

Spiralcurriculum

Schwimmen und Sinken

Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen

LÖSUNGEN

zu den Arbeitsblättern in
Band 3: Sekundarbereich

SIMON RÖSCH
CLAUDIA STÜBI
PETER LABUDDE

Ermöglicht durch

Deutsche
Telekom
Stiftung



Sequenz 1: Schwimmen oder sinken? Das ist hier die Frage!

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Tipps für Lehrkräfte

*Version 16. April 2018: Ergänzungen und Änderungsvorschläge sind jederzeit herzlich willkommen. Kontakt: Prof. Dr. Peter Labudde, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik, Pädagogische Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz.
peter.labudde@fhnw.ch*

Schwimmen oder sinken? Das ist hier die Frage! Arbeitsblatt 1.1.0

1. Verschiedene Körper werden vorgestellt. Trage diese gemäß deiner Vermutung in die Tabelle ein, ob sie im Wasser schwimmen oder sinken.

Meine Vermutung:

Körper, die im Wasser schwimmen	Körper, die im Wasser sinken
<i>Holz</i>	<i>Eisen</i>
<i>Styrodur</i>	<i>Stein</i>
<i>Wachs</i>	

2. Meine Vermutung:

Mögliche Schülerantworten (Handbuch S. 42 oben): Alles, was *aus Holz, Styrodur, Kunststoff oder Wachs ist*, schwimmt. *Alles, was leicht ist, schwimmt.*

Alles, was *aus Stein oder Metall ist*, sinkt. *Alles, was schwer ist, geht unter; alles, was ein Loch hat, sinkt; usw.*

3. Überprüfe nun deine Vermutung, indem du die Körper im Wasserbad auf ihre Schwimmfähigkeit testest. Trage die Ergebnisse in die Tabelle ein.

Meine Ergebnisse:

Körper, die im Wasser schwimmen	Körper, die im Wasser sinken
<i>Buchenholz (mit und ohne Loch)</i>	<i>Eisen</i>
<i>Styrodur</i>	<i>Stein</i>
<i>Wachs</i>	<i>Tropenholz</i>

4. Formuliere mindestens zwei Beobachtungen, z. B. mit je-desto oder auch in anderer Form:

Mögliche Antworten der Schülerinnen und Schüler (Handbuch S. 42 Mitte):
Je schwerer ein Gegenstand im Verhältnis zu seinem Volumen ist, desto eher sinkt er. Ob etwas schwimmt oder sinkt, hängt vom Material ab. Gewisse Materialien sind für ihre Größe leicht; sie schwimmen. Andere Materialien sind für ihre Größe schwer; sie sinken.



Schwimmen oder sinken? Das ist hier die Frage! Arbeitsblatt 1.1.1

5. a. Wähle mindestens drei Körper, deren Volumen du berechnen kannst, und ermittle die Dichte. Trage die Werte in die Tabelle ein.

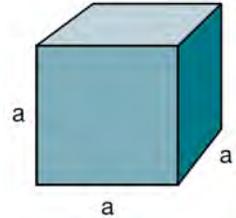
Die Dichte eines Körpers berechnet sich über die Masse m und das Volumen V .

Beispiel Dichteberechnung Buchenholzwürfel (Kantenlänge $a = 4 \text{ cm}$)

Masse = $m = 40 \text{ g}$

Volumen = $V = 64 \text{ cm}^3$

Mit Taschenrechner: Dichte = $\rho = m : V = 40 \text{ g} : 64 \text{ cm}^3 = 0,63 \text{ g/cm}^3$



Je nach Genauigkeit der zugesägten Würfel, weichen die Ergebnisse zu den unten aufgeführten Ergebnissen ab.

Körper	Masse (Gewicht) in g	Volumen in cm^3	Dichte in g/cm^3	Schwimmt ja/nein
1. Buchenholz	40	$4,05^3 = 66,4$	0,60	Ja
2. Tropenholz	57	$3,75^3 = 52,7$	1,1	Nein
3. Stein	139	$3,95^3 = 61,6$	2,3	Nein
4. Metall	502	$4,0^3 = 64$	7,8	Nein
5. Wachs	60	$4,05^3 = 66,4$	0,90	Ja
6. Styrodur	2	$3,90^3 = 59,3$	0,034	Ja

- b. Ermittle die Dichte von Wasser an der Station 1. Trage die Werte in die Tabelle ein.

Körper	Masse (Gewicht) in g	Volumen in cm^3	Dichte in g/cm^3	Zusatzaufgabe: Schwimmt ja/nein
6. Wasserwürfel	64	64	1,0	Schwebt

6. Dichte als Materialeigenschaft

- a. Die Schwimmfähigkeit eines Vollkörpers hängt ab

– vom Verhältnis von *Masse und Volumen*.

Dieses Verhältnis nennt man *Dichte*.

– aber auch von der Dichte der *Flüssigkeit, d. h. der Dichte des Wassers*.

Ein Körper schwimmt, wenn *seine Dichte kleiner ist als die Dichte von Wasser*.

Die Dichte von Wasser ist 1 g/cm^3 .

- b. Körper, die nicht schwimmfähig sind, kann man zum Schwimmen bringen, indem man (siehe Handbuch S. 44 oben) zum Beispiel a) Material anbindet und miteintaucht, das schwimmt, oder b) indem man aus dem Material eine Art Boot formt.

Beispiel für a: Eine Metallplatte auf Styrodur binden; man erhält ein Floß, das schwimmt. Beispiel für b: Aus Knetmasse ein Boot formen. Dieses schwimmt.



Schwimmen oder sinken? Das ist hier die Frage! Arbeitsblatt 1.1.1

5. a. Wähle mindestens drei Würfel und ermittle die Dichte. Trage die Werte in die Tabelle ein.

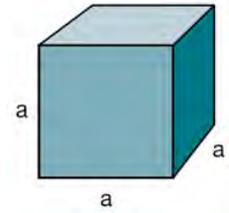
Die Dichte eines Körpers berechnet sich über die Masse m und das Volumen V .

Beispiel Dichteberechnung Buchenholzwürfel (Kantenlänge $a = 4 \text{ cm}$):

Masse = $m = 40 \text{ g}$

Volumen = $V = a \cdot a \cdot a = 4 \text{ cm} \cdot 4 \text{ cm} \cdot 4 \text{ cm} = 64 \text{ cm}^3$

Mit Taschenrechner: Dichte = $\rho = m : V = 40 \text{ g} : 64 \text{ cm}^3 = 0,63 \text{ g/cm}^3$



Je nach Genauigkeit der zugesägten Würfel, weichen die Ergebnisse zu den unten aufgeführten Ergebnissen ab.

Körper	Masse (Gewicht) in g	Volumen in cm^3	Dichte in g/cm^3	Schwimmt ja/nein
1. Buchenholz	40	64	0,63	Ja
2. Stein	139	64	2,2	Nein
3. Metall	502	64	7,8	Nein
4. Tropenholz	57	$3,75^3 = 52,7$	1,1	Nein
5. Wachs	60	$4,05^3 = 66,4$	0,90	Ja

- b. Ermittle die Dichte von Wasser an der Station 1. Trage die Werte in die Tabelle ein.

Körper	Masse (Gewicht) in g	Volumen in cm^3	Dichte in g/cm^3	Zusatzaufgabe: Schwimmt ja/nein
6. Wasserwürfel	64	64	1,0	Schwebt

6. Dichte als Materialeigenschaft

- a. Die Schwimmfähigkeit eines Vollkörpers hängt ab

– vom Verhältnis von **Masse und Volumen** des Körpers.

Dieses Verhältnis nennt man **Dichte** des Körpers.

– aber auch von der Dichte der **Flüssigkeit, d. h. der Dichte des Wassers**.

Ein Körper schwimmt, wenn **seine Dichte kleiner ist als die Dichte von Wasser**.

Die Dichte von Wasser ist 1 g/cm^3 .

