

CLUB APOLLO 13, 13. Wettbewerb Aufgabe 2

Der Auftrieb

Diese Aufgabe wird vom Fachbereich Physik der Leibniz Universität Hannover gestellt.

Weitere Informationen zum Studiengang der Physik findet ihr unter <http://www.physik.uni-hannover.de/>



1 Der Auftrieb lässt Körper schwimmen.
Quelle: Wikipedia

Schwimmen - Schweben - Sinken

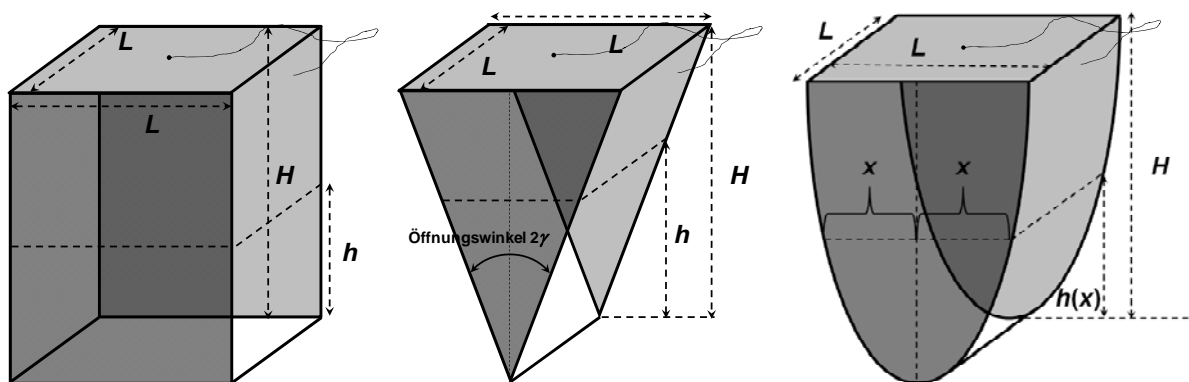
Der Badende in Abbildung 1 geht nicht unter. Wie kommt's? Man sagt „das Wasser trägt ihn“. Aber Wasser hat doch gar keine Balken!

Gegen die Schwerkraft ist die *Auftriebskraft* gerichtet: Ein in Flüssigkeit oder Gas eintauchender Körper verdrängt eine bestimmte Menge der Flüssigkeit oder des Gases. *Die Gewichtskraft dieser verdrängten Menge ist gleich der Auftriebskraft.* Um diese Gesetzmäßigkeit soll es in dieser Aufgabe gehen.

Einfache Tauchkörper, aber berechenbar

In dieser Aufgabe werdet ihr mit verschiedenen Tauchkörpern experimentieren; Abbildung 2 zeigt die Formen.

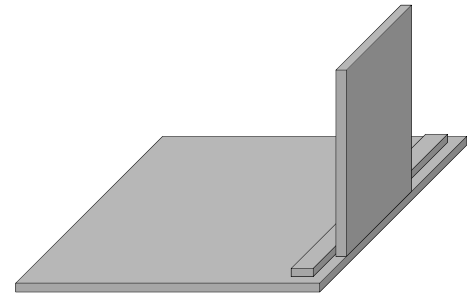
Alle haben eine quadratische Grundfläche mit der Kantenlänge L . Der erste Körper ist ein einfacher länglicher Quader der Höhe H , der zweite ist ein Keil, ebenfalls mit der Höhe H . Aus L und H könnt ihr den Öffnungswinkel 2γ und die Länge der Kante von der Ecke zur Spitze berechnen. Welche Winkelgröße für 2γ und welche Kantenlänge ergeben sich für $L = 8 \text{ cm}$ und $H = 16 \text{ cm}$? (Wer die Geometrie der Winkelfunktionen und Dreiecke noch nicht kennt, möge so genau wie möglich zeichnen und grafische Ergebnisse ermitteln). Der dritte Tauchkörper ist ein parabolisches Prisma.



2 Tauchkörper dieser Aufgabe.

a) Grundlagenteil (10 Punkte): Basteln und experimentieren

Aufbau: Bastelt nach Abbildung 2 die drei Tauchkörper mit den Maßen $H = 16\text{ cm}$ und $L = 8\text{ cm}$. Da die Versuche in Wasser erfolgen, braucht ihr stabilen Bastelkarton (Graupappe 1 mm dick), der mit Klebefolie oder einer Lackschicht vor dem Durchfeuchten geschützt wird. Als Hilfe zum Bau des Parabelkörpers findet ihr auf der letzten Seite dieser Aufgabe ein Schnittmuster für die Stirnfläche.



