

Schwimmen – Schweben – Sinken

Dieser Themenschwerpunkt ist eng mit den Begriffen **Dichte** und **Auftrieb** verknüpft, die ich in dieser Bezeichnung **zunächst** (!) einmal nicht für grundschulgeeignet halte. Darum eine kurze Überlegung, wie man sich dem Thema „Schwimmen“ nähern könnte.

Als **Material** empfehle ich **unbedingt eine Balkenwaage** sowie Überlaufgefäße (z.B. von Leybold oder selbst gebastelt), Gläser/Becher ... (im Detail bei den jeweiligen Versuchen beschrieben).



1. Einstieg:

Verschiedene Gegenstände ins Wasser „werfen“ und protokollieren lassen, was schwimmt (**Versuch 1: Guter Schwimmer – schlechter Schwimmer**)

Zu erwartende Schülervermutungen (Präkonzepte):

schwer/leicht, groß/klein, Stoff (Material)

Auf „Form“ kommt zu diesem Zeitpunkt im Allgemeinen niemand (und das ist eigentlich ganz gut so. Deswegen würde ich auch nicht mit dem üblichen Knetversuch einsteigen: Knetkugel gegen Knetboot, siehe Versuch 6: Zauberknete

In einem ersten Durchgang würde ich groß/klein, schwer/leicht durch Auswahl geeigneter Gegenstände widerlegen z. B.

- **großer Holzklötz** (schwimmt) gegen **kleinen Holzklötz** (schwimmt)
- **schweres Holzbrett** (schwimmt) gegen **leichte Stahlkugel** (geht unter)
- eventuell kleines Boot aus Blech (=“Eisen“) zur Verwirrung; kann auch im späteren Schritt erfolgen
- **verschiedene Materialien** (man sieht dem Material nicht an, ob es schwimmt; aber die Aussage, dass es vom Stoff abhängt, ist richtig.)

Auf jeden Fall ist folgende Aussage richtig:

Ob ein Körper schwimmt oder untergeht ist vom Material abhängig!

(Klötze aus Holz schwimmen – egal ob groß / klein oder schwer / leicht, Kugel / Schrauben / Bleche aus Eisen gehen unter)

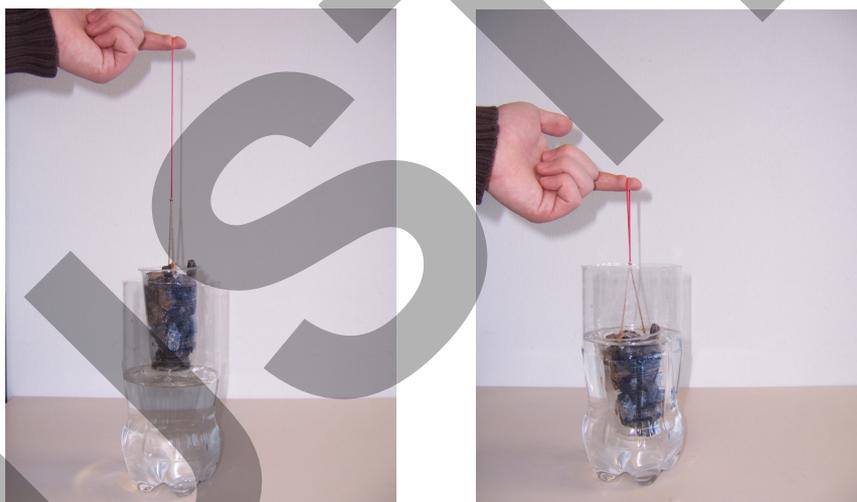
Nur: soll ich alle Stoffe, die es auf der Welt gibt, einer Prüfung unterziehen? Und, wenn ja, wer kann sich das alles merken? Also muss es doch eine einfachere Erklärung geben.

2. Eigene Erfahrungen im Schwimmbad thematisieren

Was ist bereits aufgefallen?

Du kannst eine schwere Person hochheben, du bekommst den Wasserball kaum unter Wasser gedrückt, mit Schwimmflügeln bleibst du über Wasser usw.....