- b. Körper, die nicht schwimmfähig sind, kann man zum Schwimmen bringen, indem man (siehe Handbuch S. 44 oben) **zum Beispiel a) Material, das schwimmt, anbindet und miteintaucht, oder b) indem man aus dem Material eine Art Boot formt. Beispiel für a: Eine Metallplatte auf Styrodur binden; man erhält ein Floß, das schwimmt. Beispiel für b: Aus Knetmasse ein Boot formen. Dieses schwimmt.**

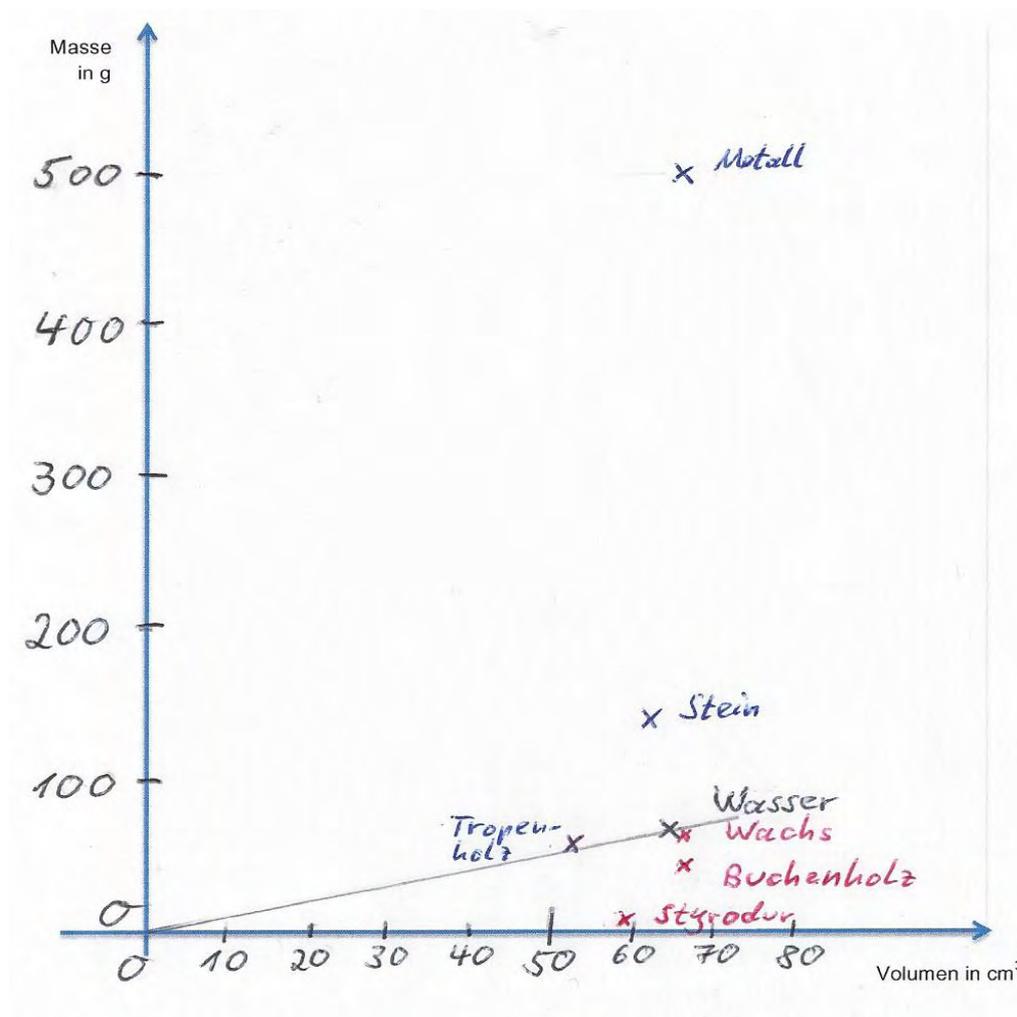
Die Dichte von Körpern bestimmen, Arbeitsblatt 1.2.0, Zusatzaufgabe

7. Übertrage die Tabelle in das Masse-Volumen-Diagramm. Die schwimmenden Vollkörper trägst du mit roter Nummer, die sinkenden Vollkörper mit blauer Nummer ein.

Die Ergebnisse zu dem Plexiglaskörper (Dichte von Wasser) trägst du mit schwarzer Farbe ein.

Was fällt dir auf?

Je nach Genauigkeit der zugesägten Würfel, weichen die Ergebnisse zu den unten aufgeführten Ergebnissen ab.



Die Messwerte der sinkenden Vollkörper liegen eher links und oberhalb des Wertes für Wasser. Die Messwerte der schwimmenden Vollkörper unterhalb des Wertes für Wasser.

Zieht man vom Nullpunkt (0/0) eine Gerade zum Messwert des Wassers, liegen die Werte der sinkenden Vollkörper oberhalb der Geraden, die Werte der schwimmenden Vollkörper unterhalb der Geraden.



Die Dichte von Wasser bestimmen, Station 1

Ermittle die Dichte von Wasser, indem du im Plexiglaswürfel einen Wasserwürfel beziehungsweise einen Wasserquader bildest.

Masse in g:

1. Lege den Plexiglaswürfel auf die Waage und stelle diese auf null, um nicht das Gewicht des Plexiglasses mitzumessen. Fülle nun den Plexiglaswürfel vorsichtig mit Wasser. Beobachte ihn dabei von der Seite, damit du den Körper nur exakt bis zu seiner Oberkante füllst. Für eine genau dosierte Wasserzugabe kannst du die Spritze benutzen.
2. Lies nun die Masse an der Waage ab und trage den Wert in die Tabelle ein (Aufgabe 5 b auf dem Arbeitsblatt 1.1.1).

Die Masse ist 64 g.

Volumen in cm^3 :

3. Berechne das Volumen des Wassers in dem Würfel und trage den Wert in die Tabelle ein (Aufgabe 5 b auf dem Arbeitsblatt 1.1.1).

Die Kantenlänge beträgt 4 cm. Damit ist das Volumen des Wassers 64 cm^3 .

Dichte in g/cm^3 :

4. Berechne aus den oben ermittelten Werten die Dichte von Wasser in g/cm^3 und trage den Wert in die Tabelle ein (Aufgabe 5 b auf dem Arbeitsblatt 1.1.1).

Dichte von Wasser: $\rho = m : V = 64 \text{ g} : 64 \text{ cm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$



Die Dichte von Wasser bestimmen, Station 1

Ermittle die Dichte von Wasser, indem du im Plexiglaswürfel einen Wasserwürfel beziehungsweise einen Wasserquader bildest.

Masse in g:

1. Lege den Plexiglaswürfel auf die Waage und stelle diese auf null, um nicht das Gewicht des Plexiglasses mitzumessen. Fülle nun den Plexiglaswürfel vorsichtig mit Wasser. Beobachte ihn dabei von der Seite, damit du den Körper nur exakt bis zu seiner Oberkante füllst. Für eine genau dosierte Wasserzugabe kannst du die Spritze benutzen.
2. Lies nun die Masse (in der Alltagssprache oft als Gewicht bezeichnet) in Gramm an der Waage ab und trage den Wert in die Tabelle ein (Aufgabe 5 b auf dem Arbeitsblatt 1.1.1).

Die Masse ist 64 g.

Volumen in cm^3 :

3. Die Kantenlänge an der Innenseite des Plexiglaswürfels beträgt 4 cm. Kannst du das Volumen nun allein berechnen? Trage den Wert in die Tabelle ein (Aufgabe 5 b auf dem Arbeitsblatt 1.1.1).

Die Kantenlänge beträgt 4 cm. Damit ist das Volumen des Wassers 64 cm^3 .

Dichte in g/cm^3 :

4. Nun kannst du die Dichte des Wassers berechnen, indem du das Gewicht durch das Volumen teilst. Trage den Wert in die Tabelle ein (Aufgabe 5 b auf dem Arbeitsblatt 1.1.1).

Dichte von Wasser: $\rho = m : V = 64 \text{ g} : 64 \text{ cm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$

Tipps für Lehrkräfte¹

Genauigkeit der Waagen: Bei den sechs Einheitswürfeln, welche sich in den Kisten befinden, reicht eine Waage, die auf ein Gramm genau misst. Mit dieser Genauigkeit lässt sich die Dichte der Stoffe genügend exakt bestimmen, um die Dichte-Unterschiede zwischen den Stoffen und insbesondere zu Wasser deutlich zu machen. - Je nach Qualität der Waagen können die Messwerte der verschiedenen Schülergruppen unter Umständen bis zu drei Prozent abweichen. Es empfiehlt sich, die Schülerinnen und Schüler darauf aufmerksam zu machen und derartige Messfehler zu thematisieren, einerseits spezifisch im Hinblick auf das Experiment, andererseits ganz allgemein. Zum Beispiel: "Welche Konsequenzen haben ungenaue Waagen für unsere Messungen?" "Welche Konsequenzen können ungenaue Waagen in einem Supermarkt für einen Kunden bzw. eine Kundin haben?"

Trockenes und feuchtes Holz: Bei der Dichte von Holz spielt es eine Rolle, ob es trocken ist oder nicht. Frisches Holz besitzt eine höhere Dichte als trockenes Holz, weil es mehr Wasser enthält.

Kantenlänge der Würfel: Die Würfel, die sich in den Kisten befinden, haben nicht ganz genau die Kantenlänge 4,0 cm, sondern weichen um bis zu +/- 0,25 cm davon ab. Deshalb wird in Aufgabe 5 der leichten Version des AB 1.1.1 als vierter und fünfter Punkt der Tropenholz- und Wachswürfel vorgeschlagen (nur in der editierbaren digitalen Version), da sich bei diesen die Abweichungen beim Zuschnitt im Dichtevergleich mit Wasser stark bemerkbar machen. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Kantenlänge mit einem Lineal auf +/- 0,5 mm oder mindestens auf +/- 1 mm genau messen und mit den gemessenen Kantenlängen das Volumen berechnen. Wer es noch genauer haben will, möge ein Messschieber verwenden.

