt würde das Boot untergehen?
- B:** Ja.
- I:** Okay. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?
- B:** Das Boot würde hoch gehen, weil der Auftrieb größer ist als die Erdanziehungskraft.
- I:** Sehr gut. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht *(I. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund).* Trotz dem leichten Gewicht des Bootes steigt es nicht auf. Hast du eine Erklärung dafür?
- B:** Dazu kann ich nichts sagen. Das weiß ich nicht.
- I:** Okay. Nicht schlimm. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

6. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schülerin F

Dauer: 28:33 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Ja.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*I. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-

Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*l. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*l. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Gut.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: Kann ich nicht.

I: Versuche es einfach. Was macht die Erdanziehungskraft mit Gegenständen?

B: (...) Sie zieht die nach unten.

I: Genau. Die Erdanziehungskraft zieht Gegenstände nach unten und welche Gegenstände werden stärker von der Erde angezogen?

B: Die schweren Gegenstände zieht die Erde stärker an.

I: Ganz genau. Die schweren Gegenstände werden stärker von der Erde angezogen als die leichten Gegenstände.

Perfekt. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?

B: (...)

I: Du kannst gerne das Bild zum Erklären nehmen (*I. deutet auf das Bild vom Einstieg*).

B: Hier ist viel Wasser (*B. deutet auf den langen Pfeil an der Unterseite des U-Boot*es auf dem Einstiegsbild) und dort ist wenig Wasser (*B. deutet auf den kurzen Pfeil an der Oberseite des U-Boot*es auf dem Meeresplakat).

I: Das ist nicht ganz richtig. Du sagst, dass über dem Boot weniger Wasser ist und unter dem Boot mehr Wasser. Das kann möglich sein, muss aber nicht unbedingt. Wir wissen ja nicht, wie tief das U-Boot unter Wasser ist. Schau dir das Bild an. Warum ist der untere Pfeil länger als der obere Pfeil?

B: (...) Weil da mehr Wasser ist.

I: Das wissen wir aber nicht. Es kann auch sein, dass dieses Boot ganz tief unter Wasser ist und dort schon fast den Meeresgrund berührt. Dann ist unter dem Boot weniger Wasser als über dem Boot. (...) Die grünen Pfeile zeigen an, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt (*I. deutet auf die Pfeile auf dem Einstiegsbild*). Der untere Pfeil ist länger als der Pfeil oben, da sich die Unterseite des Bootes tiefer im Wasser befindet und dort das Wasser stärker gegen das U-Boot drückt als weiter oben (*I. deutet auf den kurzen Pfeil an der Oberseite und auf den langen Pfeil an der Unterseite*). Je tiefer man sich also im Wasser befindet, desto größer ist der Wasserdruck. Kannst du das jetzt nochmals wiederholen?

B: (...) Nein.

I: Okay. Dann machen wir weiter. Schau mal, ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?

B: (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Die ist schwerer und die ist leichter (*B. hebt zuerst die schwere Flasche hoch und anschließend die leichtere Flasche*).

- I:** Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?
- B:** Weil hier Steine drin sind (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).
- I:** Die Flasche ist wegen den Steinen schwerer. Das stimmt. Aber warum musst du mit der einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die Leichten? Denke an die Erdanziehungskraft.
- B:** (...)
- I:** Wir wissen das die Erdanziehungskraft schwere Gegenstände STÄRKER nach unten zieht als Leichte. Warum musst du also mit deiner Hand stärker gegen die schwere Flaschen drücken als gegen die leichte Flasche?
- B:** (...) Weil die schwere Flasche mehr nach unten gezogen wird und ich dann dagegen drücken muss.
- I:** Ja genau. Du musst gegen die schwere Flasche stärker drücken, da die schwere Flasche stärker von der Erde angezogen wird als die leichte Flasche. Und diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft (*I. nimmt B. die Flaschen ab*).
- B:** Ja.
- I:** Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*I. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an*)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?
- B:** (...) Die werden sich gedrückt.
- I:** Meinst du, dass die blauen Seiten eingedrückt werden?
- B:** Ja.

- I:** Okay. Dann schauen wir mal (*I. führt die Dose horizontal in das Wassergefäß ein*). Was kannst du erkennen?
- B:** Die werden eingedrückt.
- I:** Genau, gut beobachtet. Weißt du auch warum die blauen Flächen eingedrückt werden?
- B:** (...)
- I:** Denke an den Druck im Wasser. Warum werden die Seiten eingedrückt?
- B:** Weil viel Wasser drin ist.
- I:** Und was macht das Wasser mit dem Gegenstand?
- B:** Erdanziehungskraft?
- I:** Nein. Nicht schlimm. Ich erkläre es dir. Das Wasser drückt auf jeden Gegenstand im Wasser. Wenn ich also diese Dose in das Wasser eintauche, drückt das Wasser auf die Dose. Die blauen Seitenflächen werden also durch den Druck des Wassers eingedrückt. (*I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche? Was wirst du jetzt an den blauen Flächen beobachten können?
- B:** Nur eine drückt sich ein.
- I:** Und welche drückt sich ein?
- B:** Die untere Fläche (*B. deutet auf die untere blaue Fläche*).
- I:** Dann schauen wir mal (*I. taucht die Dose senkrecht bis zur Hälfte in das Wassergefäß ein*). Was erkennst du jetzt?
- B:** Die untere Fläche ist eingedrückt.
- I:** Und was ist mit der oberen blauen Fläche?
- B:** Wird nur ein bisschen eingedrückt.

I: Genau. Beide blauen Flächen werden eingedrückt, jedoch unterschiedlich stark. Warum ist die untere blaue Fläche stärker eingedrückt als die obere Fläche?

B: (...)

I: Das Wasser drückt auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet. Dazu habe ich dir erklärt, dass das Wasser gegen die Unterseite eines Gegenstandes stärker drückt als gegen die Oberseite. Warum sind die blauen Flächen also unterschiedlich stark eingedrückt?

B: Weil es unten mehr Druck gibt und oben weniger Druck.

I: Genau und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?

B: Dann gibt es unten nochmal mehr Druck als oben und die Untere ist stärker eingedrückt als die Obere.

I: *(I. taucht die Dose bis zum Boden des Wassergefäßes ein).* Sehr gut. Das stimmt. Gut gemacht. Dann machen wir mal weiter. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen *(I. zeigt auf das Meeresplakat).* Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot *(I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf).* Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht *(I. deutet auf die kleine Beladungsfläche)* und diese Fläche ist nicht ganz schwer *(I. deutet auf die mittlere Beladungsfläche)*, aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. *(I. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite).* Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot

drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*l. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*l. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*l. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merktzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*I. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*I. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größere Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Du hast gut deutlich gesprochen und das fand ich gut.

I: Danke. Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?

B: Dieser Pfeil (*B. deutet auf den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an der Unterseite des Bootes*) ist größer als der Pfeil (*B. deutet auf den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an der Oberseite des Bootes*). Deshalb schiebt sich das Boot nach oben.

- I:** Und wie nennt man diese Kraft, die das Boot nach oben schiebt?
- B:** (...) Auftriebskraft (*B. liest die Bezeichnung von dem Merktzettel ab*).
- I:** Genau. Sehr gut. (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Warum steigt die Dose auf?
- B:** Weil das zu leicht ist.
- I:** Wie würde das dann auf dem Meeresplakat aussehen? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?
- B:** Okay (*B. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf der Tauchstufe 2*). (...)
- I:** Welche grünen Druckpfeile brauchst du noch?
- B:** Die hier (*B. legt neben das Boot den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3*).
- I:** Sehr gut. Was fehlt jetzt noch?
- B:** Der orangene Pfeil (*B. legt den orangenen Pfeil nach oben gerichtet als Differenz an die Druckpfeile*).
- I:** Toll. Was würde dann jetzt mit dem U-Boot passieren?
- B:** Es würde nach oben gehen.
- I:** Ja genau. Es würde an die Wasseroberfläche steigen. Das hast du toll gemacht. Dann machen wir mal weiter (*I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung*). Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser

verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen (*l. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat*). Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang (*l. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz (*l. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (*l. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*l. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch das unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebspfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach

oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*l. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*l. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*l. verschiebt das Boot nicht*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas für dich unklar?

B: Gut.

I: Perfekt. Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?

B: Die Erdanziehungskraft muss geringer sein als der orangene Pfeil und das Boot muss leicht sein, dann würde das Boot hoch gehen.

I: Ja perfekt. Genau. Die Erdanziehungskraft ist sehr gering, da das Boot nur sehr leicht ist. Deshalb überwiegt die Auftriebskraft und das Boot würde aufsteigen. (*l. entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet (*l. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?

B: Dann würde es runter gehen.

- I:** Dann schauen wir mal, ob das stimmt (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Du hast recht. Sie sinkt. Und warum sinkt die Dose auf den Boden?
- B:** Weil sie schwerer ist als die andere.
- I:** Kannst du die Situation an dem Meeresplakat darstellen. Also angenommen die schwere Dose wäre das U-Boot?
- B:** So (*B. legt das Boot mit schwerer Beladung auf die Tauchstufe 2*).
- I:** Genau. Wir haben ein schwer beladenes U-Boot. Welche grünen Druckpfeile brauchen wir?
- B:** Das hier (*B. legt neben das Boot den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3*).
- I:** Sehr gut.
- B:** Es soll sinken?
- I:** Ja genau. Das Boot soll sinken. Was brauchen wir dann noch?
- B:** (*B. legt den langen Erdanziehungspfeile nach oben gerichtet neben die Druckpfeile*)
- I:** Muss die Pfeilspitze der Erdanziehungskraft nach unten oder nach oben schauen?
- B:** Die schaut nach unten (*B. dreht den langen Erdanziehungspfeil um, damit die Spitze nach unten gerichtet ist*).
- I:** Und was ist mit der Auftriebskraft?
- B:** Die kommt da hin (*B. legt den orangenen Pfeil nach oben gerichtet als Differenz an die Druckpfeile*).
- I:** Sehr gut. Die Pfeile liegen alle richtig. Was würde dann jetzt mit dem U-Boot passieren?
- B:** Es würde jetzt hier runterkommen (*B. deutet auf dem Meeresplakat auf den Meeresgrund*).

- I:** Perfekt. Dann sind wir schon am letzten Schritt angekommen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung auf dem Boot mit der mittleren Beladung und tauscht den langen Erdanziehungspfeil mit dem mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil aus*). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?
- B:** (...)
- I:** Wie groß muss die Erdanziehung sein, damit das Boot sinkt?
- B:** So (*B. ersetzt den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebskraftpfeil*).
(...)
- I:** Muss sich auch an dem U-Boot etwas verändern?
- B:** Ja (*B. tauscht die mittlere Beladung auf dem Boot mit der schweren Beladung aus*).
- I:** Sehr gut. Perfekt. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?
- B:** Es kommt hoch.
- I:** Ja genau. Das U-Boot würde aufsteigen. Aber warum? Kannst du das noch kurz erklären?
- B:** Weil die Erdanziehungskraft kleiner als die Auftriebskraft ist.
- I:** Perfekt. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht (*I. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund*).