Überprüfung dieser Erfahrung im Experiment (**Versuch 2: Plötzlich leichter**)



Ergebnis: Der Körper wird tatsächlich leichter (Gummiband, Feder oder sogar Kraftmesser). Irgendwie ist irgendwer/irgendwas unter Wasser, was beim Anheben einer Person hilft, was den Wasserball nach oben drückt.

Nachgucken, nachfühlen: „**da is nix!**“

Folgerung: Es muss eine Eigenschaft des Wassers sein.

Bezeichnung dieser Kraft: Da sie alle Körper leichter macht oder sogar bis an die Oberfläche drückt, nennen wir sie **Auftriebskraft** (= eine Kraft, die versucht, den Körper nach oben zu treiben, also der Gewichtskraft entgegen wirkt).

3. Wovon hängt diese unsichtbare Kraft ab?

a) **Schülervermutung:** von der Eintauchtiefe.
Das **widerlegt (!!)** **Versuch 3: Tiefenrausch**

Beobachtung: Ist der Körper komplett im Wasser untergetaucht, bleibt die unsichtbare Kraft immer gleich groß.

Die Auftriebskraft ist *nicht* von der Wassertiefe abhängig.

b) **Versuch 4: Gestörtes Gleichgewicht** (Knete, Schraube)

Vorversuche: Im Wasser gehen beide unter.

An die Waage hängen. Waage ist in der Luft im Gleichgewicht. Tauchen die Körper gleichzeitig ins Wasser, sinkt die Knete nicht so schnell. Diese Seite der Waage wird angehoben, wird also leichter. Es drückt wieder „jemand“ von unten, die geheimnisvolle Auftriebskraft. Sie drückt bei der Knete kräftiger als bei der Schraube. Da im Normalfall beide untergehen, kann der Grund **nicht am Material liegen**.

Genaueres Hinschauen liefert die Feststellung: die Knete ist „dicker“ als die „Schraube“. Also muss der Auftrieb etwas mit der „Dicke“ zu tun haben. Aber das hatten wir doch scheinbar bei den ersten Versuchen widerlegt: groß/klein spielte dort keine Rolle, hier anscheinend doch!

Wie kann ich die „Dicke“, „Größe“ (eigentlich „Volumen“) dieser beiden Körper bestimmen und vergleichen? Überlaufgefäß!

4. Hinführung zur Lösung (Versuch 5: Alter Griechen)



Mit dem Überlaufgefäß wird geklärt, dass die Menge Wasser, die überläuft, genau der „Menge“, „Größe“, „Dicke“ (eigentlich Volumen; auf diesen Begriff würde ich verzichten, da er nicht Gegenstand der Grundschule ist) des Gegenstandes entspricht, der in das Überlaufgefäß VOLLSTÄNDIG eintaucht.

Wichtig: Der Gegenstand muss vollständig untertauchen (auch wenn er schwimmen möchte wie z.B. ein Tischtennisball). Nur dann entspricht die übergelaufene „Wassermenge“ der „Größe“ des Gegenstandes.



Der zu überprüfende Gegenstand wird ebenfalls in einen Becher gelegt (der gleiche Typ, in dem sich auch das Wasser befindet – weil dann beide gleich schwer sind, ohne es vorher überprüfen zu müssen).

Beide Becher werden auf verschiedene Seiten der Balkenwaage gestellt.

Beobachtung:

- Becher mit Stein geht nach unten, Becher mit Wasser geht hoch
- Becher mit TT-Ball geht hoch, Becher mit Wasser geht runter
- Becher mit Stahlkugel geht nach unten, Becher mit Wasser geht hoch usw.

Verknüpfung dieser Beobachtung mit der Beobachtung „schwimmt – schwimmt nicht“ liefert:

schwer, groß, klein, leicht sind keine Maßstäbe dafür, ob etwas schwimmt oder nicht. Man muss die Gewichte der Gegenstände mit dem Gewicht des durch sie verdrängten Wassers vergleichen und erkennt:

Merksatz:

Ein Gegenstand geht dann unter, wenn er schwerer als die Menge des von ihm verdrängten Wassers ist.