Runden von Zahlen: In den obigen Dichteberechnungen wurde auf zwei laufende Ziffern gerundet. Auch die Schülerinnen und Schüler sollten dafür sensibilisiert werden zu runden und nicht alle Ziffern anzugeben, welcher der Taschenrechner anzeigt. Als Faustregel gilt: Wenn auf n Ziffern gemessen wird, sollte auch das Resultat nur mit n Ziffern angegeben werden. Wenn also zum Beispiel die Kantenlänge eines Würfels mit 4,1 cm und die Masse mit 40 g bestimmt werden, wird auch die Dichte mit nur zwei Ziffern angegeben, d.h. $40 \text{ g} / (4,1 \text{ cm} \cdot 4,1 \text{ cm} \cdot 4,1 \text{ cm}) = 0,58 \text{ g/cm}^3$.

Aufgabe 7, d.h. das Erstellen, Diskutieren und Verstehen eines Masse-Volumen-Diagramms ist sehr anspruchsvoll. Wo liegen die Herausforderungen und welche Hilfestellungen lassen sich allenfalls geben?

Herausforderung	Hilfestellung
Einteilung der Achsen	Einteilung durch Lehrperson vorgeben
Eintragen der Messwerte	Gegenseitige Kontrolle und Hilfe durch Mitschülerinnen und Mitschüler
Erkennen einer Gesetzmäßigkeit	Weitere Werte für Wasser eintragen lassen, z.B. $10 \text{ g} / 10 \text{ cm}^3$, $20 \text{ g} / 20 \text{ cm}^3$, $30 \text{ g} / 30 \text{ cm}^3$, ...
Interpretation bzw. Verstehen des Diagramms	Eine Gerade durch alle Messwerte für Wasser eintragen lassen, d.h. von $0 / 0$ bis $60 \text{ g} / 60 \text{ cm}^3$

¹ Die Tipps sollen insbesondere auch fachfremd unterrichtende Lehrkräfte unterstützen.

Sequenz 2: Hier wendets sich vom Sinken zum Schwimmen - und umgekehrt

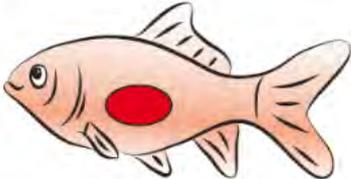
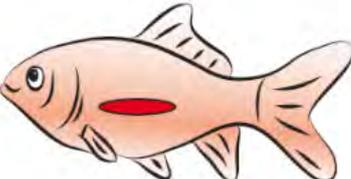
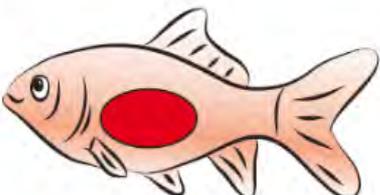
Lösungen zu den Arbeitsblättern

Tipps für Lehrkräfte

*Version 16. April 2018: Ergänzungen und Änderungsvorschläge sind jederzeit herzlich willkommen. Kontakt: Prof. Dr. Peter Labudde, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik, Pädagogische Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz.
peter.labudde@fhnw.ch*

Im Wasser schweben, Arbeitsblatt 2.1.0

1. Die meisten Fische regulieren ihre Eintauchtiefe mithilfe der Schwimmblase. Notiere in Stichworten, was du auf den Bildern siehst, und kreuze an, was der Fisch gerade macht.

Fisch mit Schwimmblase	Was beobachtest du?	Was macht der Fisch?
	<i>Der Fisch hat eine Schwimmblase, die "mittel" gefüllt ist.</i>	<input type="checkbox"/> Steigt auf <input checked="" type="checkbox"/> Schwebt <input type="checkbox"/> Sinkt
	<i>Der Fisch hat eine Schwimmblase, die "wenig" gefüllt ist.</i>	<input type="checkbox"/> Steigt auf <input type="checkbox"/> Schwebt <input checked="" type="checkbox"/> Sinkt
	<i>Der Fisch hat eine Schwimmblase, die "stark" gefüllt ist.</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Steigt auf <input type="checkbox"/> Schwebt <input type="checkbox"/> Sinkt

2. Vergleiche mit dem schwimmenden Menschen. Wie könntest du im Schwimmbecken deine Eintauchtiefe regulieren?

Mögliche Antworten der Schülerinnen und Schüler:

Ich kann mir Schwimmflügel oder einen Schwimmring anlegen. Dann tauche ich weniger ein.

Ich kann meine Lunge mit wenig oder mit viel Luft füllen. Wenn ich wenig Luft in der Lunge habe, tauche ich tiefer ein oder sinke sogar ganz ab. Wenn viel Luft in der Lunge ist und ich die Luft anhalte, schwimme ich mehr auf dem Wasser.

Wenn ich ganz ruhig ohne Bewegung auf dem Wasser liegen will, muss ich so viel Luft wie möglich einatmen und die Luft anhalten.

Im Wasser schweben, Arbeitsblatt 2.1.1

3. **Gibt man einen Körper ins Wasser, verdrängt er dieses. Das Volumen des verdrängten Wassers ist dabei genauso groß wie das Volumen des eingetauchten Körpers. Beschreibe in kurzen Stichpunkten, wie man mit diesem Phänomen das Volumen eines Körpers bestimmen kann.**

Mögliche Schülerantworten:

Ich stelle ein Gefäß, z.B. ein Glas, in eine Wanne oder eine Schüssel. Dann fülle ich das Glas bis oben an den Rand mit Wasser. Ich tauche den Körper in das Glas mit dem Wasser. Das Wasser läuft über und wird in der Schüssel gesammelt. Dieses Wasser gieße ich dann in einen Messbecher oder einen Messzylinder und kann so das Volumen des Wassers bestimmen. Dieses Volumen ist genau das Volumen des Körpers.

Ich fülle einen Messbecher ungefähr zur Hälfte und lese ab, wie viel Wasser im Messbecher ist (zum Beispiel 550 ml). Dann tauche ich den Körper ein. Das Wasser im Messbecher steigt (zum Beispiel auf 710 ml). Dann ist das Volumen des Körpers $710 \text{ ml} - 550 \text{ ml} = 160 \text{ ml}$.

4. **Nun soll eine Schülerin oder ein Schüler das Volumen des dritten „schwebenden“ Luftballons bestimmen. Tragt die Werte ein:**

Wasserstand vor dem Eintauchen des Luftballons: **700 ml**

Wasserstand nach dem Eintauchen des Luftballons: **845 ml**

Volumen des Ballons: **$845 \text{ ml} - 700 \text{ ml} = 145 \text{ ml} = 145 \text{ cm}^3$**

- a. **Du kennst jetzt das Volumen des Körpers (Luftballon). Bestimme die Dichte.**

Masse des Ballons: **145 g**

Mein Berechnungsweg:

$$\text{Dichte} = \text{Masse} / \text{Volumen} = 145 \text{ g} / 145 \text{ cm}^3 = 1 \text{ g} / \text{cm}^3$$

Mein Resultat: Dichte Körper = $\rho_K = 1 \text{ g/cm}^3$

Skizze eines Geräts, das sich bezüglich der Eintauchtiefe regulieren lässt

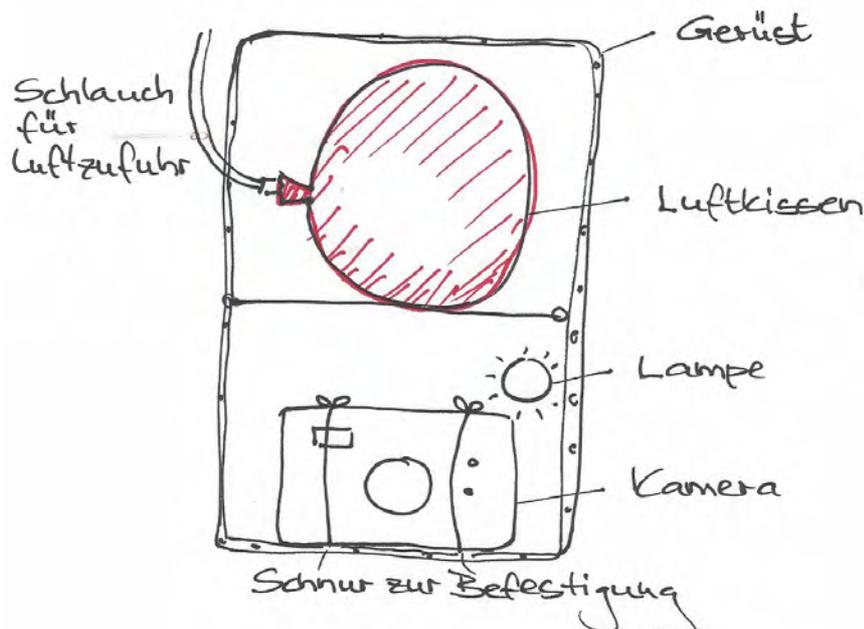
Im letzten Teil der Unterrichtseinheit sollen die Schülerinnen und Schüler "ein Gerät planen, das man in der Eintauchtiefe regulieren kann und mit dem sich Unterwasseraufnahmen machen lassen."