Trotz dem leichten Gewicht des Bootes steigt es nicht auf. Hast du eine Erklärung dafür?

B: (...) Vielleicht muss die Erdanziehungskraft weg. Dann kann das Boot hoch gehen.

I: Die Erdanziehungskraft zieht Gegenstände aber immer nach unten.

B: Dann weiß ich es nicht.

I: Okay. Nicht schlimm. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

7. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schüler G

Dauer: 24:39 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Ja.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*I. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-

Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*l. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*l. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Ich verstehe alles.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: (...)

I: Was passiert, wenn ich einen Gegenstand in der Luft loslasse?

B: Er fällt auf den Boden.

I: Genau. Und warum fällt er auf den Boden?

B: Die Erdanziehungskraft zieht den Gegenstand herunter und schwere Gegenstände werden stärker heruntergezogen als leichte Gegenstände.

I: Genau. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?

B: Unten hat das Wasser mehr Druck. Also unten ist mehr Druck und oben ist weniger Druck.

- I:** Genau. Je tiefer man sich im Wasser befindet, umso stärker drückt das Wasser. Deshalb drückt das Wasser auch stärker gegen die Unterseite des Bootes als gegen die Oberseite. Schau mal, ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?
- B:** (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Die Flasche ist schwerer als die andere Flasche (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).
- I:** Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?
- B:** Weil die Steine sind schwerer.
- I:** Ja. Die eine Flasche ist schwerer. Aber warum musst du dann mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken als gegen die Leichte? Denke an die Erdanziehungskraft.
- B:** Weil die schwere Flasche stärker nach unten gezogen wird als die andere Flasche. Die Erde zieht die schwere Flasche mehr an.
- I:** Sehr gut (*I. nimmt B. die Flaschen ab*). Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*I. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an*)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?
- B:** (...) Das die Flächen nach außen gehen.
- I:** Dann schauen wir mal (*I. führt die Dose horizontal in das Wassergefäß ein*). Was kannst du erkennen?
- B:** Die blauen Flächen werden eingedrückt.

- I:** Genau. Und warum werden die blauen Flächen eingedrückt?
- B:** Weil /(...)
- I:** Denke an den Druck im Wasser.
- B:** Das Wasser drückt die Seiten rein.
- I:** Ja genau (*I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?
- B:** Die werden auch eingedrückt.
- I:** Werden beide Flächen gleich stark eingedrückt?
- B:** Nein. Die obere Fläche wird nicht so stark eingedrückt.
- I:** Okay. Schauen wir mal (*I. führt die Dose senkrecht bis zur Hälfte des Wassergefäßes ein*). Die untere Fläche wird mehr eingedrückt als die obere Fläche. Das hast du richtig erkannt. Aber warum ist das so?
- B:** Weil unten ist mehr Druck und oben weniger.
- I:** Ganz genau. Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?
- B:** Dann werden beide nochmal mehr eingedrückt. Aber unten trotzdem mehr als oben.
- I:** (*I. taucht die Dose senkrecht bis zum Boden des Wassergefäßes ein*). Genau, warum ist das so?
- B:** Unten wird der Druck größer und deshalb wird die Fläche unten noch mehr eingedrückt als oben.
- I:** Ganz genau. Dann machen wir mal weiter. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen (*I. zeigt auf das Meeresplakat*). Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot (*I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf*). Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht (*I. deutet auf die kleine Beladungsfläche*) und diese Fläche ist nicht ganz schwer (*I. deutet auf die mittlere Beladungsfläche*), aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. (*I. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite*). Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*I. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*I. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt I. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*I. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt I. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*I. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*I. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merktzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*l. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*l. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größere Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende

Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Gut. Ich verstehe alles.

I: Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft wie Wasser entsteht?

B: Also von unten kommt mehr Druck als von oben, deshalb ist der untere Pfeil auch länger (*B. deutet auf den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 auf dem Meeresplakat*). Deshalb wird unser Boot nach oben verschoben, weil auf die Unterseite stärker gedrückt wird.

I: Ganz genau. Wie nennt man diese nach oben schiebende Kraft?

B: Auftriebskraft.

I: Perfekt (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Warum steigt die Dose auf?

B: (...) Weil die leichten Gegenstände im Wasser hoch gehen.

I: Okay. Kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot? Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?

B: (*B. platziert das U-Boot auf der Tauchstufe 2*) (...)

I: Das Boot ist ganz leicht.

B: Ja (*B. platziert die leichte Beladung auf dem Boot*). (...)

I: Was für Pfeile brauchst du noch auf dem Plakat?

- B:** Wir brauchen den Pfeil (*B. legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Unterseite des Bootes*) und den (*B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an die Oberseite des Bootes*).
- I:** Perfekt. Kannst du nochmals erklären, was jetzt mit dem Boot passiert?
- B:** Die Dose ist ganz leicht und was leicht ist, steigt dann im Wasser auf.
- I:** Ja, aber kannst du das auch mit den Pfeilen auf dem Plakat erklären?
- B:** Also der untere Pfeil drückt die Dose nach oben und der andere Pfeil drückt die Dose nach unten.
- I:** Und warum steigt die Dose dann auf?
- B:** Weil unten mehr Kraft kommt als oben und dann wird die Dose nach oben geschoben.
- I:** Und wie nennt man diese nach oben schiebende Kraft?
- B:** Auftriebskraft.
- I:** Genau. Für diese Auftriebskraft benötigen wir auf dem Plakat auch noch einen Pfeil.
- B:** Den legen wir hier hin (*B. legt den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil an die Unterseite des Bootes*).
- I:** Sehr gut. Dann ist alles richtig. Machen wir weiter (*I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot und platziert den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile*). Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist

umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen (*l. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat*). Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang (*l. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz (*l. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (*l. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*l. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch das unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebskraftpfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist

(I. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil *(I. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil).* Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser *(I. verschiebt das Boot nicht).*

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

B: Auch gut.

I: Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?

B: (...) Also, wenn die Erdanziehungskraft größer ist, sinkt das Boot.

I: Das Boot soll aber aufsteigen.

B: Dann ist es der kleine Erdanziehungspfeil, weil der das Boot nicht so runterziehen kann. Die Erdanziehung ist also kleiner als der Auftrieb und dann steigt das Boot.

I: Genau. Sehr gut *(I. entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat).* Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet *(I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand).* Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?

B: Die geht dann runter.

- I:** *(I. lässt die Dose unter Wasser los).* Sehr gut. Und warum geht diese Dose unter?
- B:** Weil die Dose schwer ist und schwere Gegenstände gehen sofort runter.
- I:** Okay. Kannst du das auch auf dem Meeresplakat und den Pfeilen darstellen? Also angenommen die schwere Dose wäre ein U-Boot.
- B:** Das sieht dann so aus. Das Boot ist ganz schwer *(B. platziert das schwer beladene U-Boot auf der Tauchstufe 2).* Das ist so *(B. legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Unterseite des Bootes)* und das ist so *(B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an die Oberseite des Bootes).* (...)
- I:** Was ist mit der Erdanziehungs- und Auftriebskraft?
- B:** Also der da so *(B. legt den nach oben gerichteten Auftriebspfeil an die Unterseite des Bootes)* und der Erdanziehungspfeil zeigt dann nach unten *(B. legt den langen nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil an die Oberseite des Bootes).*
- I:** Sehr gut. Das stimmt. Jetzt würde das Boot untergehen, da die Erdanziehungskraft größer ist als die Auftriebskraft. Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser *(I. ersetzt die schwere Beladung auf dem U-Boot durch die mittlere Beladung, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot, platziert den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile und legt den mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil daneben).* Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?
- B:** Das Boot muss dann schwerer sein *(B. tauscht die mittlere Beladung mit der schweren Beladung aus)* und die Erdanziehungskraft zeigt nach unten und ist größer als der Auftriebskraftpfeil *(B. ersetzt den mittleren Erdanziehungspfeil*

mit dem langen Erdanziehungspfeil und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebskraftpfeil).

I: Dann würde das Boot /?

B: Sinken.

I: Genau. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?

B: Das Boot wird dann ganz leicht und geht nach oben. Der Erdanziehungspfeil ist dann nicht mehr groß, sondern ganz klein und kann das Boot nicht mehr nach unten ziehen.

I: Dann überwiegt nämlich die Auftriebskraft und das Boot würde aufsteigen. Sehr gut. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht (*! platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund*). Trotz dem leichten Gewicht des Bootes steigt es nicht auf. Hast du eine Erklärung dafür?

B: (...)

I: Unter dem Boot ist kein Wasser mehr. Haben wir dann einen Auftrieb?

B: Nein.

I: Und warum nicht.

B: Weil das Boot im Sand feststeckt.

I: Okay. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

8. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schüler H

Dauer: 20:32 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Ja. Ein Boot das unter Wasser schwimmen kann.

I: Genau. Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*I. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte

U-Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*I. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*I. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Gut.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: Wenn man eine Sache in der Luft loslässt, fällt sie nach unten. Desto schwerer die Sache ist, desto schneller fällt sie nach unten. Die Erde zieht die Sachen an.

I: Ja und wie nennt man diese Kraft der Erde?

B: Erdanziehungskraft.

I: Sehr gut. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?

B: Hier unten drückt das Wasser fester (*B. deutet auf dem Einstiegsbild auf den langen Pfeil an der Unterseite des Bootes*). Das Wasser drückt aber auch von allen Seiten. Aber unten mehr.

- I:** Ja genau. Sehr gut. Dann habe ich zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?
- B:** (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Ich fühle das diese Flasche schwerer ist (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).
- I:** Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?
- B:** Weil hier ist Wasser mit Steinen (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).
- I:** Ja die Flasche ist schwerer. Aber warum musst du mit der Hand die schwere Flasche stärker nach oben drücken? Denke an die Erdanziehungskraft.
- B:** Das ist schwerer und wird mehr von der Erde stärker angezogen.
- I:** Ja genau. Die schwere Flasche wird stärker von der Erde angezogen als die Leichte. Perfekt (*I. nimmt B. die Flaschen ab*). Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*I. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an*)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?
- B:** Es drückt die Flächen ein.
- I:** Dann schauen wir mal (*I. führt die Dose horizontal in das Wassergefäß ein*). Was kannst du erkennen?
- B:** Ja es drückt ein bisschen rein.
- I:** Und warum werden die blauen Flächen eingedrückt?
- B:** Weil, dass Wasser drückt von jeder Seite. Nur erkennt man das da besser, weil das aus Gummi ist (*B. deutet auf die blauen Flächen*).