3 So gelingen genaue Verklebungen

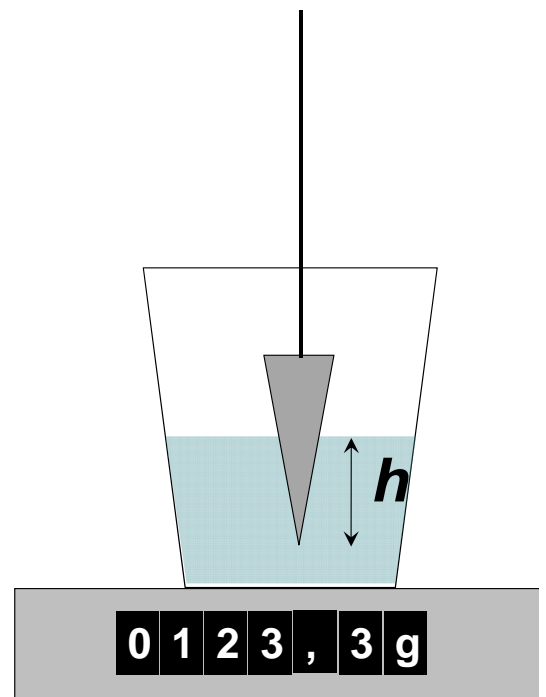
Das Verkleben gelingt einfacher und genauer, wenn ihr vorher Pappstreifen als Widerlager aufklebt (Abb. 3). Zum Aufhängen dient eine kleine Öse in der Deckelmitte. Dafür könnt ihr eine Büroklammer zurechtbiegen und fest einkleben.

Damit sie eintauchen, müssen die Tauchkörper gefüllt werden. Sehr gut eignet sich dazu Salz. Das Ziel ist, die Salzmenge der befüllten Körper so einzurichten, dass sie knapp untergehen. Dazu muss die Masse M_K der Tauchkörper gerade einen bestimmten Grenzwert $M_{K/Grenz}$ überschreiten:

$$M_K > M_{K/Grenz} = V_K \cdot \rho_{\text{Wasser}} \quad (1)$$

In Gleichung (1) ist V_K das Volumen des Körpers und ρ_{Wasser} die Massendichte des Wassers. Für sehr sauberes Wasser gilt $\rho_{\text{Wasser}} = 1\text{ g/cm}^3$.

- Begründet Gleichung (1). Wie kommt man darauf? Welche Größen ändern sich, wenn statt sauberem Wasser Zuckerlösung verwendet wird?
- Bestimmt *rechnerisch* für die drei Körper $M_{K/Grenz}$. Die Volumina der ersten beiden Körper lassen sich leicht berechnen. Für das parabolische Prisma müsst ihr wissen, dass die Parabelfläche $2/3$ mal so groß ist wie das umschreibende Rechteck, siehe Hinweis auf der nächsten Seite.
- Dokumentiert euer Bastelergebnis durch aussagekräftige Fotos. Ihr müsst nach der Fertigstellung für die spätere Auswertung die *Außenmaße* (L und H) auf 1 mm genau nachmessen.



4 Zur Messung der Auftriebskraft; als Waage ist eine genaue Küchenwaage gut geeignet

- **Experimente:** Abbildung 4 zeigt die Skizze des Versuchsaufbaus. Erklärt, wie man damit die Auftriebskraft F_A als Funktion der Eintauchtiefe h messen kann.
- Messt für die drei verschiedenen Tauchkörper die Auftriebskraft als Funktion der Eintauchtiefe h : $F_A = F_A(h)$. Fertigt *ein* Diagramm mit jeweils mindestens 10 Messwerten (Auftriebskraft in N, Eintauchtiefe in cm).

Hinweis zum Umgang mit der Parabel
 Es gilt folgender Satz: Die Fläche des Parabelsegmentes ABQ hat gerade $\frac{2}{3}$ der Größe des Rechtecks ABCD.

b) Mittlerer Teil (10 Punkte): Theoriearbeit

- Die Auftriebskraft ist gleich der Gewichtskraft der verdrängten (Flüssigkeits-, Gas-)Menge.

Berechnet daraus für die drei Tauchkörper, wie die Kraft F_A von der Eintauchtiefe h abhängt. Für den Parabelkörper werdet ihr den Hinweis oben benötigen. Hilfreich ist außerdem, wenn ihr bei der Volumenberechnung die dimensionslose Größe h/H einführt.

Als Ergebnis erhaltet ihr für die drei Körper jeweils eine Formel $F_A = F_A(h)$. Die Formeln lassen sich auf die gleiche Grundform bringen:

$$F_A(b) = \rho_{Wasser} \cdot V(b) = \rho_{Wasser} \cdot L^2 \cdot H \cdot C \left(\frac{b}{H}\right)^n \quad (2)$$