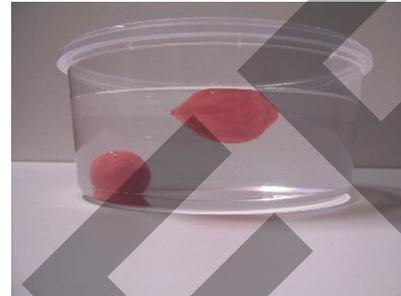
Variation durch den Schüler:

Ein Gegenstand schwimmt, wenn er leichter als die Menge des von ihm verdrängten Wassers ist.

5. Form

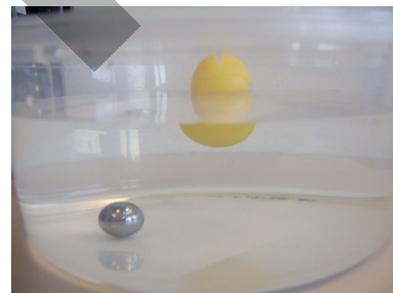
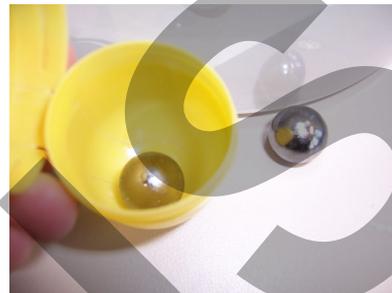
Auf die Form schien es bis jetzt noch (!) nicht anzukommen (rund, eckig oder sonst wie...).

Deshalb jetzt folgender **Versuch 6: Zauberknete**



Beobachtung: Boot schwimmt. Erste Vermutung: Form.

Aufhellender **Versuch 7: Fährmann**



Stahlkugel in Wasser – geht unter.

Stahlkugel in Filmdose (oder Überraschungsei), dann mit geschlossener Dose ins Wasser – schwimmt.

Überprüfung mit bereits Gelerntem: Wann schwimmt ein Gegenstand?

Wiederholung Merksatz und Anwendung:

Vergleiche Wasserverdrängung Stahlkugel mit Wasserverdrängung Stahlkugel im Überraschungsei (komplett untergetaucht):



Beobachtung:

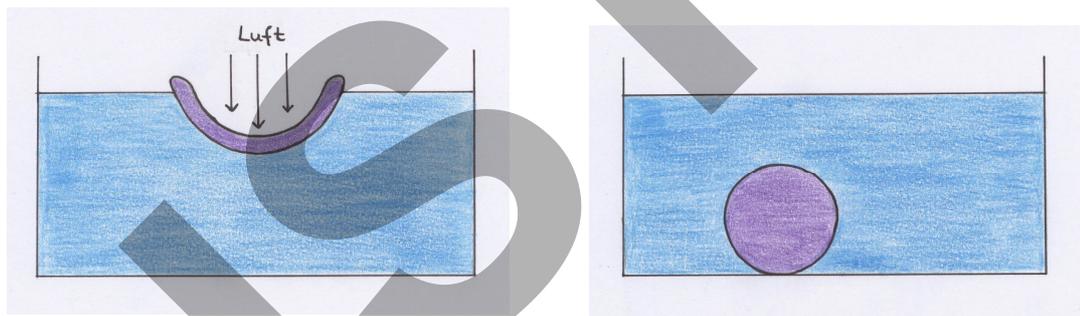
- Stahlkugel alleine ist schwerer als die verdrängte Wassermenge.
Folgerung: muss untergehen
- Stahlkugel in Ü-Ei ist leichter als verdrängte Wassermenge.
Folgerung: muss schwimmen.

6. Wieso ist die Stahlkugel im Ü-Ei jetzt leichter als die verdrängte Wassermenge?

Weil nicht alleine die Stahlkugel das Wasser verdrängt, sondern auch noch die sich im Innern des Ü-Eis befindliche Luft, und die ist viel leichter als Wasser halte eine scheinbar leere (d.h. nur mit Luft gefüllte) Flasche in der einen Hand, eine mit Wasser gefüllte in der anderen und der Effekt wird sofort sichtbar).