- I:** Genau. Das Wasser drückt die blauen Flächen ein (*I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?
- B:** Es drückt dann von oben und von unten rein.
- I:** Werden beide blauen Flächen gleichstark eingedrückt?
- B:** Nein. Die untere Fläche wird mehr eingedrückt, weil der Druck unter stärker ist.
- I:** Sehr gut (*I. führt die Dose senkrecht bis zur Hälfte in das Wassergefäß ein*).
- B:** Ja.
- I:** Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?
- B:** Werden nochmal mehr eingedrückt. Aber unten mehr, weil unten der Druck stärker ist.
- I:** (*I. führt die Dose senkrecht bis zum Boden des Wassergefäßes ein*). Ganz genau. Die blauen Flächen werden nochmals mehr eingedrückt, weil der Druck ganz unten in dem Gefäß nochmals zunimmt. Dann machen wir mal weiter. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen (*I. zeigt auf das Meeresplakat*). Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot (*I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf*). Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht (*I. deutet auf die kleine Beladungsfläche*) und diese Fläche ist nicht ganz schwer (*I. deutet auf die mittlere Beladungsfläche*), aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. (*I. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerich-*

tet an die Unterseite). Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*l. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*l. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*l. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merktzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*1. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*1. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größere Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Gut.

I: Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?

B: Also von unten wird stärker gedrückt als von oben und deshalb geht das Boot nach oben.

I: Ja genau. Das Wasser drückt stärker gegen die Unterseite als gegen die Oberseite. Und wie nennt man diese Kraft, die das Boot nach oben schiebt?

- B:** Auftriebspfeil (*B. liest die Beschriftung auf dem Pfeil der Auftriebskraft ab*).
- I:** Diese Kraft nennt man Auftriebskraft.
- B:** Okay.
- I:** Perfekt (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Warum steigt die Dose auf?
- B:** Weil die Dose, wenn sie voll wäre, nach unten gehen würde. Aber diese Dose ist leichter und sie geht direkt nach oben.
- I:** Und warum genau, steigt die Dose nach oben?
- B:** Also die Auftriebskraft schiebt die Dose nach oben.
- I:** Ja genau. Kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?
- B:** Wenn es hier ist (*B. platziert das Boot auf der Tauchstufe 2*) und es ist leicht (*B. platziert auf dem Boot die leichte Beladung*). Es ist leicht, also würde es der Druck nach oben schieben (*B. platziert den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an der Unterseite des Bootes*) und der Druck nach unten (*B. platziert den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an der Oberseite des Bootes*). Von unten drückt es stärker und das Boot geht nach oben.
- I:** Und wie kann man diese nach oben schiebende Kraft darstellen?
- B:** (*B. platziert den nach oben gerichteten Pfeil der Auftriebskraft an der Unterseite des Bootes*). Das ist die Auftriebskraft.
- I:** Genau. Sehr gut. Dann gehen wir mal weiter (*I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung, legt den nach oben gerichteten*

Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot und platziert den nach oben gerichteten Auftriebspfeil als Differenz der beiden Druckpfeile). Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen (I. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat). Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang (I. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt). Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz (I. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (I. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (I. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus). Dadurch das unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen.

Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebspfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*l. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*l. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*l. verschiebt das Boot nicht*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

- B:** Ich verstehe alles.
- I:** Okay. Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?
- B:** Also, wenn es schwer ist (...) nein es muss leicht sein. Wenn das Boot leicht ist, kann es aufsteigen, weil dann die Erdanziehungskraft klein ist und der Auftrieb größer. Dann steigt das Boot hoch.
- I:** Sehr gut. Perfekt. Die Erdanziehungskraft ist geringer als die Auftriebskraft und deshalb steigt das Boot nach oben, da die Auftriebskraft überwiegt (*l.*

entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat). Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet (I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand). Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?

B: Sie sinkt nach unten, weil sie schwer ist.

I: Dann schauen wir mal (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Ja genau. Kannst du auch erklären, warum die Dose nach unten sinkt?

B: Das ist genau wie hier (*B. deutet auf das Meeresplakat*).

I: Verwende zum Erklären das Meeresplakat mit den Pfeilen.

B: Die Dose ist schwer (*B. platziert das schwer beladene U-Boot auf der Tauchstufe 2*). Also nach oben ist es größer (*B. platziert den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an der Unterseite des Bootes und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an der Oberseite des Bootes*). (...)

I: Was genau ist von unten größer als von oben?

B: Der Druck des Wassers.

I: Sehr gut.

B: Soll ich weiter machen?

I: Ja.

B: Die Erdanziehungskraft zeigt nach unten und ist ganz groß (*B. legt den nach unten gerichteten längsten Erdanziehungspfeil an die Oberseite des Bootes*) und die Auftriebskraft nach oben ist kleiner als die Erdanziehungskraft (*B. legt die nach oben gerichtete Auftriebskraft an die Unterseite des Bootes*). Also würde das U-Boot sinken.

I: Sehr gut. Ganz richtig. Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung auf dem U-Boot durch die mittlere Beladung, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil*

der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot, platziert den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile und legt den mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil daneben). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?

B: Das Boot muss schwer sein (*B. tauscht die mittlere Beladung mit der schweren Beladung aus*). Dann muss die Erdanziehungskraft größer sein als die Auftriebskraft (*B. ersetzt den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebskraftpfeil*). Dann würde das Boot sinken.

I: Sehr gut. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?

B: Es würde ganz leicht werden und die Erdanziehungskraft würde ganz wenig sein. Die Auftriebskraft wäre dann mehr als die Erdanziehungskraft und das Boot würde nach oben kommen.

I: Gut erklärt. Perfekt. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht (*I. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund*). Trotz dem leichten Gewicht des Bootes steigt es nicht auf. Hast du eine Erklärung dafür?

B: (...) Nein. Das weiß ich nicht.

I: Befindet sich unter dem Boot Wasser?

B: Nein.

I: Haben wir also eine Auftriebskraft?

B: Nein.

I: Und warum erfährt das U-Boot keine Auftriebskraft?

B: Ich weiß nicht.

I: Okay. Das ist nicht schlimm. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

9. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schülerin I

Dauer: 31:16 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Na klar.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*l. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser

und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*l. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*l. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Ich verstehe alles.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: (...) Ich weiß es nicht mehr.

I: Was macht die Erdanziehungskraft mit Gegenständen?

B: Drücken (...)?

I: Wenn ich einen Gegenstand in der Luft loslasse (*l. lässt einen Stift in der Luft fallen*), fällt dieser auf den Boden. Warum ist das so?

B: (...)

I: Die Erdanziehungskraft zieht alle Gegenstände nach unten und deshalb ist der Stift auf den Boden gefallen. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto stärker wird der Gegenstand von der Erde angezogen. Die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft ist somit größer als bei leichten Gegenständen. Kannst du das nun nochmals wiederholen?

- B:** Der Stift ist nach unten gefallen, weil die Erde ihn anzieht an.
- I:** Ja genau. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erklärt habe? Du kannst auch gerne das Bild als Unterstützung nehmen (*I. deutet auf das Bild vom Einstieg*).
- B:** Unten ist der Pfeil länger als da oben (*B. deutet auf dem Einstiegsbild erst auf den langen unteren Pfeil und anschließend auf den kurzen Pfeil an der Oberseite des Bootes*). (...)
- I:** Ja das stimmt. Warum ist der Pfeil an der Unterseite des Bootes länger als an der Oberseite?
- B:** Weil da mehr Wasser drückt.
- I:** Ja. Das Wasser drückt von unten stärker gegen das Boot als von oben, deshalb ist der untere Pfeil länger als der Obere. Der Wasserdruck nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Schau mal, ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?
- B:** (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Die ist schwerer (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).
- I:** Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?
- B:** (...) Ich weiß es nicht.
- I:** Denke an die Erdanziehungskraft. Was habe ich dir vorhin über die Erdanziehungskraft erklärt?
- B:** (...)
- I:** Die Erdanziehungskraft zieht alle Gegenstände nach unten. Schwere Gegenstände werden nochmals stärker von der Erde angezogen als leichte Gegen-

stände. Warum musst du also mit der einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche?

B: Mir fällt dazu nichts ein. Ich weiß nichts mehr.

I: Okay (*I. nimmt B. die Flaschen ab*). Dann machen wir weiter. Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*I. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an*)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?

B: Es schwebt nach oben.

I: Ich lasse die Dose aber nicht los, sondern halte sie fest.

B: (...)

I: Denke an den Druck im Wasser. Das Wasser drückt auf alle Gegenstände im Wasser. Was wirst du dann an den blauen Seiten erkennen können, wenn ich die Dose in das Wasser eintauche?

B: Es taucht nach unten.

I: Ich halte die Dose aber fest.

B: (...)

I: Wir schauen einfach mal zusammen (*I. taucht die Dose horizontal in das Wassergefäß ein*). Was kannst du an den blauen Flächen erkennen?

B: Die gehen so rein.

I: Ja genau. Die blauen Flächen werden eingedrückt. Aber warum werden die Flächen eingedrückt?

B: Das Wasser zieht die Flächen rein. Nein doch nicht. Das Wasser drückt sie rein.

- I:** Genau. Das Wasser drückt auf die Dose, weshalb die blauen Flächen eingedrückt werden (*I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was passiert nun, wenn die Dose umdrehe und so rum in das Wasser eintauche?
- B:** Es geht nach oben (*B. deutet auf die untere blaue Fläche*).
- I:** Und was passiert mit der oberen Seitenfläche?
- B:** Die wird reingedrückt.
- I:** Okay. Dann schauen wir mal (*I. taucht die Dose senkrecht bis zur Hälfte in das Wassergefäß ein*). Was kannst du beobachten?
- B:** Das Untere wird mehr eingedrückt als die Oben.
- I:** Ganz richtig. Und warum wird die untere blaue Fläche stärker eingedrückt als die obere Fläche?
- B:** Von unten kommt ein bisschen mehr Kraft. (...) Das Wasser drückt von unten mehr.
- I:** Ja genau. Das Wasser drückt von unten stärker gegen die blaue Fläche als von oben. Je tiefer man sich nämlich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck.
- B:** Ja.
- I:** Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?
- B:** Beide Flächen werden noch mehr eingedrückt, aber unten mehr als oben.
- I:** Okay, schauen wir mal (*I. taucht die Dose bis zum Boden des Wassergefäßes ein*). Sehr gut. Und warum ist das so?
- B:** Weil das Wasser weiter unten mehr drückt.
- I:** Sehr gut. Dann machen wir mal weiter. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen (*I. zeigt auf das Meeresplakat*). Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot (*I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf*). Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht (*I. deutet auf die kleine Beladungsfläche*) und diese Fläche ist nicht ganz schwer (*I. deutet auf die mittlere Beladungsfläche*), aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. (*I. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite*). Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*I. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*I. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt I. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*I. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt I. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*I. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*I. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merkzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merkzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merkzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merkzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*l. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*l. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größere Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende

Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Den orangenen Pfeil habe ich nicht verstanden.