Bei dieser Aufgabe wird zum einen an die vorhergehenden Experimente und Erkenntnisse angeknüpft und zum anderen auf die nächste Unterrichtssequenz (Sequenz 3: Ein Königreich für einen Tauchroboter) vorbereitet.

Eine Skizze sollte die vorgegebenen Komponenten (siehe Kopiervorlagen), mindestens jedoch die folgenden Teile enthalten:

- Gerüst
- Eine Art "Schwimmblyse" bzw. Luftkissen, das sich mit mehr oder weniger Luft füllen lässt. Jugendliche, die diesen Teil in ihre Skizze einbeziehen, zeigen, dass sie das wesentliche Prinzip einer Schwimmblyse bzw. die Bedeutung der Dichte für das Schwimmen und Sinken verstanden haben.
- Luftzufuhr
- Kamera
- Lampe

Folgende Skizze einer Schülerin zeigt eine mögliche Lösung:



Einzelne Jugendliche finden Gefallen an der Aufgabe und entwickeln ihre Konstruktion noch weiter, u.a. mit Motor, Schiffsschraube, Steuereinrichtungen und Unterwasserscheinwerfer. Der Kreativität und dem Einfallsreichtum der Schülerinnen und Schüler sind da keine Grenzen gesetzt.

Tipps für Lehrkräfte¹

Aufgabe 2: Zur Auflockerung lässt sich folgende Anekdote zur "Aktion Luftklistier" erzählen bzw. die Klasse unter diesem Stichwort im Internet suchen lassen. In Wikipedia heißt es (abgerufen 10. Feb. 2018):

Die Aktion Luftklistier war ein Versuch zur Leistungssteigerung bei westdeutschen Schwimmsportlern und Modernen Fünfkämpfern in den 1970er Jahren. Ausgehend von der Überlegung, dass Luft im Verdauungs-, beziehungsweise im Darmtrakt, eine höhere und damit gemäß der Strömungslehre aquadynamisch günstigere Wasserlage bewirke, wurde Schwimmern durch den Anus Luft in den Dickdarm eingepumpt. Der Deutsche Schwimm-Verband DSV startete Versuche diesbezüglich insbesondere im Trainingslager in Calgary für die Olympischen Sommerspiele 1976 in Montreal. Der DSV ließ sich durch den Doping-Bekämpfer Manfred Donike bestätigen, dass diese Vorgehensweise keiner Dopingrichtlinie zuwiderlaufe und durch den Freiburger Sportmediziner Joseph Keul, dass die Gesundheit der Sportler nicht gefährdet werde und es zu einer Leistungssteigerung komme. Vom Bundesministerium des Inneren wurden für die Versuche 250.000 DM zur Verfügung gestellt. Im Trainingslager in Calgary erwies sich die Richtigkeit der Überlegungen zur Leistungssteigerung. Einer der Probanden war der spätere Präsident des Nationalen Olympischen Komitees (NOK), Klaus Steinbach. Wettkampftauglich war die Aufblasmethode dennoch nicht, da an den Wettkampfstätten keine geeigneten Räumlichkeiten zur Verfügung standen. Vom allfälligen Ort der Maßnahme bis zum Startblock war die „heiße Luft“ entwichen. Das Angebot eines Gummwarenproduzenten, eine Art Stöpsel zu liefern, wurde vom DSV zurückgewiesen.

Die Aktion gelangte einige Wochen nach den Olympischen Spielen an die Öffentlichkeit und erzeugte dort Erstaunen und Dopingvorwürfe, aber auch Spott und Witzeleien. Letztere äußerten sich in Zeitungstiteln wie "Frischlufft im Gesäß", "Tragikomische Art von Manipulation" oder "Gummipropf im After?"

Aufgabe 3: Die Skala des Messbechers sollte so genau wie möglich sein. Haushaltsmessbecher mit einer Skala, die auf 50 ml oder 100 ml genau ist, genügen nur bei großen Volumina. Hier lässt sich bestenfalls auf 10 ml genau abschätzen. Besser sind Messbecher mit Skalen, die alle 10 ml einen Messstrich aufweisen. Für noch genauere Messungen eignet sich das Überlaufexperiment: siehe Handbuch S. 52, obere Tabelle mit den inhaltsbezogenen Kompetenzen, und siehe im vorliegenden Dokument die Lösung zum Arbeitsblatt 2.1.1, Aufgabe 3, erste Schülerantwort. Gießt man das überlaufene Wasser in einen Messzylinder, erhält man die genauesten Werte.

In Aufgabe 4 heißt es: "Nun soll eine Schülerin oder ein Schüler das Volumen des dritten „schwebenden“ Luftballons bestimmen." Es geht um den Luftballon, der mit Muttern gefüllt ist und im Wasser schwebt. Damit ein mit Muttern gefüllter Luftballon im Wasser schwebt oder zumindest fast schwebt, bedarf es etwas Probierens, d.h. "trial and error". Es wird nicht auf Anhieb gelingen, sondern erst im dritten oder vierten Anlauf. Tipp: Dieses Experiment lässt sich auch als kleiner Wettbewerb durchführen: Welcher Schülergruppe gelingt es einen Luftballon so mit Muttern und Luft zu füllen, dass er möglichst gut im Wasser schwebt.

¹ Die Tipps sollen insbesondere auch fachfremd unterrichtende Lehrkräfte unterstützen.

Sequenz 3: Ein Königreich für einen Tauchroboter

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Tipps für Lehrkräfte

Version 16. April 2018: Ergänzungen und Änderungsvorschläge sind jederzeit herzlich willkommen. Kontakt: Prof. Dr. Peter Labudde, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik, Pädagogische Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz.
peter.labudde@fhnw.ch

Einen Tauchroboter konstruieren, Arbeitsblatt 3.1.0

1. Körper, die sich im Wasser befinden, stehen natürlich nicht so stabil wie an Land. Die Gefahr des Schwankens und Kippens ist viel größer. Notiert, wie man den Tauchroboter bauen muss, damit diese Gefahr eingeschränkt wird.

Damit der Tauchroboter unter Wasser stabil ist, müssen sich die leichten Gegenstände oben, die schweren unten befinden. Konkret: Das Luftkissen (in Form eines Luftballons) und die Luftzufuhr müssen sich im oberen Teil des Tauchroboters befinden, die Gewichte ganz unten. Dazwischen können Kamera und Taschenlampe platziert werden.

2. Testet den Tauchroboter im Wasser. Er soll bei halb gefülltem Ballon möglichst schweben.
 - a. Füllt den Tank mit Metallscheiben oder Flüssigkeit.

Die runden Kunststoffdosen dienen als "Tank" für die Gewichte, d.h. für Metallscheiben und Muttern. Um keinen unnötigen Auftrieb zu erzeugen, empfiehlt es sich die Kunststoffdose zum Schluss ganz mit Wasser zu füllen.



3. Volumen des schwebenden Tauchroboters bestimmen

- a. Bestimmt die Masse des möglichst schwebenden Tauchroboters durch Wiegen.

Masse Tauchroboter $m_T = 348 \text{ g}$

- b. Wie groß muss die Dichte des Tauchroboters sein, damit er im Wasser schwebt?

$\rho = 1 \text{ g/cm}^3$

- c. Nun kannst du ganz einfach das Volumen des schwebenden Tauchroboters berechnen.

Unser Berechnungsweg:

gesucht:

Volumen Tauchroboter V_T

Dichteformel umstellen:

$\rho = m_T : V_T$

$$\Leftrightarrow V_T = m_T : \rho$$

$$V_T = 348 \text{ g} : 1 \text{ g/cm}^3$$

Unser Resultat: Volumen Tauchroboter = $V_T = 348 \text{ cm}^3$

Einen Tauchroboter konstruieren, Arbeitsblatt 3.1.1

4. Der Tauchroboter soll nun Unterwasseraufnahmen machen können. Dazu werden eine Kamera und eine Lampe eingebaut.

Kamera:	Volumen = 120 cm^3	Masse = 124 g
Lampe:	Volumen = $17,67 \text{ cm}^3$	Masse = 35 g

Berechnet das Volumen und die Masse des erweiterten Tauchroboters (wenn der Ballon gleich aufgeblasen ist wie in Aufgabe 3). Berechne daraus auch die neue, mittlere Dichte.

Unser Berechnungsweg:

Die runden Kunststoffdosen dienen als "Tank" für die Gewichte, d. h. für Metallscheiben und Muttern. Um keinen unnötigen Auftrieb zu erzeugen, empfiehlt es sich den Tank mit Wasser zu füllen.