Also: Nicht die Stahlkugel ist leichter geworden als das verdrängte Wasser, sondern die Mischung aus Stahlkugel UND Luft im Ü-Ei.

Jetzt sollte klar werden, warum eine Knetkugel untergeht und ein Knetboot schwimmt



Wenn das Knetboot ins Wasser eintaucht, befindet sich im Innern des Bootes Luft. Damit verdrängt nicht nur die Knete das Wasser (wie bei der Kugel), sondern die Mischung aus Knete und Luft. Das Boot taucht also so weit ein, bis es mit „Knete und Luft“ so viel Wasser verdrängt hat, dass es INSGESAMT leichter wird als die verdrängte Wassermenge.

Damit ist auch klar, wieso ein Schiff aus Stahl („Eisen“) schwimmt: es muss in seinem Inneren nur genügend Luft „transportieren“, so dass die Mischung aus Eisen und Luft wiederum leichter als die entsprechende Menge des verdrängten Wassers ist.

Somit hängen Schwimmen / Sinken immer nur davon ab, wie schwer der Gegenstand im Vergleich zur entsprechenden Menge des von ihm verdrängten Wassers ist.

Das genau sagt das „**Archimedische Prinzip**“ aus.

Ein Körper geht also solange unter, wie seine Gewichtskraft („sein Gewicht“) größer als die geheimnisvolle Unter-Wasser-Gegenkraft, die Auftriebskraft, ist.

Ist die Auftriebskraft größer als die Gewichtskraft, schwimmt der Körper.

Verknüpfen wir das mit unserem Merksatz (s.o).

Dort hatten wir gesagt:

Ein Körper schwimmt, wenn die von ihm verdrängte Wassermenge schwerer ist als er selbst.

Oder mit dem Kraftbegriff ausgedrückt:

Er schwimmt, wenn seine Gewichtskraft (kurz sein Gewicht) geringer ist als das Gewicht des verdrängten Wassers (=Auftriebskraft!)

Also:

er schwimmt, wenn seine Gewichtskraft geringer als die Auftriebskraft ist. Die Auftriebskraft setzen wir gleich mit der Gewichtskraft des verdrängten Wassers.

Zurück zu **Archimedes**. Er formulierte:

„Die Auftriebskraft ist so groß wie das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit.“

Wir haben das bisher nur für klares Wasser gezeigt, nicht für verschiedene Flüssigkeiten. Also variierende Versuche mit anderen Flüssigkeiten, um die Aussage von Archimedes, die wir bislang nur für Wasser gezeigt haben, zu bestätigen. Das wird **später** mit dem Versuch des Aräometers aufgegriffen (Dichte – Versuch 4)

7. Salzwasserversuche

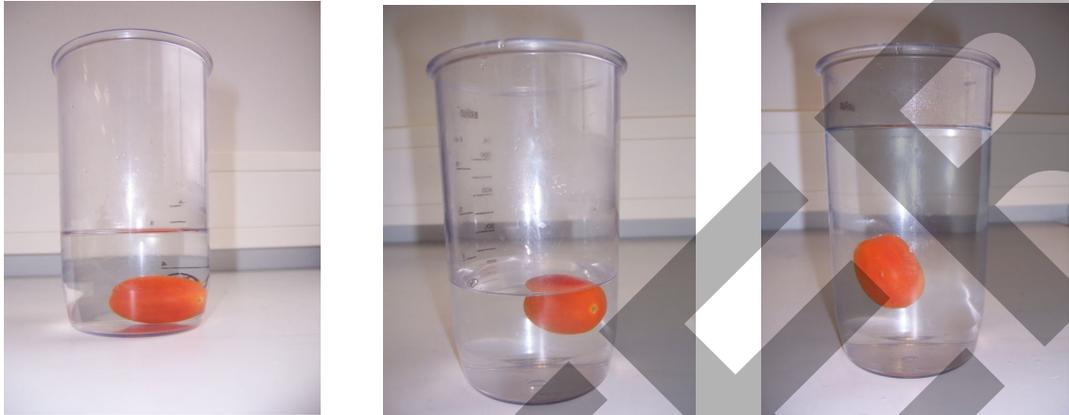
Wir bleiben noch beim Wasser.