I: Das Wasser drückt von oben und von unten gegen das U-Boot (*I. deutet auf den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und auf den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2*). Von unten wird jedoch stärker gedrückt als von oben. Dadurch bleibt eine nach oben schiebende Kraft übrig. Diese Kraft nennt man Auftriebskraft und ist auf dem Plakat mit dem orangenen Pfeil dargestellt.

B: Okay.

I: Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?

B: Also unten ist immer ein langer grüner Pfeil, der das Boot nach oben drückt. Und von oben ist der Druck nicht so groß und der grüne Pfeil deshalb kürzer und drückt das Boot nur wenig nach unten. Also würde das Boot nach oben gedrückt werden. Das ist dann die Auftriebskraft (*B. deutet auf den orangenen Pfeil auf dem Meeresplakat*).

I: Okay. Perfekt (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Ich habe eine Dose für dich vorbereitet (*I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Warum steigt die Dose auf?

B: Der Druckpfeil schiebt es nach oben. Also der Auftrieb schiebt die Dose nach oben.

I: Genau. Versuche es mit den Pfeilen und dem Meeresplakat zu erklären. Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile

aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?

B: *(B. legt das Boot mit der leichten Beladung auf die Tauchstufe 2). So?*

I: Ja das Boot ist schon mal richtig. Aber wir brauchen auch noch die Druckpfeile des Wassers.

B: Ah *(B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 an die Oberseite des Bootes und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Unterseite).*

I: Ja. Es fehlt aber noch ein Pfeil.

B: Der orangene Pfeil *(B. legt den nach oben gerichtet orangenen Pfeil an die Unterseite des U-Bootes).*

I: Perfekt. In unserem Fall würde das Boot nun auftauchen. Ganz richtig. Dann machen wir weiter *(I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot und platziert den Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile).* Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen *(I. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat).* Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer

ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang (*l. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz (*l. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (*l. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*l. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch dass unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebskraftpfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*l. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*l. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind

nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*I. verschiebt das Boot nicht*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

B: Das mit dem roten Pfeil verstehe ich nicht.

I: Du weißt ja bereits, dass alle Gegenstände immer nach unten fallen. Der Grund dafür ist die Erdanziehungskraft, die diese Gegenstände anzieht. Diese Kraft wirkt aber nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser. Deshalb werden auch alle Gegenstände im Wasser von der Erdanziehungskraft nach unten gezogen. Die Pfeilspitze der Erdanziehungskraft zeigt immer nach unten und je schwerer ein Gegenstand ist, desto stärker wird er von der Erde angezogen. Aus diesem Grund brauchen wir für das Meeresplakat auch unterschiedlich lange Pfeile für die Erdanziehungskraft. Bei schweren Gegenständen brauchen wir dann den längsten Erdanziehungspfeil und bei leichten Gegenständen den kleinen roten Pfeil (*I. deutet auf dem Merktzettel sowohl auf den kleinsten als auch auf den längsten Erdanziehungspfeil*).

B: Der kleine Pfeil zieht also nach unten?

I: Die Erdanziehungskraft zieht immer nach unten. Aber es kann sein, dass die Erdanziehungskraft mal ganz stark nach unten zieht oder auch nur ganz leicht. Das kommt dann immer drauf an, wie schwer der eingetauchte Gegenstand ist.

B: Ah, Okay.

I: Ist noch etwas für dich unverständlich oder hast du sonst alles verstanden?

B: Sonst habe ich alles verstanden.

I: Perfekt. Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?

- B:** Die Erdanziehungskraft zieht das Boot nach unten.
- I:** Ja das ist richtig. Aber wie groß müsste die Erdanziehungskraft sein, damit das Boot aufsteigen kann?
- B:** Kleiner als die Auftriebskraft.
- I:** Genau. Die Erdanziehungskraft muss kleiner als die Auftriebskraft sein. Nur so kann die Auftriebskraft überwiegen und das Boot nach oben drücken. Und wie schwer müsste dann unser Boot sein, damit die Erdanziehungskraft nur so gering ist?
- B:** Das Boot muss leicht sein.
- I:** Sehr gut. Damit ein Boot also aufsteigen kann, muss das Boot ganz leicht sein. Demzufolge wäre die Erdanziehungskraft sehr gering und die Auftriebskraft würde überwiegen (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?
- B:** Sie sinkt auf den Boden.
- I:** Dann schauen wir mal (*I. lässt die Dose unter Wasser los*).
- B:** Sie ist gesunken.
- I:** Und kannst du auch erklären, warum die Dose gesunken ist?
- B:** Weil da mehr Steine drin sind. (...) Die Dose ist schwerer.
- I:** Okay. Kannst du die Situation an dem Meeresplakat darstellen. Also angenommen die schwere Dose wäre das U-Boot?
- B:** (*B. legt das Boot ohne Beladung auf die Tauchstufe 2 und legt neben das Boot den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3*). Der orangene Pfeil (*B. legt den Auftriebspfeil nach oben gerichtet als Differenz der beiden Druckpfeile*)

und der rote Pfeil zieht nach unten (*B. legt den langen Erdanziehungspfeil nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*).

I: Und wie schwer muss das Boot sein?

B: Ähm, schwer (*B. legt die schwere Beladung auf das Boot*).

I: Ja genau. Kannst du es dann nochmals erklären, warum die Dose beim Loslassen im Wasser gesunken ist?

B: Also damit das Boot nach unten geht, braucht man einen langen (...) (*B. deutet auf den langen roten Erdanziehungspfeil auf dem Meeresplakat*).

I: Erdanziehungspfeil.

B: Man braucht einen langen Erdanziehungspfeil, der nach unten zieht und ein schweres U-Boot. Dann ist der rote Pfeil länger als der orangene Pfeil und das Boot geht runter.

I: Genau. Die Erdanziehungskraft ist größer als die Auftriebskraft und überwiegt. Deshalb geht die Dose unter und sinkt auf den Boden. Sehr gut. Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung auf dem Boot mit der mittleren Beladung und tauscht den langen Erdanziehungspfeil mit dem mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil aus*). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?

B: (...) Der Pfeil muss nach unten zeigen (*B. deutet auf den orangenen Auftriebspfeil auf dem Meeresplakat*).

I: Das ist nicht richtig. Der Auftriebspfeil muss immer nach oben zeigen und der Erdanziehungspfeil immer nach unten.

B: Wir brauchen wieder das große (*B. tauscht den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebskraftpfeil*).

- I:** Und das U-Boot bleibt so?
- B:** Das Boot muss schwer werden (*B. ersetzt die mittlere Beladung mit der schweren Beladung*).
- I:** Genau. Sehr gut. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?
- B:** Dann würde das Boot direkt hoch gehen.
- I:** Das ist richtig und warum würde das Boot aufsteigen?
- B:** Die Auftriebskraft ist größer als der rote Pfeil.
- I:** Ja genau. Die Auftriebskraft ist größer als die Erdanziehungskraft. Aus diesem Grund überwiegt die Auftriebskraft und das Boot steigt auf. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht (*l. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund*). Trotz dem leichten Gewicht taucht das Boot nicht auf? Hast du dafür eine Erklärung?
- B:** (...) Ich weiß nicht. Es steckt zu tief im Schlamm. Aber ich weiß nicht.
- I:** Okay. Ist nicht schlimm. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön

10. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schüler J

Dauer: 23:07 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Na klar.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*I. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-

Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*l. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*l. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Ich verstehe alles.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: (...)

I: Wenn ich einen Gegenstand in der Luft loslasse, fällt dieser zu Boden. Warum ist das so?

B: (...) Weil (...) Ich weiß nicht.

I: Ein Gegenstand fällt auf den Boden, weil die Erde ihn nach unten zieht.

B: Ja.

I: Wenn ich also einen Stift in der Luft loslasse, fällt er nach unten. Warum ist das so?

B: Es ist nicht so wie ein Heliumballon, der in der Luft bleibt. Der Stift fällt runter, weil es schwer ist.

I: Ja es fällt auf den Boden. Aber warum? Was macht die Erde mit dem Stift?

B: (...)

I: Die Erde zieht alle Gegenstände an, deshalb fallen auch alle Gegenstände auf den Boden, nachdem man sie loslässt. Schwere Gegenstände werden von der Erde stärker angezogen als leichte Gegenstände.

B: (...)

I: Okay. Dann machen wir weiter. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?

B: Also das Boot ist auf Tauchstufe 2, dann ist der Druck nicht so groß. Auf Tauchstufe 4 ist der Druck viel größer. Also von oben drückt es nicht so fest, wie von unten.

I: Und was genau drückt von oben nicht so fest, wie von unten?

B: Das Wasser auf das Boot.

I: Ja genau. Das Wasser drückt von unten immer stärker auf einen Gegenstand als von oben. Schau mal, ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?

B: (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Die ist schwerer als die andere Flasche (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).

I: Genau, die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?

B: (...)

I: Denke an die Erdanziehungskraft.

B: (...)

I: Die Erde zieht schwere Gegenstände stärker nach unten als leichte Gegenstände. Warum musst du also mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken als gegen die Leichte?

B: (...)

I: Also, du musst mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flaschen drücken als gegen die leichte Flasche, da die schwere Flasche stärker von der Erde angezogen wird als die leichte Flasche.

B: Okay.

I: *(I. nimmt B. die Flaschen ab).* Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden *(I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein).* Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche *(I. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an)?* Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?

B: (...)

I: Denke an den Druck im Wasser. Das Wasser drückt auf alle Gegenstände im Wasser. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen können?

B: Es wird eingedrückt.

I: Okay. Dann schauen wir mal *(I. führt die Dose horizontal in das Wassergefäß ein).* So, was kannst du erkennen?

B: Die werden eingedrückt.

I: Und warum werden die blauen Flächen eingedrückt?

B: Weil es im Wasser/ (...)

I: Die Dose wird in das Wasser eingetaucht. Was macht das Wasser dann mit dem Gegenstand?

B: Das Wasser drückt auf den Gegenstand und die Flächen gehen rein.

- I:** Ja genau. Das Wasser drückt auf den Gegenstand und deshalb werden die blauen Flächen eingedrückt (*I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?
- B:** Das von unten drückt mehr als von oben. Also oben ist weniger eingedrückt als unten.
- I:** Und warum wird die blaue Fläche unten mehr eingedrückt als oben?
- B:** Weil je tiefer die Dose ist, desto mehr wird gedrückt.
- I:** Okay. Dann schauen wir mal, ob du richtig liegst (*I. führt die Dose senkrecht bis zur Hälfte in das Wassergefäß ein*). Was erkennst du?
- B:** Unten wird mehr eingedrückt als oben.
- I:** Genau. Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?
- B:** Dann ist es stärker.
- I:** Was genau ist stärker?
- B:** Unten wird dann noch mehr eingedrückt als oben, weil die Dose nochmal tiefer ist.
- I:** Genau und dort ist der Druck des Wassers nochmals größer. Schauen wir mal (*I. führt die Dose senkrecht bis zum Boden des Wassergefäßes ein*). Richtig erklärt. Die blaue Fläche wird unten nochmals stärker eingedrückt. Dann gehen wir mal weiter in der Erklärung. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen (*I. zeigt auf das Meeresplakat*). Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot (*I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf*). Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber

auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht (*l. deutet auf die kleine Beladungsfläche*) und diese Fläche ist nicht ganz schwer (*l. deutet auf die mittlere Beladungsfläche*), aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. (*l. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite*). Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*l. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*l. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*l. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merktzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der

Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*l. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*l. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größere Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Gut.