Masse des erweiterten Tauchroboters (T_2):

$$\begin{aligned} m_{T_2} &= m_T + m_{\text{Kamera}} + m_{\text{Lampe}} \\ &= 348 \text{ g} + 124 \text{ g} + 35 \text{ g} = 507 \text{ g} \end{aligned}$$

Volumen des erweiterten Tauchroboters

$$\begin{aligned} V_{T_2} &= V_T + V_{\text{Kamera}} + V_{\text{Lampe}} \\ &= 348 \text{ cm}^3 + 120 \text{ cm}^3 + 17,67 \text{ cm}^3 = 485,67 \text{ cm}^3, \text{ d. h. ungefähr } 486 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Unsere Resultate:

$$\text{Volumen Tauchroboter 2} = V_{T_2} = 486 \text{ cm}^3$$

$$\text{Masse Tauchroboter 2} = m_{T_2} = 507 \text{ g}$$

$$\text{Dichte Tauchroboter 2} = \rho_{T_2} = 1,04 \text{ g/cm}^3$$

5. Welche Auswirkungen hat diese bauliche Erweiterung auf die Steuerbarkeit eures Tauchroboters? Notiert eure Gedanken dazu.

Der Tauchroboter 2 (mit Kamera und Lampe) weist eine mittlere Dichte von $1,04 \text{ g/cm}^3$ auf, d.h. eine höhere Dichte als Wasser. Der Tauchroboter sinkt im Wasser. Damit er wieder schwebt muss mehr Luft in den Luftballon gepumpt werden oder es kann Masse aus dem Tank entfernt werden.

6. Testet euren Tauchroboter nun mit eingebauter Kamera und Lampe. Beschreibt, wie er sich im Wasser verhält: Wann steigt er auf, wann sinkt er ab? Was hat dies mit der Dichte zu tun? Bewegt er sich stabil im Wasser? Was hat dies mit der Masseverteilung (Gewichtsverteilung) des Tauchroboters zu tun?

Ohne zusätzliche Luft im Luftkissen (bzw. Luftballon) sinkt der Tauchroboter. Zum Schweben und dann zum Steigen muss zusätzliche Luft in den Luftballon gepumpt werden. Durch die zusätzliche Luft nimmt die mittlere Dichte ab.

Kamera und Lampe sollten zwischen die Gewichte und den Luftballon montiert werden. Weil die Lampe eine geringere Dichte als Wasser aufweist, die Kamera hingegen eine etwas höhere Dichte als Wasser (und als die Lampe), sollte die Lampe aus Stabilitätsgründen über der Kamera montiert werden.

Tipps für Lehrkräfte¹

Korrigendum: Leider hat sich bei der Drucklegung des Handbuchs Schwimmen und Sinken auf Seite 63 in der viertuntersten Zeile ein Fehler eingeschlichen. Die Formel für die Dichte ist falsch notiert. Richtig muss es lauten: $\rho = m : V$. In der vorliegenden editierbaren Version der Arbeitsblätter wurde der Fehler korrigiert, im Handbuch hingegen nicht. Bei der nächsten Auflage des Handbuchs wird der Fehler korrigiert werden.

Konstruktion des Tauchroboters (Arbeitsblatt 3.1.0, Aufgaben 1 und 2): Die meisten Schülerinnen und Schüler konstruieren mit großem Enthusiasmus und viel Kreativität den Tauchroboter. Beim Ausprobieren, Konstruieren und Optimieren entwickeln sie nicht nur zahlreiche Ideen, sondern lernen auch viel physikalisches und technisches Wissen, unter anderem zu Dichte, Schwimmen und Sinken, Stabilität und Gleichgewicht.

Tipp zum Anschluss des Schlauches: Falls wenig Zeit zum Probieren und Konstruieren vorhanden ist, empfiehlt es sich, einige Konstruktionsschritte zu erklären und vorzumachen, unter anderem das Anschließen des Schlauches mittels Kabelbinder an die Schlauchbefestigung.

Schwebezustand: Es ist relativ einfach, den Schwebezustand des Tauchroboters zu erreichen. Man muss nur mehr oder weniger Luft in den Luftballon pumpen. Dazu kann man statt des Pumpballs auch eine Spritze verwenden; mit ihr lässt sich die Luftzufuhr oder -abfuhr noch exakter bewerkstelligen.

Berechnung des Volumens des schwebenden Tauchroboters bzw. die Berechnung der Dichte (Arbeitsblatt 3.1.0, Aufgabe 3; Arbeitsblatt 3.1.1, Aufgabe 4): Bei den Berechnungen geht es um ein Durcharbeiten und Üben der Formel $\rho = m / V$. Bei der Dichte ist immer die mittlere Dichte gemeint. Die Berechnungen eignen sich für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler. Der Tauchroboter lässt sich selbstverständlich auch ohne die Berechnungen konstruieren.

¹ Die Tipps sollen insbesondere auch fachfremd unterrichtende Lehrkräfte unterstützen.

Sequenz 4: Es wächst der Druck mit größerer Tiefe

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Tipps für Lehrkräfte

Version 16. April 2018: Ergänzungen und Änderungsvorschläge sind jederzeit herzlich willkommen. Kontakt: Prof. Dr. Peter Labudde, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik, Pädagogische Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz.
peter.labudde@fhnw.ch

Arbeitsblatt 4.1.0 – Druck messen und vergleichen

1. Notiere in dein Heft die fünf Hypothesen (Vermutungen), die du dir zum Druckverhalten in Flüssigkeiten überlegt hast.

Im Folgenden sind mögliche Schülerantworten notiert.

Hypothese 1 (Aus welcher Richtung kommt der Druck?)

Der Druck kommt von oben.

Hypothese 2 (Druck in großen und kleinen Gefäßen)

In großen Gefäßen ist Druck größer.

Hypothese 3 (Druck in Gefäßen, die oben breiter sind)

In Gefäßen, die oben breiter sind, ist der Druck größer.

Hypothese 4 (Nimmt der Druck gleichmäßig zu?)

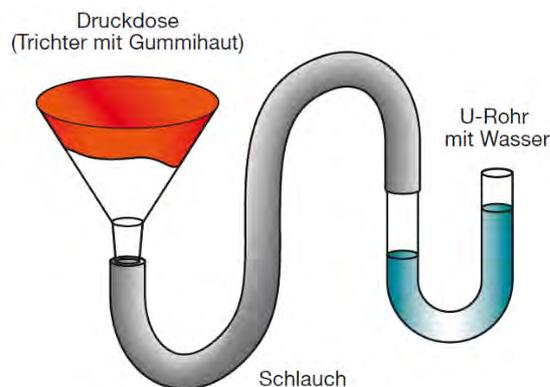
Ja, der Druck nimmt gleichmäßig zu.

Hypothese 5 (Druck in unterschiedlichen Flüssigkeiten)

Je schwerer die Flüssigkeit ist (je größer die Dichte einer Flüssigkeit ist), desto größer ist der Druck.

2. Du siehst im Schaubild einen Druckmesser (Manometer genannt), auf dessen Druckdose eine geringe Kraft wirkt (es herrscht geringer Druck).

- a. Zeichne in dein Heft das gleiche Schaubild, einmal wenn kein Druck herrscht, einmal wenn großer Druck herrscht und einmal wenn großer Druck herrscht, sich aber im Schlauch ein Loch befindet.



Die drei verlangten Schaubilder sollten folgende Charakteristika aufweisen:

- Kein Druck: Das Wasser steht in beiden Schenkeln des U-Rohrs gleich hoch.
- Großer Druck: Im rechten Schenkel, d.h. im der Druckdose abgewandten Schenkel, steht das Wasser deutlich höher als im linken Schenkel.
- Loch im Schlauch: Das Wasser steht in beiden Schenkeln des U-Rohrs gleich hoch.

3. Vorbereitung der Experimente:

Baut die Manometer so auf, wie ...

Arbeitsblatt 4.1.1 – Druck messen und vergleichen

4. Geht nun an die Stationen 3, 4, 6 und zwei weitere Stationen, d. h. 1, 2 oder 5, und überprüft eure Hypothesen, indem ihr das Manometer in die vorgegebene Tiefe eintaucht. Notiert in eurem Heft eure Beobachtungen und ob sich eure Hypothesen bestätigt haben oder falsch waren. Die Reihenfolge der Stationen ist nicht wichtig. Achtet beim Messen darauf, dass der Wasserspiegel im U-Rohr vor jeder Messung auf beiden Seiten gleich hoch ist und bei „0“ steht. Löst hierzu kurz die Schlauchklemme und schließt sie wieder oder füllt bei geöffneter Schlauchklemme mit der Spritze Wasser nach, wenn es nötig ist. Bei Station 6 müsst ihr nichts messen. Wählt diese, wenn die anderen besetzt sind.

a. Zu den Stationen 1–5: Fülle die Tabelle aus. Zeichne ein Diagramm (x-Achse: Eintauchtiefe in cm, y-Achse: Veränderung der Wassersäule in mm) und trage die ermittelten Werte ein. Benutze für jeden Versuch eine andere Farbe.