Wir haben gezeigt: die Auftriebskraft ist so groß wie die Gewichtskraft des verdrängten Wassers. Das heißt doch: Die Auftriebskraft wird größer, wenn die Gewichtskraft des verdrängten Wassers größer wird, wenn das Wasser also schwerer wird. Geht das überhaupt? Klar!

Wir fügen Salz hinzu und rühren es ein. Zur Überprüfung stellen wir einen Becher mit Salzwasser und mit reinem Leitungswasser auf die Balkenwaage und vergleichen. Stimmt. Salzwasser ist schwerer als die gleiche Menge reinen Wassers. Muss ja auch so sein. Irgendetwas wiegt das gelöste Salz ja auch.

Versuch 10: Unentschlossene Tomate

Rohes Ei in reines Wasser, rohes Ei in Salzwasser (der Klassiker)
Für Schülerversuche wesentlich geeigneter: **Strauchtomaten!**



Beobachtung:

Die Strauchtomaten gehen in reinem Wasser unter, in Salzwasser nicht.

Lösungsvermutungen.....

Lösung: da die Tomate weder größer noch schwerer geworden ist (Gewichtskraft), sehr wohl aber das Gewicht der verdrängten Wassermenge (=Auftriebskraft), kann sie jetzt schwimmen.

Anwendung:

Da Salzwasser schwerer als Leitungswasser ist, müsste es bei Mischung von beidem untergehen. Tut es natürlich nicht, weil sich das Leitungswasser beim Einfüllen in eine Salzlösung durch Verwirbelung automatisch mit dem Salzwasser mischt und am Ende eine verdünnte Salzlösung übrig bleibt.

Versuch 11: Gemütlich

Um diese Verwirbelung zu verhindern, schüttet man vorsichtig aus geringer Höhe über einen umgekehrten Löffel Leitungswasser auf eine vorbereitete Salzlösung. Jetzt ergeben sich wirklich zwei Schichten: unten das Salzwasser, darüber das Leitungswasser (man kann in einem späteren Versuch (oder auch direkt, je nach Zielsetzung) Wasser und Salzlösung unterschiedlich einfärben (z. B. mit Lebensmittelfarbstoff oder einem Fruchteebeutel)).

Strauchtomate vorsichtig hineinlegen. Zuvor **Schülervermutungen**.

Beobachtung: Die Tomate (oder auch das rohe Ei) schwebt zwischen der Grenzschicht Wasser und Salzlösung.

Begründung: sollte klar sein. Im reinen Wasser geht das Ei / die Tomate unter, im Salzwasser nicht. Das Ei / die Tomate „**schwebt**“.

Versuch (nicht dokumentiert):

Man kann auch durch langsames Hinzuführen von Salz in reinem Wasser eine Lösung herstellen, die bei Verdrängung durch den Gegenstand dasselbe Gewicht hat wie der Gegenstand selbst. Dann schwebt der Gegenstand im Wasser, d. h. er bleibt auch unter Wasser genau an der Stelle, wo man ihn hingedrückt hat, er schwebt, geht also weder unter noch taucht er auf. Die praktische Ausführung ist allerdings ein bisschen fummelig.

Feststellung:

Da Salzwasser schwerer als reines Wasser ist, ist auch die Auftriebskraft größer.

Anwendung: eigene Erfahrung beim Schwimmen im Meer (es geht leichter – ruhige See vorausgesetzt!), Bilder vom Toten Meer mit zeitungslisenden Menschen.

Versuch (9): Rein in die Brühe

zwei Schrauben (Waage) gleichzeitig in reines Wasser und Salzwasser absenken.

Versuch (nicht dokumentiert): Variationen mit anderen Flüssigkeiten:

Frostschutzmittel, billigem Alkohol, Öl,.....