- I:** Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?
- B:** (...)
- I:** Wir wissen bereits, dass das Wasser immer stärker von unten auf ein Gegenstand drückt als von oben. Was passiert also mit dem Boot?
- B:** Es geht höher.
- I:** Und wie nennt man diese Kraft, die da Boot nach oben schiebt?
- B:** (...) Auftriebskraft.
- I:** Genau. Kannst du das dann gerade nochmals mit deinen Worten wiederholen?
- B:** Der U-Boot geht höher, weil der Druck von unten auf das Boot mehr ist als von oben auf das Boot.
- I:** Perfekt *(I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat)*. Dann habe ich eine Dose vorbereitet *(I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand)*. Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche *(I. lässt die Dose unter Wasser los)*. Warum steigt die Dose auf?
- B:** Weil/ (...) Ich weiß nicht.
- I:** Überlege mal, wie du das mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären kannst. Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?
- B:** (...)
- I:** Unsere Dose ist leicht, wie müsste dann das Boot sein?
- B:** Geht sie auf den Boden. Ah, nein. Stiegt sie nach oben.
- I:** Ja die Dose steigt. Angenommen die Dose wäre unser Boot auf dem Plakat *(I. legt das Boot auf die Tauchstufe 2)*. Wir wissen, dass die Dose ganz leicht ist. Wie schwer muss dann das Boot sein?

- B:** Leicht (*B. platziert die leichte Beladungsfläche auf dem Boot*). Und die noch (*B. legt neben das Boot den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3*).
- I:** Genau. Das Boot ist leicht. Und warum würde das Boot jetzt steigen?
- B:** Weil das U-Boot ist zu leicht und dann geht er nach oben.
- I:** Versuche es mal mit den Pfeilen zu erklären, die du auf das Plakat gelegt hast.
- B:** Der Druck ist von unten mehr als von oben auf das Boot und deswegen steigt das U-Boot auf.
- I:** Sehr gut. Und wie nennt man diese Kraft, die da Boot nach oben drückt?
- B:** Auftriebskraft.
- I:** Genau. Für die Auftriebskraft brauchst du auf dem Plakat aber auch noch einen Pfeil.
- B:** Ah (*B. legt den nach oben gerichteten Auftriebspfeile als Differenz neben die Druckpfeile*).
- I:** Perfekt. Jetzt stimmt alles. Dann machen wir weiter (*I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung*). Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen (*I. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat*). Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb

die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang (*l. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz (*l. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (*l. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*l. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch dass unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebskraftpfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*l. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*l. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der

ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*l. verschiebt das Boot nicht*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

B: Gut. Ich habe es verstanden.

I: Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?

B: Es kann aufsteigen, wenn das Boot nicht so schwer ist. Dann ist die Erdanziehungskraft ganz klein und das Boot geht nach unten. Also die Auftriebskraft ist dann größer.

I: Das Boot geht dann nach unten?

B: Nein nach oben.

I: Genau. Das Boot kann steigen, wenn die Erdanziehungskraft klein ist. Dann überwiegt die Auftriebskraft und das Boot steigt (*l. entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet (*l. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?

B: Es geht nach unten.

I: (*l. lässt die Dose unter Wasser los*). Sehr gut. Und warum geht die Dose unter?

B: Weil diese Dose ist sehr schwer.

- I:** Ja. Kannst du das auch mit dem Meeresplakat und den Pfeilen darstellen? Wie müssten also die Pfeile und das Boot aussehen, damit das Boot untergeht?
- B:** Dann muss so (*B. platziert das schwer beladene Boot auf der Tauchstufe 2*).
- I:** Und welche Pfeile brauchen wir?
- B:** (*B. legt neben das Boot den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3*). Dann das (*B. platziert den nach oben gerichteten Auftriebspfeil als Differenz der beiden Druckpfeile*) Dann die große Erdanziehung (*B. platziert den nach unten gerichteten langen Erdanziehungspfeil neben den Auftriebspfeil*).
- I:** Müssen beide Druckpfeile nach oben deuten?
- B:** Ja.
- I:** Was würde jetzt mit dem Boot unter Wasser passieren?
- B:** Es würde nach unten gehen.
- I:** Okay. Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung mit der mittlerer Beladung und tauscht den langen Erdanziehungspfeil mit dem mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil aus*). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?
- B:** Die Erdanziehungskraft muss stärker sein (*B. tauscht den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Und das Boot muss schwerer sein (*B. ersetzt die mittlere Beladungsfläche mit der schweren Beladungsfläche*).
- I:** Kannst du es jetzt nochmals erklären?
- B:** Der Erdanziehungskraftpfeil ist länger als der Auftriebspfeil und dann geht das Boot runter.

- I:** Sehr gut. Perfekt. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?
- B:** Das Boot ist leicht und es geht nach oben. Die Erdanziehungskraft wird dann kleiner als die Auftriebskraft und das Boot geht nach oben.
- I:** Sehr gut. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht (*/l. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund*). Trotz dem leichten Gewicht des Bootes steigt es nicht auf. Hast du eine Erklärung dafür?
- B:** Nein.
- I:** Nicht schlimm. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

11. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schülerin K

Dauer: 25:16 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Ja.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*I. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-

Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*l. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*l. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Gut. Ich verstehe alles.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: Die Erdanziehungskraft wirkt auf verschiedene Gegenstände und ein Stein, der sinkt, weil er Druck hat.

I: Du vermischt da etwas. Was habe ich dir über die Erdanziehungskraft ganz am Anfang erklärt?

B: (...)

I: Wenn ich einen Gegenstand in der Luft loslasse, was passiert dann mit ihm?

B: Er fällt auf den Boden.

I: Ganz genau und warum fällt der Gegenstand auf den Boden?

B: Weil die Erdanziehungskraft auf verschiedenen Gegenständen anders wirkt.

- I:** Und auf welche Gegenstände wirkt die Erdanziehungskraft anders?
- B:** Auf (...) Steine.
- I:** Die Erde zieht alle Gegenstände nach unten. Diese Kraft nennt man Erdanziehungskraft. Je schwerer ein Gegenstand, desto/ (...)
- B:** umso mehr Druck.
- I:** Wir sind ja noch in der Luft und nicht im Wasser. Schwere Gegenstände werden von der Erde stärker angezogen als leicht Gegenstände. Kannst du das jetzt nochmals wiederholen?
- B:** Die schweren Gegenstände werden von der Erde angezogen und die Leichten auch.
- I:** Wo liegt dann der Unterschied zwischen leichten und schweren Gegenständen?
- B:** (...) Ich weiß nicht.
- I:** Die schweren Gegenstände werden STÄRKER von der Erde angezogen als die leichten Gegenstände.
- B:** Ja.
- I:** Okay. Dann machen wir weiter. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?
- B:** Der Druck kommt von überall. Von unten ist Druck aber ein bisschen stärker als von oben. Also gegen die Unterseite eines Gegenstandes wird mehr gedrückt.
- I:** Genau. Gegen die Unterseite eines Gegenstandes wird mehr gedrückt als gegen die Oberseite. Schau mal, ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?
- B:** (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Die ist schwerer als die andere Flasche (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).

- I:** Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?
- B:** Weil da Stein drin sind.
- I:** Ja genau. Deshalb ist diese Flasche schwerer. Denke mal an die Erdanziehungskraft. Warum musst du mit der einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken als gegen die Leichte?
- B:** Weil sie schwer ist.
- I:** Und was macht die Erdanziehungskraft mit schweren Gegenständen?
- B:** Sie zieht die schwere Flasche stärker an als die Leichte.
- I:** Jetzt wiederhole alles.
- B:** Also, die schwere Flasche wird von der Erde stärker angezogen als die leichte Flasche. Deshalb muss ich stärker dagegen drücken.
- I:** Sehr gut (*I. nimmt B. die Flaschen ab*). Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*I. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Wasser an*)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?
- B:** Sie werden nach außen gedrückt.
- I:** Denke an den Wasserdruck. Werden sich die Flächen wirklich nach außen verformen?
- B:** Ah nein. Sie werden durch das Wasser nach innen gedrückt.
- I:** Genau. Dann schauen wir mal (*I. führt die Dose horizontal in das Wasser ein*). Was kannst du erkennen?
- B:** Die sind eingedrückt.

- I:** Genau. Und warum werden die blauen Flächen eingedrückt?
- B:** Die werden eingedrückt, weil das Wasser auf jeden Gegenstand drückt.
- I:** Ja genau (*I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?
- B:** Dasselbe.
- I:** Werden beide blauen Flächen gleich eingedrückt?
- B:** Nein, oben wird es nicht so stark eingedrückt wie unten.
- I:** Und warum ist das so?
- B:** Weil das Wasser unten mehr gegen den Gegenstand drückt als oben.
- I:** (*I. führt die Dose senkrecht bis zur Hälfte in das Wassergefäß ein*). Genau. Unten wird die blaue Fläche mehr eingedrückt als oben, da das Wasser gegen die Unterseite der Dose stärker drückt als gegen die Oberseite. Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?
- B:** Dann wird unten nochmal mehr eingedrückt und oben auch. Aber trotzdem ist es unten noch mehr eingedrückt, weil unten der Druck im Wasser nochmal größer wird.
- I:** (*I. führt die Dose senkrecht bis zum Boden des Wassergefäßes ein*). Genau sehr gut. Dann machen wir mal weiter. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen (*I. zeigt auf das Meeresplakat*). Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot (*I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf*). Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht (*I. deutet auf die kleine Beladungsfläche*) und diese Fläche ist

nicht ganz schwer (*l. deutet auf die mittlere Beladungsfläche*), aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. (*l. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite*). Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*l. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*l. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*l. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merkzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merkzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem*

Merkzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merkzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*l. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*l. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größere Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Gut.

I: Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?

- B:** Die Auftriebskraft entsteht aus dem Druck. Wenn der eine Druck stärker ist und der andere Druck leichter.
- I:** Und welcher Druck ist stärker?
- B:** Der Druck von unten ist stärker als der Druck von oben auf den Gegenstand und dann wird der Gegenstand nach oben geschoben. Und das ist dann die Auftriebskraft.
- I:** Perfekt. Das hast du gut erklärt (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Warum steigt die Dose auf?
- B:** Weil sie leicht ist.
- I:** Okay. Kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?
- B:** Also das Boot ist leicht (*B. platziert das leicht beladene Boot auf der Tauchstufe 3*). Und der Druck geht hoch (*B. legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Unterseite des Bootes legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 1 an die Oberseite des Bootes*). Dann noch der orangene Pfeil (*B. legt den nach oben gerichteten Auftriebspfeil an die Unterseite des Bootes*).
- I:** Okay. Liegen jetzt alle Pfeile richtig? Achte besonders auf die grünen Pfeile.
- B:** Ja.
- I:** Kannst du es dann nochmals erklären?
- B:** Also wir haben ein leichtes U-Boot und der untere Druck ist größer als der Druck von oben. Und dann kommt die Auftriebskraft und die drückt das Boot nach oben.