Für den Quader kann man schnell rechnen:

$$V_{Quader}(b) = L^2 \cdot b = L^2 \cdot H \cdot \left(\frac{b}{H}\right).$$

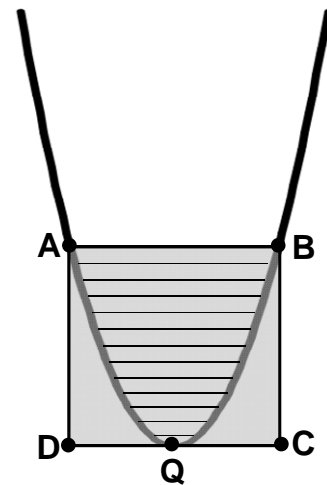
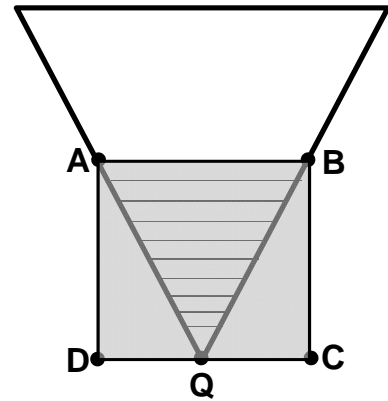
Damit gilt hier $C = 1$ und $n = 1$.

Bestimmt nun für den Keil und die Parabel die Werte C und n . Dazu einige Hinweise (Abbildung 5):

- Die Längen der Strecken \overline{AD} bzw. \overline{BC} sind die Eintauchtiefen: $b = |\overline{AD}| = |\overline{BC}|$.
- Die Kantenlängen der Rechtecke ABCD sind nicht unabhängig. Für das Dreieck gilt nach dem Strahlensatz $b = \frac{H}{L} \cdot |\overline{AB}|$. Für die Parabel gilt (hier ohne weitere Begrün-

dung) $b = H \cdot \left(\frac{|\overline{AB}|}{L}\right)^2$.

- Zeichnet die Graphen $F_A(h)$ in ein Diagramm. Verwendet die H - und L -Werte eurer Tauchkörper. Beschreibt (kurz) den Verlauf der Kurven. Durch Beklebungen und Ungenauigkeiten beim Schneiden und Zusammenbau sind Abweichungen von den oben genannten Werten $H = 16$ cm und $L = 8$ cm zu erwarten, die sich beim Eintauchen auswirken (warum?). Einen gemeinsamen Punkt haben alle Kurven: $F_A(0) = 0$ (Begründung!).



5 Die Fläche des Keil- und des Parabelsegmentes

c) Für die Profis (10 Punkte): Die Auswertung

Die schönste Theorie ist nichts ohne den Vergleich mit dem Experiment.

- **Vergleich mit den Experimenten** Setzt die Werte eurer Tauchkörper für H und L in die passende Formel ein und vergleicht die theoretischen Ergebnisse mit euren Messwerten.
- **Diskussion der Abweichungen** Wie gut passt alles zusammen? Beschreibt die Abweichungen zwischen Theorie und Experiment. Welche Gründe mag es dafür geben?

Nach den bisher durchgeführten Experimenten und theoretischen Überlegungen sollte klar sein: Die Art der Flüssigkeit hat einen Einfluss.

- Beschreibt genau, welchen Einfluss die Flüssigkeit haben könnte.
- Plant ein durchführbares Experiment um eure Hypothesen zu überprüfen. Beschreibt, was ihr vorhabt.
- Führt das Experiment durch und überprüft eure Vorhersagen möglichst *quantitativ*.

Bei diesen Versuchen genügt es, den quaderförmigen Tauchkörper zu verwenden.

Viel Erfolg bei der zweiten Aufgabe!

Allgemeine Hinweise

Einsendeschluss: Sonntag, 17. November 2013, 19:59 Uhr.

Gebt eure Lösungen über das Portal von uniKIK ab: <http://www.unikik-portal.de/portal>

Zulässige Dateiformate sind: PDF für die zusammengeschriebene Lösung (mit eingebetteten Bildern), sowie unter Windows gängige Videoformate, die sich ohne Installation von zusätzlicher Software abspielen lassen, z. B. mp4, sowie STL-Daten. Sollten Schwierigkeiten mit der Ausgabe der STL-Daten auftreten, so bitten wir um eine kurze Rückmeldung, um ein anderes Datenformat abzusprechen.

Die Dateien sollten nicht größer als 7,5 MB sein (Die Dateien können gezippt sein)! Bitte gebt auch euren Teamnamen, die Namen der Gruppenmitglieder sowie deren Schulen an. Bitte benennt eure angehängten Dateien nach dem Gruppennamen.

ACHTUNG bei Zip-Dateien! Um sicher zu gehen, dass eure Dateien wirklich fehlerfrei und für die Korrektoren/-innen zu öffnen sind, solltet ihr eure Zip-Dateien etc. noch mal von eurem Account runterladen und öffnen. Dateien die sich nicht öffnen lassen, können nicht bewertet werden!

Ihr könnt und solltet eure Lösung auch dann abgeben, wenn ihr nicht alle Fragen beantworten konntet, insbesondere wenn ihr die letzte Teilaufgabe (die Profi-Aufgabe) nicht gelöst habt! Vielleicht gelingt euch das ja bei den kommenden Aufgaben.

Die Teilnahmebedingungen und weitere Informationen findet ihr unter: <http://www.unikik.de/apollo13>
Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