Werte siehe unten in den Tabellen. Die Messwerte sind in den Stationen 1-3 und 5 bei jeweils gleicher Wassertiefe überall gleich, vorausgesetzt es wird überall das gleiche Manometer eingesetzt. Bei Salzwasser in Station 4 liegen die Werte höher.

b. Zu Station 6: Wie kann man Druck beschreiben?

Ein große und eine kleine Metallplatte werden gleich tief eingetaucht. Beide Metallplatten weisen dieselbe Dicke auf. Auf welche Platte wirkt die größere Kraft? *Auf die größere Platte wirkt die größere Kraft.*

Vergleiche den Druck auf die beiden Platten. *Der Druck ist auf beide Platten gleich groß.*

Station 1		
Eintauchtiefe (cm)	große Wassermenge; Veränderung der Wassersäule (mm)	geringe Wassermenge; Veränderung der Wassersäule (mm)
2	12	12
4	24	24
6	36	36

Station 2		
Eintauchtiefe (cm)	Gefäß oben breit; Veränderung der Wassersäule (mm)	Gefäß gerade; Veränderung der Wassersäule (mm)
2	12	12
4	24	24
6	36	36

Arbeitsblatt 4.1.2 – Druck messen und vergleichen

Station 3			
Eintauchtiefe (cm)	Druck von oben; Veränderung Wassersäule (mm)	Druck von unten; Veränderung Wassersäule (mm)	Druck von der Seite; Veränderung Wassersäule (mm)
2	12	12	12
4	24	24	24
6	36	36	36

Station 4		
Eintauchtiefe (cm)	Salzwasser; Veränderung Wassersäule (mm)	Wasser; Veränderung Wassersäule (mm)
20	14	12
40	28	24
60	42	36

Station 5		
Eintauchtiefe (cm)	Nahe an der Gefäßwand; Veränderung Wassersäule (mm)	Weit entfernt von der Gefäßwand; Veränderung Wassersäule (mm)
20	12	12
40	24	24
60	36	36

5. Fasse die Ergebnisse deiner Untersuchung zusammen:

In gleicher Wassertiefe (z.B. in 4 cm Tiefe) ist die Veränderung des Wasserstandes überall gleich (z.B. 24 mm). Je größer die Wassertiefe, desto größer der Druck. In 4 cm (6 cm) Tiefe ist der Druck doppelt (drei Mal) so groß wie in 2 cm Tiefe. Wie das Gefäß aussieht, spielt keine Rolle. In Salzwasser ist Druck größer als in Süßwasser.

Tipps für Lehrkräfte¹

Die Unabhängigkeit des Wasserdrucks vom Gefäß: Dass der Wasserdruck in allen Gefäßen in jeweils gleicher Tiefe gleich groß ist (vorausgesetzt, es wird stets das gleiche Manometer verwendet), verblüfft nicht nur Kinder und Jugendliche, sondern auch Erwachsene. Dieser Sachverhalt wird auch als Hydrostatisches Paradoxon bezeichnet. Es führt dazu, dass eine Staumauer gleich dick und stabil gebaut werden muss, egal ob sich ein ganz kleiner See hinter der Mauer befindet oder ein großer. Der Wasserdruck lässt sich aber auch aus anderer Perspektive betrachten, nämlich aus der Perspektive eines Tauchers bzw. einer Taucherin. Diese spüren bzw. wissen, dass der Druck ausschließlich von der Tiefe abhängt und nicht davon, ob man in einem kleinen Schwimmbad, in einem See oder im Meer taucht (siehe Handbuch S. 67 unten "Ein Vorschlag zum Alltagsbezug der Forschungsfragen"). Das bedeutet: der Wasserdruck ist nicht von der Größe des "Gefäßes" abhängig.

Unterschiedliche Manometer: Die Luftballonhaut ist bei verschiedenen Manometern unterschiedlich straff gespannt. Dies führt dazu, dass die Veränderung der Wassersäule im U-Rohr bei gleicher Eintauchtiefe aber unterschiedlichen Manometern unterschiedlich ist. Siehe hierzu auch den Hinweis auf Seite 68 unten: "Vorsicht: Die Ergebnisse sind *quantitativ* sehr wahrscheinlich nur innerhalb ..."

Station 3: "Ist der Druck in einer Flüssigkeit von oben stärker als von unten oder von der Seite?" Um diese Frage zu beantworten, muss der Trichter in verschiedene Richtungen gehalten werden, sich aber stets in gleicher Tiefe befinden. In der zugehörigen Zeichnung auf S. 76 befinden sich vier der fünf Trichter in der gleichen Tiefe, der zweite von links hingegen nicht. Mit letzterem wird gezeigt, dass der Druck auch "von unten" wirkt. Um zu zeigen, dass in der gleichen Wassertiefe der Druck "von oben" und "von unten" gleich groß ist, müsste sich dieser Trichter in genau gleicher Tiefe befinden, wie die anderen vier Trichter.

Proportionalität zwischen Wassertiefe und Druck: Die Schülerinnen und Schüler erkennen "die Abhängigkeit des Schweredrucks von der Eintauchtiefe und der Flüssigkeitsdichte" (Handbuch S. 66, Inhaltsbezogene Kompetenzen). Druck und Eintauchtiefe sind direkt proportional, d.h. der Druck wächst linear mit der Tiefe. Mittels physikalischer Messgeräte, wie dem hier verwendeten U-Manometer, lässt sich die Proportionalität nachweisen, nicht hingegen mit dem Menschen als Messgerät. Seine Ohren, wie auch alle anderen Sinnesorgane, funktionieren nicht linear, sondern logarithmisch. Für weitere Informationen recherchiere man unter dem Stichwort "Fechnersches Gesetz".

Salzwasser: Je nach Salzgehalt ist die Dichte von Salzwasser deutlich größer als diejenige von Süßwasser. Meerwasser hat eine Dichte von ca. 1.025 g/cm^3 . Höhere Werte lassen sich durch weitere Zugabe von Salz erreichen. So weist eine 26%ige Kochsalz-Lösung bei 20 Grad Celsius eine Dichte von circa 1.2 g/cm^3 auf.

¹ Die Tipps sollen insbesondere auch fachfremd unterrichtende Lehrkräfte unterstützen.

Die Sequenz 5: Auftriebskraft - die Kraft, die Auftrieb schafft

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Tipps für Lehrkräfte

Version 16. April 2018: Ergänzungen und Änderungsvorschläge sind jederzeit herzlich willkommen. Kontakt: Prof. Dr. Peter Labudde, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik, Pädagogische Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz.
peter.labudde@fhnw.ch

Wasserdruck und Kraft, Arbeitsblatt 5.1.0

1. Unten siehst du eine Schemazeichnung zum Eintauchexperiment.

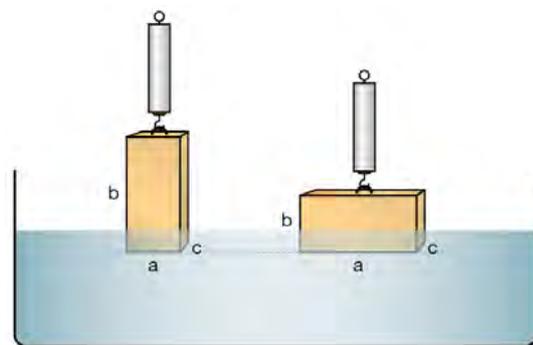
- Zeichne von unten und von der Seite die Kraftpfeile ein, die durch den Druck verursacht werden und die auf den eingetauchten Körper wirken. Überlege dir dabei, wo die Pfeile länger sind (höhere Kraft) und wo kürzer (geringere Kraft).
- Erkläre anhand der Kraftpfeile, warum sich der Körper nur nach oben und nicht zur Seite bewegt.
Die Kräfte, welche von den Seiten wirken, heben sich gegenseitig auf. Deshalb bewegt sich der Körper nicht zur Seite.
- Berechne die eingetauchte Fläche (abgekürzt A für das englische Wort area) von jedem Körper. Die Eintauchtiefe und die Kantenlänge der Quader gibt deine Lehrerin oder dein Lehrer vor.

Kantenlänge a: 10 cm

Kantenlänge b: 5 cm

Kantenlänge c: 3 cm

Eintauchtiefe h: 2 cm



Eingetauchte Fläche linker Körper:

$$A_{\text{links}} = b c + 2 b h + 2 c h = 15 \text{ cm}^2 + 20 \text{ cm}^2 + 12 \text{ cm}^2 = 47 \text{ cm}^2$$

Eingetauchte Fläche rechter Körper:

$$A_{\text{rechts}} = a c + 2 a h + 2 c h = 30 \text{ cm}^2 + 40 \text{ cm}^2 + 12 \text{ cm}^2 = 82 \text{ cm}^2$$

2. Diskutiert in der Klasse die Beobachtungen und fasst diese zusammen.

Die eingetauchte Fläche des linken Körpers ist kleiner als die eingetauchte Fläche des rechten Körpers. Daher wirkt auf den linken Körper eine kleinere Auftriebskraft als auf den rechten Körper. Dies ist der Grund dafür, dass der Kraftmesser beim linken Körper eine größere Kraft anzeigt als beim rechten Körper.