- I:** Okay. Dann machen wir weiter (*l. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung, platziert das Boot auf der Tauchstufe 2, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot und platziert den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile*). Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen (*l. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat*). Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang (*l. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz (*l. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt.
- B:** Dann geht es nach unten.

I: Genau. Das U-Boot sinkt (*l. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*l. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch das unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebspfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*l. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*l. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*l. verschiebt das Boot nicht*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

B: Ich verstehe alles.

I: Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?

- B:** Es gibt eine Auftriebskraft und Erdanziehungskraft. Und wenn der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebspfeil geht das Boot hoch.
- I:** Genau. Die Erdanziehungskraft ist geringer als die Auftriebskraft. Deshalb überwiegt die Auftriebskraft und das Boot würde aufsteigen (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?
- B:** Sie sinkt.
- I:** Schauen wir mal (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Sehr gut. Sie sinkt. Aber warum sinkt die Dose?
- B:** Weil die Dose schwer ist.
- I:** Kannst du diese Situation mit der Dose auch auf dem Meeresplakat mit den Pfeilen darstellen?
- B:** Die Dose ist schwer und das Boot dann auch (*B. platziert das schwer beladene Boot auf der Tauchstufe 3*). Unten und oben dann den grünen Pfeil (*B. legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 4 an die Unterseite des Bootes und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Oberseite des Bootes*). Dann noch die Auftriebskraft (*B. legt den nach oben gerichteten Auftriebspfeil an die Unterseite des Bootes*) und die Erdanziehungskraft (*B. legt den langen nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil an die Oberseite des Bootes*).
- I:** Jetzt erkläre es nochmal. Was passiert mit dem Boot?
- B:** Die Erdanziehungskraft ist größer als die Auftriebskraft und das Boot sinkt.
- I:** Genau. Die Erdanziehungskraft überwiegt und das Boot sinkt. Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser (*I. ersetzt die schwere Beladung auf dem U-Boot durch die mittlere Beladung,*

platziert das Boot auf der Tauchstufe 2, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot, platziert den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile und legt den mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil daneben). Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?

B: Das Boot muss schwerer werden (*B. tauscht die mittlere Beladung mit der schweren Beladung aus*) und die Erdanziehungskraft muss größer werden (*B. ersetzt den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebskraftpfeil*). Dann würde das Boot sinken.

I: Genau. Sehr gut gemacht. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?

B: Der Erdanziehungspfeil wird kleiner als die Auftriebskraft und das Boot ist leicht.

I: Was würde dann mit dem Boot passieren?

B: Das Boot würde hoch gehen.

I: Sehr gut. Das Boot würde steigen, da die Auftriebskraft größer ist als die Erdanziehungskraft. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht (*I. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund*). Trotz dem leichten Gewicht des Bootes steigt es nicht auf. Hast du eine Erklärung dafür?

B: Es steckt ja auch im Schlamm fest.

I: Also habe ich unter dem Boot kein Wasser. Haben wir dann einen Auftrieb?

B: Nein.

I: Und warum gibt es keinen Auftrieb?

B: Weil es im Boden steckt.

I: Okay. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

12. Akzeptanzinterview zum Thema „Auftrieb“

Schüler L

Dauer: 31:06 Minuten

I: Ich will dir heute erklären, warum beispielsweise ein großes und schweres U-Boot im Wasser schwimmen kann und warum hingegen manche Dinge auf den Meeresgrund sinken. Nachdem ich dir das erklärt habe, möchte ich wissen, ob du das Verstehen kannst und mit der Erklärung zufrieden bist oder was du daran nicht verstehst.

Hast du, bevor wir beginnen, noch eine Frage?

B: Nein.

I: Okay. Dann fangen wir an. Wenn wir Gegenstände in der Luft loslassen, fallen sie zu Boden und bleiben dort liegen. Das ist dir bestimmt auch schon ganz oft aufgefallen. Der Grund dafür ist, dass die Erde auf alle Gegenstände eine Kraft ausübt und diese Gegenstände anzieht. Je schwerer ein Gegenstand ist, desto größer ist auch die auf ihn wirkende Kraft der Erde. Die Erde zieht schwere Gegenstände also stärker an als Leichte. Diese Kraft der Erde nennt man Erdanziehungskraft und sie wirkt nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser (...).

Obwohl die nach unten gerichtete Erdanziehungskraft auf Gegenstände im Wasser wirkt und diese nach unten zieht, können bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen oder sogar aufsteigen. Um das Schwimmen und Steigen von Gegenständen zu verstehen, müssen wir noch weitere Phänomene berücksichtigen (...).

Weißt du, was ein U-Boot ist?

B: Na klar.

I: Taucht ein U-Boot unter Wasser, umgibt das Wasser das gesamte U-Boot und drückt von allen Seiten auf das Boot. Dafür habe ich ein Bild vorbereitet (*I. legt das Einstiegsbild vor B.*). Schau mal, das soll das untergetauchte U-

Boot von der Seite darstellen. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser und die grünen Pfeile sollen dir anzeigen, wie das Wasser auf die Wände des U-Bootes drückt. Das Wasser drückt von oben, es drückt von den Seiten und es drückt von unten (*l. deutet mit dem Finger auf die grünen Pfeile*). Das Wasser drückt also von überall auf das untergetauchte Boot.

Je tiefer das U-Boot im Wasser abtaucht, desto STÄRKER wird es von allen Seiten gedrückt. Der Druck im Wasser nimmt nämlich mit der Wassertiefe zu. Also je tiefer man sich im Wasser befindet, desto größer ist dort der Wasserdruck. Auf jeden Gegenstand im Wasser drückt das Wasser somit stärker auf die Unterseite als auf die Oberseite. Daher sind die Pfeile unten auf dem Bild länger als oben, da sich der untere Teil des U-Bootes tiefer im Wasser befindet und dort der Druck größer ist als weiter oben (*l. deutet auf die Pfeile an der Unter- und Oberseite des Bootes*).

Wie findest du diese Erklärung? Bist du mit ihr zufrieden oder verstehst du daran etwas nicht?

B: Gut und ich verstehe alles.

I: Okay. Kannst du mir dann mit deinen eigenen Worten erklären, was ich dir gerade zu der Erdanziehungskraft erklärt habe?

B: Also, wenn man einen schwereren Gegenstand loslässt, wird es schneller nach unten gezogen. Aber wenn es ein leichter Gegenstand ist, dann fällt es bisschen langsamer. (...)

I: Und warum fallen die Gegenstände auf den Boden?

B: Wegen der Erdanziehungskraft. Irgendetwas wird losgelassen und sie zieht die Sachen dann an.

I: Ja genau. Die Erde zieht alle Gegenstände nach unten und diese Kraft nennt man dann Erdanziehungskraft. Sehr gut. Kannst du mir dann auch erklären, was ich dir gerade über den Druck im Wasser erzählt habe?

- B:** Also das U-Boot, wenn es tiefer ist, drückt das Wasser das Boot mehr. Also da unten wird mehr gedrückt (*B. zeigt auf den unteren langen Pfeil auf dem Einstiegsbild*) und da oben weniger (*B. zeigt auf den oberen kurzen Pfeil auf dem Einstiegsbild*).
- I:** Genau. Das ist richtig. Schau mal, ich habe zwei Flaschen für dich vorbereitet, die du jeweils in eine Hand nehmen kannst (*I. reicht B. die Flaschen*). Was spürst du, wenn du diese beiden Flaschen in deinen Händen hältst?
- B:** (*B. hat beide Flaschen in den Händen*). Die ist schwerer (*B. hebt die schwere Flasche hoch*).
- I:** Genau die eine Flasche ist schwerer. Also musst du mit deiner einen Hand stärker gegen die schwere Flasche drücken, um sie zu halten als gegen die leichte Flasche. Warum ist das so?
- B:** Weil da viele Steine befinden.
- I:** Ja, deshalb ist die Flasche schwerer. Aber warum musst du mit der einen Hand stärker drücken, um sie zu halten?
- B:** Weil die Erde die Flasche auf den Boden zieht.
- I:** Ja die schwere Flasche wird von der Erde angezogen, die Leichte wird aber auch von der Erde angezogen. Warum musst aber du mit der einen Hand stärker drücken, um die Flasche zu halten?
- B:** Die Flasche würde schneller runterfallen. (...) Also (...) Es wird stärker von der Erde angezogen.
- I:** Ja, sehr gut. Beide Flaschen werden von der Erde angezogen. Die schwere Flasche wird aber nochmals stärker angezogen als die Leichte (*I. nimmt B. die Flaschen ab*). Ich habe noch etwas anderes für dich vorbereitet. Das hier ist eine Druckdose. Die blauen Seiten der Druckdose können eingedrückt werden (*I. deutet auf die Seitenflächen und drückt sie mit dem Finger leicht ein*). Was wirst du beobachten, wenn ich diese Dose so rum in das Wasser eintauche (*I. hebt die Druckdose horizontal und deutet das Eintauchen in das Was-*

ser an)? Dabei lasse ich die Dose jedoch nicht los. Ich halte sie fest. Was wirst du an den blauen Seiten erkennen?

B: Die würden zur Innenseite gedrückt werden.

I: Ja genau. Und warum würden die blauen Flächen eingedrückt werden?

B: Weil das Wasser auf die Dose sehr drückt.

I: Perfekt. Dann schauen wir mal, ob du richtig liegst (*I. taucht die Dose horizontal in das Wasser ein*). Was erkennst du?

B: Die Ballons sind drin.

I: Eingedrückt, nennt man das. (*I. holt die Dose aus dem Wasser und dreht sie senkrecht*). Was wird nun passieren, wenn ich die Dose drehe und so rum in das Wasser eintauche?

B: Dann wird das unten eingedrückt.

I: Und was passiert mit der oberen blauen Fläche?

B: Die bleibt oben.

I: Dann schauen wir mal (*I. taucht die Dose senkrecht bis zur Hälfte in das Wassergefäß ein*). Was kannst du beobachten?

B: Die untere Fläche wird eingedrückt. Ah, die obere Fläche wird auch eingedrückt. Aber weniger.

I: Genau. Warum wird die untere Fläche mehr eingedrückt als die obere blaue Fläche?

B: (...)

I: Schau dir das Bild an (*I. zeigt auf das Einstiegsbild*). Warum sind die Pfeile unten länger als oben?