Lösung vorweg:

Gegenstände, die im Wasser gerade noch schwimmen, gehen in leichteren Flüssigkeiten als Wasser eventuell unter (weil die Auftriebskraft so groß ist wie das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit). Somit: leichte Flüssigkeit, geringere Auftriebskraft.

Wenn man nicht weiß, ob eine Flüssigkeit leichter oder schwerer als Wasser ist (bei gleichem Volumen), benutzt man ein **Aräometer (Versuch 4: Alkoholtester (Dichte))**.



Als Nullmarke setzt man die Eintauchtiefe der Plastikhülle in Wasser. Dann taucht man das Aräometer ins Salzwasser. Wir wissen: Salzwasser ist schwerer als Leitungswasser, also ist seine Auftriebskraft größer. Gibt man dieselbe Plastikhülle in diese Lösung, guckt sie weiter heraus.

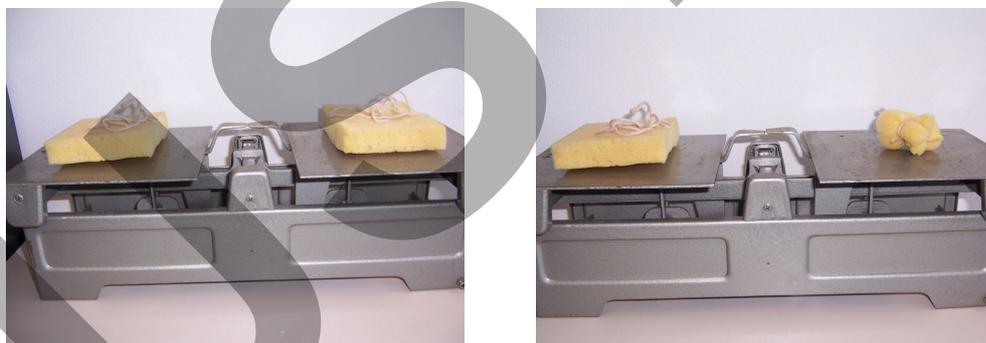
Der umgekehrte Vorgang wird beobachtet bei Alkohol (Versuch) oder Lampenöl, die beide leichter als Wasser sind.

8. „leicht“ und „schwer“

Wir sagen in der Physik: Wenn ein Stoff bei gleichem Volumen (!) schwerer ist als ein anderer, muss er irgendwie dichter gepackt sein. Wir reden allgemein von der Dichte eines Körpers. Die **Dichte** bezieht sich also immer auf ein bestimmtes Stück Material, dessen Masse (oder auch Gewicht, aber dann heißt es korrekter „Wichte“) man in Beziehung zu seinem Volumen setzt.

Ein Stoff / Material hat dann eine größere Dichte (Wichte), wenn sich die gleiche Masse auf ein geringeres Volumen verteilt (oder: bei zwei gleich großen Körpern hat der die größere Dichte, der schwerer ist).

Den Begriff der Dichte kann man einfach am Schwamm erklären.



Schwamm entspannt, Schwamm zusammengedrückt. Da sich an der Masse und am Gewicht nichts ändert, er aber beim Zusammenpressen kleiner wird, hat der gepresste Schwamm eine größere Dichte (was man sofort sehen kann).

Damit wird auch klar: der dichtere Stoff ist bei gleichem Volumen schwerer (lege zwei zusammengedrückte Schwämme auf die eine Seite der Waage, den entspannten Schwamm auf die andere Seite!)

Auf unser Problem Schwimmen – Sinken übertragen:

Stoffe, deren Dichte geringer als die von Wasser ist, schwimmen und umgekehrt.

Somit schwimmt auch reines Wasser auf Salzwasser (wenn man es vorsichtig schichtet, sodass die Stoffe sich nicht mischen können).

Einfacher: Öl auf Wasser schütten. Öl ist leichter als Wasser, vermischt sich nicht (siehe **Dichte, Versuch 2: Platztausch**) und schwimmt somit oben.

Ölkatastrophe. Damit hat man überhaupt eine Chance, das Öl an der Oberfläche durch durch schwimmende Barrieren einzugrenzen. Fügt man dann noch Bindemittel hinzu, kann man das Öl abschöpfen (**CVK- Wasser**).