- Wenn beide Faktoren (Druck und Fläche) bei Vergrößerung eine höhere Kraft zur Folge haben, dann ist der physikalische Zusammenhang (Druck wird mit dem Buchstaben p für das englische Wort *pressure* abgekürzt):

= .

- Stellt man diese Formel um, erhält man die Formel für die Berechnung des Drucks:

$$p = F / A$$

- Setzt man in der Formel auf der rechten Seite die Einheiten (Newton und m²) ein, so erhält man gleichzeitig die Einheit für den Druck:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$$

Diese Einheit wird mit *Pascal [Pa]* abgekürzt. Häufig verwendet man noch die Einheit *Bar [bar]*: 1 bar = 100 000 Pa. In 10 m Wassertiefe herrscht ein Wasserdruck von 1 bar oder 100 000 Pascal.

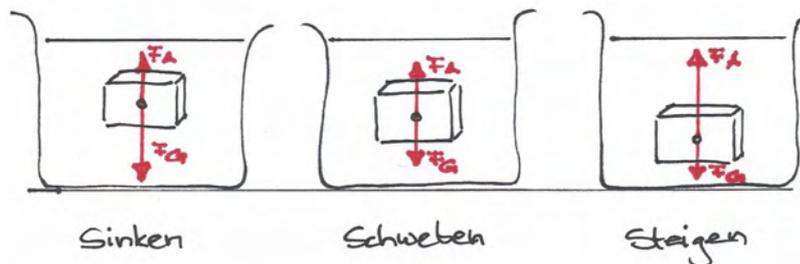
Wasserdruck und Schwimmen und Sinken, Arbeitsblatt 5.2.0

3. Die Auftriebskraft kann einen Körper in einer Flüssigkeit nach oben bewegen. Doch wie groß muss diese Kraft sein, damit der Körper schwimmt? Denkt an das letzte Experiment: Welche weitere Kraft greift noch an einem Körper an? Antwort:

Gewichtskraft

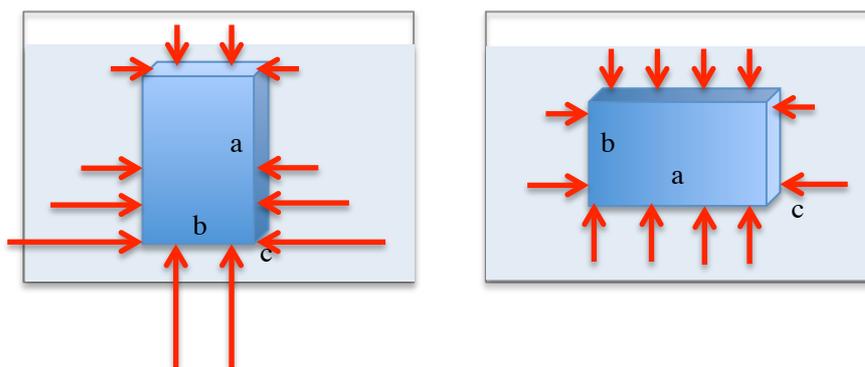
Stellt euch nun vor, dass ihr einen Körper komplett unter Wasser taucht und ihn dann loslasst. Fertigt drei Skizzen in eurem Heft an, in denen ihr die beiden Kraftpfeile für den Fall des

- Sinkens
 - Schwebens
 - Steigens
- einzeichnet.



4. Die Kraft, die den Körper nach oben drückt, nennt man Auftriebskraft. Wie du bereits weißt, ist die Auftriebskraft umso größer, je größer die untere Fläche des Körpers ist und je größer die Dichte der Flüssigkeit. Wenn ein Körper komplett eingetaucht ist, herrscht allerdings Druck von allen Seiten, somit auch Kraft von allen Seiten. Woher kommt dann die Auftriebskraft?

- a. Unten siehst du zwei Schemazeichnungen und verschiedene Kraftpfeile, die du an den richtigen Stellen zuordnen musst. Beachte: Die Pfeile unter der einen Schemazeichnung können auch zur anderen gehören. Es geht ausschließlich um die Auftriebskraft. Für die ebenfalls vorhandene Gewichtskraft musst du in diesem Fall keinen Pfeil einzeichnen.



- b. Erkläre, wie die Auftriebskraft bei vollständig eingetauchten Körpern entsteht. Benutze die Begriffe Druckunterschied, obere Fläche und untere Fläche.

Auf die obere Fläche wirkt eine geringere Kraft als auf die untere Fläche. Der Körper wird daher nach oben gedrückt.

- c. Vervollständige folgenden Satz: Je größer der Abstand von der unteren zur oberen Fläche ist, desto *größer der Unterschied zwischen der oberen und unteren Kraft.*

Wasserdruck und Schwimmen und Sinken, Arbeitsblatt 5.2.1

5. Eine Schülerin sagt, ob etwas schwimmt, sinkt oder schwebt, hängt von der Dichte ab; ein anderer Schüler behauptet, dass die Auftriebskraft entscheidend ist. Beide haben recht! Warum das so ist, erkennt ihr im folgenden Lückentext (trage in die leeren Zeilen Begriffe wie groß, klein, lang, kurz usw. ein). Er bezieht sich auf den rechten Körper in Aufgabe 4a:

Erklärung über die Dichte	Erklärung über die Auftriebskraft
<p>Wenn ein Körper (z. B. ein Quader) in einer Flüssigkeit schwimmen soll, dann sollte die Dichte des Quaders möglichst <i>klein</i> und die Dichte der Flüssigkeit möglichst <i>groß</i> sein. Wenn man eine geringe Dichte des Körpers erreichen will, dann sollte dieser eine möglichst <i>kleine</i> Masse und ein möglichst großes Volumen aufweisen. Das große Volumen entsteht, indem die Kantenlängen a, b und c möglichst <i>groß</i> sind.</p>	<p>Wenn ein Körper (z. B. ein Quader) in einer Flüssigkeit schwimmen soll, dann sollte die Auftriebskraft der Flüssigkeit möglichst <i>groß</i> und die Gewichtskraft des Körpers möglichst <i>klein</i> sein. Die Gewichtskraft des Quaders ist dann sehr gering, wenn seine Masse <i>klein</i> ist. Eine hohe Auftriebskraft erreicht man zum einen durch eine möglichst <i>große</i> untere Fläche, die durch möglichst lange Kanten a und c gebildet wird, und zum anderen durch einen <i>großen</i> Druckunterschied zwischen Ober- und Unterkante. Der <i>große</i> Druckunterschied wird erreicht durch eine möglichst <i>große</i> Dichte der Flüssigkeit und durch eine möglichst <i>große</i> Kantenlänge b.</p>
<p>Fasse nun nochmal alles zusammen, was du in die Lücken geschrieben hast und vergleiche beide Seiten. Was fällt dir auf?</p>	
<p>Zusammenfassung: Flüssigkeitsdichte <i>groß</i> Masse des Quaders <i>klein</i> Kantenlänge a <i>groß</i> Kantenlänge b <i>groß</i> Kantenlänge c <i>groß</i></p>	<p>Zusammenfassung: Flüssigkeitsdichte <i>groß</i> Masse des Quaders <i>klein</i> Kantenlänge a <i>groß</i> Kantenlänge b <i>groß</i> Kantenlänge c <i>groß</i></p>

Arbeitsblatt Zusammenfassung 5.1

1. **Beschreibe, was man unter Druck in Flüssigkeiten versteht und wie er sich verändern lässt.**

Der Druck sagt etwas darüber aus, wie stark eine Flüssigkeit "gepresst" ist. Er hängt von der Dichte der Flüssigkeit und von der Eintauchtiefe ab. Je größer Dichte und Tiefe, desto größer der Druck.

2. **Nenne drei Beispiele, wie man Druck *nicht* verändern kann.**

Der Druck lässt sich nicht verändern durch eine Veränderung der Wasseroberfläche (Schwimmbad, See, Meer), nicht durch ein nach oben breiteres Gefäß oder nicht durch den Abstand zur Gefäßwand.

3. **Stell dir einen kleinen Teich und einen riesigen See vor. Beide sind aber nur 20 m tief. In beide möchtest du eine Staumauer bauen. Welche Staumauer muss dicker sein oder sollten beide Staumauern gleich dick sein? Begründe.**

Beide Staumauern müssen gleich dick sein. Grund: Beide Gewässer sind 20 m tief, d.h. der Druck ist bei gleicher Tiefe bei beiden Gewässern genau gleich groß. Und damit ist auch die Kraft pro Fläche, d.h. die Kraft auf die Staumauer, jeweils gleich groß.