B: Unten drückt es mehr.

I: Okay. Kannst du jetzt nochmals wiederholen, warum die untere Fläche mehr eingedrückt wird als die obere Fläche?

- B:** (...) Das Wasser ist zu schwer.
- I:** Das ist nicht ganz richtig. Der Druck im Wasser ist weiter unten stärker als oben. Aus diesem Grund wird die untere Fläche vom Wasser stärker eingedrückt als die obere Fläche.
- B:** Okay.
- I:** Und was passiert, wenn ich die Dose nochmals tiefer ins Wasser eintauche?
- B:** Der Ballon wird oben und unten noch mehr reingedrückt.
- I:** Und warum?
- B:** Weil das Wasser drückt die Flächen hoch.
- I:** Das Wasser drückt die Flächen ein. Genau. Dann schauen wir mal *(I. taucht die Dose bis zum Boden des Wassergefäßes ein)*.
- B:** Beide werden nochmal mehr eingedrückt, weil der Druck weiter unten mehr wird.
- I:** Genau. Dann machen wir mal weiter. Schau mal, das soll das Meer mit vier Tauchstufen darstellen *(I. zeigt auf das Meeresplakat)*. Jede Tauchstufe ist 10 Meter tief, also ist das Meer auf dem Plakat insgesamt ungefähr 40 Meter tief. (...)

Das hier ist ein schwer beladenes U-Boot *(I. platziert den U-Boot Querschnitt auf der Tauchstufe 2 und legt die große Beladungsfläche darauf)*. Das Gewicht des Bootes erkennst du an der schwarzen Fläche. Das Boot ist gerade sehr schwer, weil die schwarze Fläche das gesamte Boot füllt. Es gibt aber auch noch zwei weitere Beladungsflächen. Mit dieser Fläche ist das Boot ganz leicht *(I. deutet auf die kleine Beladungsfläche)* und diese Fläche ist nicht ganz schwer *(I. deutet auf die mittlere Beladungsfläche)*, aber auch nicht ganz leicht also mittel schwer. Aber zurück zu unserem schweren U-Boot. *(I. legt den Druckpfeil der Tauchstufe 2 nach unten gerichtet an die Oberseite des Bootes und den Druckpfeil der Tauchstufe 3 nach oben gerichtet an die Unterseite)*. Diese Pfeile zeigen, wie das Wasser auf das U-Boot

drückt, genau wie bei dem Bild vom Einstieg (*l. deutet auf das Einstiegsbild*). Dafür haben wir die grünen Druckpfeile. Der obere Pfeil entspricht der Länge des Pfeils für Tauchstufe 2, da das U-Boot diese Tauchstufe mit seiner Oberseite berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Oberseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 2. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Oberseite*). Der untere Pfeil ist genauso lang wie der Pfeil der 3. Tauchstufe, da die U-Bootunterseite diese Tauchstufe berührt (*l. entfernt den Pfeil von der Unterseite des Bootes und legt ihn zum Vergleich neben den Druckpfeil an der Tauchstufe 3. Anschließend legt l. den Pfeil zurück an die Unterseite*). Dir ist sicherlich schon aufgefallen, dass die beiden Pfeile unterschiedlich lang sind. Die Unterseite des U-Bootes ist tiefer im Wasser also auf unserem Plakat ungefähr bei 30 Metern (*l. deutet auf die Unterseite des U-Bootes*). Die Oberseite des Bootes befindet sich bei ungefähr 20 Metern (*l. deutet auf die Oberseite des U-Bootes*). Wie ich bereits erklärt habe, ist der Wasserdruck umso größer, je tiefer sich etwas im Wasser befindet. Aus diesem Grund drückt das Wasser von unten stärker gegen das Boot als von oben. Der untere Pfeil ist also länger als der obere Pfeil, weil das Wasser auf die Unterseite des U-Bootes stärker drückt als auf die Oberseite.

Hierfür habe ich dir auch einen Merktzettel vorbereitet, auf dem du die verschiedenen Tauchstufen und deren passende Wasserdruckpfeile siehst. Der Pfeil der Tauchstufe 1 ist der kleinste Pfeil, weil das Wasser dort noch nicht so tief ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 1. Tauchstufe*). Der Druck des Wassers ist somit sehr gering. Auf der Tauchstufe 2 ist der Pfeil im Vergleich zur Tauchstufe 1 länger, da wir uns nun tiefer unter Wasser befinden und dort ein mittlerer Wasserdruck herrscht (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 2. Tauchstufe*). Auf Tauchstufe 3 und 4 sind die Druckpfeile nochmals länger, weil wir um einiges tiefer unter Wasser sind und dort der Wasserdruck sehr groß ist (*l. deutet auf dem Merktzettel auf den Druckpfeil der 3. und 4. Tauchstufe*). (...)

Schauen wir uns wieder unser U-Boot auf dem Plakat an. Gegen die Unterseite des U-Bootes wird durch den Wasserdruck stärker gedrückt als gegen Oberseite. Das Wasser drückt somit unterschiedlich stark und das Boot wird in die Richtung der stärkeren Druckkraft verschoben. Da der untere Pfeil bei unserem U-Boot länger ist als der Obere, drückt das Wasser das U-Boot nach oben (*I. schiebt das U-Boot auf dem Meeresplakat an die Wasseroberfläche und platziert das Boot anschließend wieder auf der Tauchstufe 2*). Es bleibt also eine nach oben schiebende Kraft übrig, die man Auftriebskraft nennt. Um die Auftriebskraft zu erkennen, kann man die zwei Druckpfeile des U-Bootes nebeneinanderlegen (*I. entfernt die beide Druckpfeile von der Ober- und Unterseite des U-Bootes, legt sie nebeneinander und ergänzt einen orangenen Pfeil als Differenz*). Der Unterschied der beiden Pfeile ist die Auftriebskraft und wird durch den orangenen Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze der Auftriebskraft ist immer nach oben gerichtet, weil es eine nach oben schiebende Kraft ist.

Also nochmals zur Wiederholung: Auf jeden Gegenstand, der sich im Wasser befindet, wirkt ein größerer Druck auf die Unterseite als auf die Oberseite, weil die Unterseite eines Gegenstandes immer tiefer im Wasser ist und dort ein größere Wasserdruck herrscht. Es bleibt also eine nach oben wirkende Kraft übrig, welche Auftriebskraft genannt wird. Diese Auftriebskraft ergibt sich aus dem Unterschied der beiden grünen Druckpfeile im Wasser.

Wie findest du diese Erklärung? Ist etwas für dich unverständlich oder verstehst du alles?

B: Gut.

I: Kannst du mir dann erklären, wie die Auftriebskraft im Wasser entsteht?

B: Die Auftriebskraft entsteht (...) Also der Pfeil hier ist länger (*B. deutet auf den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3*) und der Pfeil ist kürzer (*B. deutet auf den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2*). Und deshalb geht das Boot nach oben.

I: Ja genau. Und wie nennt man diese Kraft, die das Boot nach oben schiebt?

B: Auftriebskraft.

I: Perfekt (*I. entfernt das Boot und alle Pfeile vom Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat*). Dann habe ich eine Dose vorbereitet (*I. nimmt die bis zur Hälfte mit Sand gefüllte Dose in die Hand*). Wenn ich diese Dose unter Wasser loslasse, steigt sie zur Wasseroberfläche (*I. lässt die Dose unter Wasser los*). Warum steigt die Dose auf?

B: (...) Weil die Dose leicht ist und das geht dann direkt hoch. Aber die große da (*B. deutet auf die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose*) geht gleich runter.

I: Kannst du das auch mit den Pfeilen und dem Meeresplakat erklären? Also angenommen die Dose ist unser U-Boot. Wie müssen das Boot und die Pfeile aussehen, damit das Boot beziehungsweise die Dose an die Wasseroberfläche aufsteigt?

B: (*B. platziert das Boot mit schwerer Beladung auf der Tauchstufe 3*)

I: Ist unser U-Boot leicht oder schwer?

B: Leicht.

I: Und wie müsste dann unser U-Boot aussehen?

B: So (*B. verschiebt das Boot auf die Tauchstufe 1*).

I: Du kannst das Boot gerne auf der Tauchstufe 3 liegen lassen, aber etwas an den Boot muss sich noch verändern. Das Boot ist jetzt noch schwer. Wir brauchen aber ein leichtes Boot (*B. schiebt das Boot wieder auf die Tauchstufe 3*).

B: Ah (*B. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*).

I: Jetzt fehlen noch die Pfeile.

B: (*B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 4 an die Oberseite des Bootes*) und da den (*B. legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 4 an die Unterseite des Bootes*).

I: Muss oben an das Boot der Druckpfeil der Tauchstufe 4?

- B:** Oh nein (*B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Oberseite des Bootes*). Jetzt geht das Boot nach oben.
- I:** Genau. Brauchen wir auch noch den orangenen Pfeil, der die Auftriebskraft darstellt?
- B:** Ja (*B. legt den orangenen Pfeil nach unten gerichtet an die Unterseite des Bootes*).
- I:** Die Auftriebskraft schiebt Gegenstände nach oben. Was ist dann auf dem Meeresplakat falsch?
- B:** So (*B. dreht den Auftriebspfeil um, damit die Pfeilspitze nach oben gerichtet ist*).
- I:** Genau. Jetzt ist alles richtig. Dann gehen wir mal weiter (*I. ersetzt die leichte Beladung auf dem U-Boot durch die schwere Beladung, platziert das Boot auf der Tauchstufe 2, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot und platziert den nach oben gerichteten Auftriebspfeil als Differenz der beiden Druckpfeile*). Wie du bereits weißt, wirkt auf einen Gegenstand im Wasser ebenfalls die nach unten ziehende Erdanziehungskraft. Diese Erdanziehungskraft wirkt der nach oben gerichteten Auftriebskraft entgegen. Um nun zu verstehen, wie sich ein Gegenstand im Wasser verhält, brauchen wir auf unserem Meeresplakat nicht nur den orangenen Pfeil für die Auftriebskraft, sondern auch Pfeile für die Erdanziehungskraft. Nochmals zur Wiederholung: Die Erdanziehungskraft ist umso größer, je schwerer ein Gegenstand ist. Unser U-Boot ist sehr schwer und die Erdanziehungskraft daher sehr stark, weshalb wir einen langen roten Erdanziehungspfeil benötigen (*I. legt den längsten roten Pfeil für die Erdanziehungskraft nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil auf das Meeresplakat*). Wir wissen, dass die Erdanziehungskraft nach unten zieht, weshalb die Pfeilspitze auch nach unten zeigen muss. Zur Unterstützung kannst du auf das Merkblatt schauen. Da siehst du, dass es unterschiedlich lange Erdanziehungspfeile gibt. Wenn ein Gegenstand sehr schwer ist, ist auch die auf ihn wirkende Erdanziehungskraft sehr