Eigene Erfahrung:

Feuerwehr streut Bindemittel bei ausgelaufenem Öl auf die Straße.

Auch Benzin schwimmt auf Pfützen (schillernde Farben), da es sich nicht mit Wasser mischt und leichter als Wasser ist (eine geringere Dichte hat).

Interessanter Versuch mit drei verschiedenen Dichten: Sirup, Wasser, Öl.



Auch hier das Wasser mit einem Löffel vorsichtig auf den Sirup bringen, da sich Sirup und Wasser mischen. Man erhält drei klar getrennte Schichten

(oder – wie unten abgebildet – sogar mit 5 verschiedenen Flüssigkeiten!)



Folgeversuch (nicht dokumentiert);

Verschiedene Gegenstände auf die Öloberfläche legen und beobachten, was passiert. Ein Nagel fällt komplett durch, ein Stück Papier fällt durch das Öl und bleibt zunächst auf der Wasseroberfläche liegen, bis es vollgesogen ist. Ein Radiergummi bleibt normalerweise (!) auf der Sirupschicht liegen.

9. Wo kommt der Auftrieb her?

Alle haben schon beim Tauchen die Erfahrung gemacht, dass man unter Wasser einen leichten Druck auf den Ohren verspürt. Dieser Druck nimmt mit zunehmender Tauchtiefe (Wassertiefe) zu. Wir sprechen vom „**Hydrostatischen Druck**“.

Die Erklärung: Je tiefer man ins Wasser abtaucht, desto mehr Wasser ist über einem aufgeschichtet. Das Gewicht der über mir liegenden „Wassersäule“ nimmt also mit der Tiefe zu.

Versuche zum Druck 1, 3 und 4

Beziehe ich das Gewicht auf eine bestimmte Fläche, z.B. auf meinen Körper, sagen wir: der **Druck** nimmt zu. **Unter Druck verstehen wir das Verhältnis von Kraft und Fläche**. Wirkt also dieselbe Kraft (das muss gar nicht unbedingt die Gewichtskraft sein) auf eine kleinere Fläche, ist der Druck größer (siehe **Versuche zur Fortbildung Mechanik im März 2009**). Also nimmt der Druck im Wasser (nicht nur auf die Ohren) mit zunehmender Tiefe zu, weil immer mehr Wasser über der Vergleichsfläche lastet (bitte nicht mit dem Auftrieb verwechseln: der Auftrieb ist tiefenunabhängig!!!)

Zum Ursprung des Auftriebs:

In der Tiefe von z.B. 5 m herrscht ein ganz bestimmter Druck aufgrund der Gewichtskraft, die eine 5 m hohe Wassersäule ausübt. 3 m tiefer ist der Druck aber schon größer, weil eben 3 m mehr Wasser eine größere Kraft auf die Vergleichsfläche ausüben. Taucht jetzt ein Körper von z. B. 1 m Höhe (siehe Abbildung) 2 m tief in das Wasser ein, erfährt er an seiner oberen Fläche eine geringere Kraft als an seiner unteren (oben ist er 2 m unter Wasser, unten aber 3 m). Dieser Kraftunterschied aufgrund des unterschiedlichen Wasserdrucks (der selbst keine Richtung hat, sondern einfach nur da ist – wie Temperaturen auch) an seiner oberen und unteren Fläche erzeugt die Auftriebskraft. Denn auf die vordere und hintere Seite sowie auf die linke und rechte Seite wirkt dieselbe Kraft, die ja nur von Menge Wasser **über** dem Körper abhängt. Allerdings ist die Wassermenge über der Oberseite des Körpers von der Wassermenge über der Unterseite des Körpers unterschiedlich. Also drückt das Wasser von oben auf den Körper nicht so stark wie von unten auf die untere Fläche. Dieser Druckunterschied bewirkt die Auftriebskraft!

Zur Allseitigkeit des Drucks: Versuch 5 Bombenalarm (Druck)

Es spritzt in alle Richtungen gleich stark: nach oben, nach unten, nach links, nach rechts, nach oben, nach unten....)