4. a. **Nenne zwei Einheiten und die dazugehörigen Abkürzungen, mit denen Druck gemessen wird.**

- b. **Welches Symbol, d. h. welchen Buchstaben, benutzt man für Druck?**

- a. *Pascal; Abkürzung Pa; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / 1 \text{ m}^2$;
Bar; Abkürzung bar; $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2$*
- b. *p*

5. **Nenne einen Unterschied zwischen Kraft und Druck.**

Die Kraft weist stets eine Richtung auf, der Druck hingegen nicht. Beim Wasserdruck spielt es keine Rolle, in welche Richtung er gemessen wird; egal ob man den Druck nach oben, unten oder zur Seite misst, er ist in gleicher Tiefe immer gleich groß. Anders bei den Kräften, die auf einen eingetauchten Körper wirken: die Gewichtskraft wirkt nach unten, die Auftriebskraft nach oben.

6. **Erinnere dich an den Tauchroboter, den du gebaut hast. Erkläre, wieso du den Luftballon des Tauchroboters ab einer bestimmten Tiefe nicht mehr mit Luft füllen kannst und der Roboter somit nicht mehr steuerbar ist.**

Ab einer bestimmten Tiefe ist der Druck, der auf den Luftballon wirkt, so groß, dass die Pumpe, mit welcher man die Luft in den Ballon presst, nicht mehr stark genug ist, um den Ballon weiter aufzupumpen.

Arbeitsblatt Zusammenfassung 5.2

7. **Stell dir vor, du lässt einen schwimmfähigen Körper langsam ins Wasser gleiten. Beschreibe wie sich die Auftriebskraft während des Hineingleitens verhält.**

Wenn sich der Körper direkt über der Wasseroberfläche befindet, d.h. wenn er die Wasseroberfläche gerade berührt ohne aber einzutauchen, dann ist die Auftriebskraft Null. Gleitet er dann in das Wasser hinein, nimmt die Auftriebskraft mit zunehmender Tiefe zu. Er gleitet so tief hinein bis die Auftriebskraft gleich groß wie die Gewichtskraft des Körpers ist. Der Körper schwimmt.

8. **Ein Körper mit einer Masse von 15 kg besitzt in Wasser eine Auftriebskraft von 1.200 N. Schwimmt der Körper oder geht er unter?**

Bei einer Masse von 15 kg besitzt der Körper eine Gewichtskraft F_G von:

$$F_G = m \cdot g = 15 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 147 \text{ N, d.h. ungefähr } 150 \text{ N.}$$

Die Auftriebskraft ist deutlich größer als die Gewichtskraft, d.h. der Körper steigt nach oben und schwimmt.

9. **Eine Schwimmweste wird unter Wasser gedrückt. An der Oberseite (Fläche: $0,5 \text{ m}^2$) herrscht ein Druck von 1.000 Pascal und an der Unterseite (ebenfalls $0,5 \text{ m}^2$) ein Druck von 2.100 Pascal.**

Wie groß ist die Kraft, die von oben auf die obere Fläche wirkt?

Wie groß ist die Kraft, die von unten auf die untere Fläche wirkt?

Wie groß ist die Auftriebskraft?

Gemäß $p = F / A$ gilt $F = p \cdot A$, das heißt:

$$F_{\text{oben}} = 1000 \text{ Pa} \cdot 0,5 \text{ m}^2 = 500 \text{ N}$$

$$F_{\text{unten}} = 2100 \text{ Pa} \cdot 0,5 \text{ m}^2 = 1050 \text{ N}$$

$$F_{\text{Auftrieb}} = F_{\text{unten}} - F_{\text{oben}} = 1050 \text{ N} - 500 \text{ N} = 550 \text{ N}$$

10. **Für die Pfiffigen:** In Wasser nimmt der Druck pro Zentimeter Tiefe um 100 Pa zu. Berechne, ob ein Würfel mit einer Kantenlänge von 20 cm und einer Masse von 9 kg im Wasser schwimmfähig ist.

Es gibt zwei Berechnungsmöglichkeiten:

Variante I: Berechnung mittels der Dichte

Ein Würfel der Kantenlänge 20 cm weist ein Volumen V von

$$V = a \cdot a \cdot a = 20^3 \text{ cm}^3 = 8000 \text{ cm}^3 \text{ auf.}$$

Damit beträgt seine Dichte: $\rho = m / V = 9000 \text{ g} / 8000 \text{ cm}^3 = 1,125 \text{ g} / \text{cm}^3$

Die Dichte des Körpers ist größer als die Dichte von Wasser, d.h. er schwimmt.

Variante II: Berechnung mittels der Auftriebskraft und Gewichtskraft

Die Auftriebskraft beträgt (siehe Aufgabe 9):

$$F_{\text{Auftrieb}} = F_{\text{unten}} - F_{\text{oben}} = (p_{\text{unten}} - p_{\text{oben}}) \cdot A = 2000 \text{ Pa} \cdot 400 \text{ cm}^2 = 2000 \text{ Pa} \cdot 0,04 \text{ m}^2 = 80 \text{ N}$$

Die Gewichtskraft beträgt $F_{\text{Gewicht}} = m \cdot g = 9 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 88,3 \text{ N}$, d.h. ungefähr 90 N.

Die resultierte Kraft F_{total} beträgt $F_{\text{total}} = 90 \text{ N} - 80 \text{ N} = 10 \text{ N}$, d.h. der Körper schwimmt.

Tipps für Lehrkräfte¹

Anspruchsvolles Niveau: Die gesamte Sequenz ist anspruchsvoll, d.h. nur für mathematisch und physikalisch begabte Schülerinnen und Schüler in der 7. oder 8. Klasse geeignet.

Aufgabe 4a: Die Länge der Kraftpfeile gibt nur eine ungefähre Größe an. Es geht in dieser Aufgabe um ein qualitatives Verstehen.

Arbeitsblatt 5.1.0, Aufgabe 1: Auch hier geht es nur um qualitative Diskussionen. Es wird bewusst darauf verzichtet, die Kräfte mit einem Kraftmesser zu messen und darauf aufbauend Berechnungen durchzuführen. Das bleibt höheren Schulklassen in der gymnasialen Mittel- und Oberstufe überlassen.

Lernschwierigkeiten bezüglich des Drucks: Der physikalische Begriff des Drucks kann zu verschiedensten Lernschwierigkeiten führen, zum Beispiel zur Vermischung von Alltagswort und Fachbegriff oder zum Unverständnis gegenüber der Tatsache, dass der Druck keine Richtung aufweist. Für eine übersichtliche Zusammenstellung der Lernschwierigkeiten und entsprechender Lösungsvorschläge sei auf eine Publikation von Rita Wodzinski verwiesen: Wodzinski (1999): "Neuere Konzepte zur Behandlung des Drucks in der Sekundarstufe I" (aufgerufen 20. Feb. 2018). <http://www.solstice.de/cms/upload/Vortrag/wodzinski/vortra99.pdf>. Weitere Literatur diesbezüglich ist im Literaturverzeichnis des Handbuchs zu finden.

Sorgfalt mit Abkürzungen und Begriffen: Einzelne Schülerinnen und Schüler haben Mühe mit den Abkürzungen: F steht für Kraft (engl. *force*) und nicht (!) für Fläche, A steht für Fläche (engl. *area*). Es lohnt sich explizit darauf hinzuweisen. Eine weitere (fachdidaktische) Schwierigkeit kann beim Begriff des Gewichts entstehen, der oft mit Masse verwechselt wird. Aus diesem Grunde wird statt Gewicht oftmals von Gewichtskraft gesprochen oder es werden beide Begriffe synonym verwendet.

Der Druck in Flüssigkeiten und Gasen: Die in den Sequenzen 4 und 5 erarbeiteten Inhalte gelten nicht nur für Flüssigkeiten, sondern mehrheitlich auch für Gase, z.B. für das Gasgemisch Luft. Analog wie sich mit Dichte, Druck, Auftrieb, Gewicht das Sinken und Steigen in Flüssigkeiten berechnen lässt, lassen sich analoge Berechnungen in Gasen durchführen, z.B. ob ein Helium- oder Heißluftballon in Luft sinkt, schwebt oder steigt. Der Physiker Pascal erkläre so schön und treffend: "Wir leben am Grunde eines Luftmeeres." Allerdings sei auf einen wesentlichen Unterschied hingewiesen. Bei Gasen ist der Druck nicht direkt proportional zur Höhe bzw. Tiefe, d.h. es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen Druck und Höhe. Dies ist auf die Kompressibilität von Gasen zurückzuführen.

Vektoren und Skalare: Die Kraft ist eine so genannte vektorielle Größe, d.h. sie weist eine Richtung auf. Andere vektorielle Größen sind Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Gewicht(-skraft) und Impuls. Hingegen ist der Druck eine so genannte skalare Größe, d.h. er weist keine Richtung auf. Andere skalare Größen sind Temperatur, Masse, Energie.

¹ Die Tipps sollen insbesondere auch fachfremd unterrichtende Lehrkräfte unterstützen.