stark und deshalb ist der Pfeil auch sehr lang (*l. deutet auf den längsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Ist ein Gegenstand hingegen sehr leicht, ist die Erdanziehungskraft auch nur gering und der Pfeil für die Erdanziehungskraft sehr kurz (*l. deutet auf den kleinsten Erdanziehungspfeil auf dem Merkblatt*). Der Pfeil für die Erdanziehungskraft ist immer nach unten gerichtet und die Spitze des Auftriebspfeils schaut immer nach oben. Zurück zu unserem Boot. Die Erdanziehungskraft ist in unserem Fall also größer als die Auftriebskraft, da der Erdanziehungskraftpfeil länger ist als der Pfeil für den Auftrieb. Die nach unten ziehende Erdanziehungskraft überwiegt und das U-Boot sinkt auf den Meeresgrund (*l. verschiebt das Boot bis auf den Meeresgrund und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Es kann jedoch auch sein, dass unser Boot ganz leicht ist. Dafür haben wir die kleine schwarze Fläche (*l. tauscht die schwere Beladung mit der leichten Beladung aus*). Dadurch das unser U-Boot nun sehr wenig wiegt, wird es auch weniger von der Erde angezogen. Wir brauchen also keinen langen Erdanziehungspfeil, sondern einen sehr kurzen roten Pfeil (*l. tauscht den langen Erdanziehungspfeil durch den kurzen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Schauen wir uns jetzt die Unterschiede der beiden Pfeile an, erkennen wir, dass der Erdanziehungspfeil kleiner ist als der Auftriebspfeil. Folglich überwiegt also die Auftriebskraft und das U-Boot steigt nach oben (*l. verschiebt das Boot bis zur Wasseroberfläche und legt das Boot anschließend wieder auf die Tauchstufe 2 zurück*). Eine weitere Möglichkeit ist, dass das U-Boot weder leicht noch schwer, sondern mittelmäßig beladen ist (*l. tauscht die leichte Beladung mit der mittleren Beladung aus*). Dafür benötigen wir auch einen anderen Erdanziehungskraftpfeil (*l. tauscht den kurzen Erdanziehungspfeil durch den mittleren Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil*). Die Erdanziehungskraft ist größer als bei der leichten Beladung aber trotzdem noch kleiner als bei der ganz schweren Beladung. Deshalb ist der rote Pfeil mittelgroß. Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehungskraft sind nun gleichlang und es überwiegt keine Kraft. Das Boot schwebt im Wasser (*l. verschiebt das Boot nicht*).

Auf ein Gegenstand wirken im Wasser also immer die nach unten ziehende Erdanziehungskraft und die nach oben schiebende Auftriebskraft.

Wie findest du die Erklärung? Kannst du sie verstehen oder ist etwas unklar für dich?

B: Ich verstehe alles.

I: Kannst du mir nun mit deinen eigenen Worten erklären, weshalb ein U-Boot im Wasser aufsteigen kann?

B: Wenn es ein leichtes U-Boot ist, dann muss die Erdanziehungskraft weg und das Boot geht nach oben.

I: Die Erdanziehungskraft zieht aber Gegenstände immer nach unten. Wir haben also immer eine Erdanziehungskraft und immer eine Auftriebskraft. Du hast schon richtig gesagt, dass das Boot leicht sein müsste. Aber wie muss die Erdanziehungskraft sein?

B: (...) Dann muss die Erdanziehungskraft echt groß sein. (...) Ah. Nein. Sie muss klein sein.

I: Genau. Das Boot ist leicht und deshalb ist auch die Erdanziehungskraft klein. Kannst du jetzt nochmals wiederholen, weshalb ein Boot aufsteigen kann?

B: Das Boot ist leicht. Die Erdanziehungskraft ist kleiner als die Auftrieb und deshalb geht das U-Boot hoch.

I: Genau. Die Erdanziehungskraft ist geringer als die Auftriebskraft. Deshalb überwiegt die Auftriebskraft und das Boot steigt *(I. entfernt das Boot und alle Pfeile von dem Meeresplakat und legt die Materialien neben das Plakat)*. Dann habe ich noch eine Dose vorbereitet *(I. nimmt die bis zum Rand mit Sand gefüllte Dose in die Hand)*. Diese Dose ist jedoch viel schwerer als die Vorherige. Was passiert mit dieser Dose, wenn ich sie unter Wasser loslasse?

B: Dann sinkt sie unter.

I: *(I. lässt die Dose unter Wasser los)*. Sie sinkt. Und warum sinkt sie?

- B:** Weil sie schwerer ist.
- I:** Okay. Kannst du das dann auch auf dem Meeresplakat mit dem U-Boot und den Pfeilen darstellen? Angenommen die Dose ist das Boot auf dem Plakat.
- B:** *(B. platziert das Boot mit schwerer Beladung auf der Tauchstufe 3)*
- I:** Genau. Wir brauchen ein schweres U-Boot.
- B:** Wir brauchen noch die Erdanziehungskraft *(B. platziert den nach oben gerichteten langen Erdanziehungspfeil an der Oberseite des Bootes)*
- I:** Muss die Spitze der Erdanziehungskraft nach oben zeigen?
- B:** Nein *(B. dreht den Erdanziehungspfeil, damit die Pfeilspitze nach unten gerichtet ist). (...)*
- I:** Es fehlen noch weitere Pfeile.
- B:** *(B. legt den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 an die Oberseite des Bootes und den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 4 an die Unterseite des Bootes). Und das noch (B. legt den orangenen Pfeil nach oben gerichtet an die Unterseite des Bootes).*
- I:** Sehr gut. Kannst du es jetzt noch erklären, warum das Boot untergehen würde?
- B:** Der Erdanziehungspfeil ist länger als der Auftrieb. Dann geht das Boot runter.
- I:** Perfekt. Sehr gut. Dann sind es jetzt nur noch drei Fragen. Angenommen ein U-Boot schwebt im Wasser *(I. ersetzt die schwere Beladung auf dem U-Boot durch die mittlere Beladung, platziert das Boot auf der Tauchstufe 2, legt den nach oben gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 3 und den nach unten gerichteten Druckpfeil der Tauchstufe 2 neben das Boot, platziert den nach oben gerichteten Auftriebskraftpfeil als Differenz der beiden Druckpfeile und legt den mittleren nach unten gerichteten Erdanziehungspfeil daneben).* Die Erdanziehungs- und Auftriebskraft sind nun gleich und das Boot schwebt im

Wasser. Es soll noch tiefer abtauchen. Was muss sich am U-Boot und an den Pfeilen verändern, damit das Boot sinkt?

B: *(B. schiebt das Boot auf Tauchstufe 3 und lässt die Pfeile unverändert).*

I: An dem Boot und den Pfeilen hat sich jetzt aber noch nichts verändert.

B: *(B. dreht den Auftriebspfeil um, damit die Pfeilspitze nach unten schaut) Und so (B. dreht den Erdanziehungspfeil um, damit die Pfeilspitze nach oben schaut)*

I: Jetzt ist es aber so, dass die Auftriebskraft nach unten zieht und die Erdanziehungskraft nach oben drückt. Ist das richtig?

B: Nein *(B. dreht den Auftriebs- und Erdanziehungspfeil richtig rum).*

I: Die Pfeile für die Auftriebskraft und die Erdanziehung sind aber immer noch gleich lang. So kann das Boot aber nicht abtauchen.

B: Ah. *(B. tauscht den mittleren Erdanziehungspfeil mit dem langen Erdanziehungspfeil aus und legt ihn nach unten gerichtet neben den Auftriebspfeil).*

I: Müsste sich auch noch etwas an dem U-Boot verändern?

B: Nein.

I: Okay.

B: Oh doch *(B. tauscht die mittlere Beladungsfläche mit der schweren Beladungsfläche aus).*

I: Und warum muss das Boot schwer sein?

B: Weil die Erdanziehungskraft stark zieht, deshalb das schwere Boot.

I: Ja genau. Jetzt ist es richtig. Noch eine weitere Situation. Das U-Boot befindet sich gerade unter Wasser. Der Kapitän verlangt, dass aus dem Tank des U-Boot das ganze Wasser herausgedrückt wird. Das Boot wird somit leichter. Was passiert nun mit dem U-Boot unter Wasser?

B: Dann würde es nach oben steigen.

- I:** Ja das ist richtig. Und warum würde das Boot aufsteigen?
- B:** Weil die Auftriebskraft (...) Also das Boot ist echt leicht und die Auftriebskraft schiebt das dann direkt nach oben.
- I:** Und was ist mit der Erdanziehungskraft?
- B:** Die Erdanziehungskraft ist ganz klein.
- I:** Genau. Bei einem leichten Boot ist die Erdanziehungskraft kleiner als die Auftriebskraft. Also überwiegt die Auftriebskraft und das Boot würde aufsteigen. Sehr gut. Dann kommen wir jetzt zur letzten Frage. Angenommen das U-Boot ist bis auf den schlammigen Meeresboden getaucht. Die Unterseite liegt im Schlamm. Der Tank wurde bereits komplett geleert und das Boot ist sehr leicht (*l. platziert das U-Boot mit leichter Beladung auf dem Meeresgrund*). Trotz dem leichten Gewicht des Bootes steigt es nicht auf. Hast du eine Erklärung dafür?
- B:** Nein. Ich weiß nicht. (...)
- I:** Nicht schlimm. Dann sind wir schon am Ende. Dankeschön.

Danksagung

An dieser Stelle meiner Wissenschaftlichen Hausarbeit möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich auf dem Weg durch mein Studium aber auch bei der Erstellung dieser Arbeit begleitet und unterstützt haben.

Ein besonderer Dank kommt Prof. Dr. Thomas Wilhelm und Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner zu, welche zu jeder Uhrzeit für meine aufgetretenen Probleme und Fragestellungen zur Verfügung standen und mich dadurch bestmöglich bei der Erstellung der Wissenschaftlichen Hausarbeit unterstützten.

Des Weiteren möchte ich mich bei der Klassenlehrerin meiner damaligen Praktikumsklasse bedanken, durch deren Einsatz die Durchführung der Akzeptanzinterviews erst ermöglicht wurde. In diesem Zusammenhang gebührt ein besonderer Dank den zwölf befragten Schülerinnen und Schülern. Durch ihre motivierte Haltung haben sie nicht nur einen großen und bedeutsamen Teil zu meiner Wissenschaftlichen Arbeit beigetragen, sondern auch den Bearbeitungsprozess dieser Arbeit bereichert und erhellt.

Der größte Dank gilt jedoch meiner Familie und meinem Partner, die mich während des gesamten Lehramtsstudiums tatkräftig unterstützten. Durch zahlreiche aufbauende Worte gaben sie mir besonders in den schwierigen Phasen meines Studiums Hoffnung. Zu guter Letzt danke ich meinem Vater, der mit voller Motivation und Hingabe zahlreiche Druckdosen baute, um mich bei der Planung der Akzeptanzinterviews zu unterstützen.