

Helmholtzresonator

Wird eine bauchige Flasche angeblasen, so ertönt ein tiefer Klang. Die Tonhöhe lässt sich nicht mit der Theorie der schlanken Pfeife erklären. Die Grundfrequenz f_1 einer Flasche mit Luftvolumen V , Halslänge ℓ und Halsquerschnittsfläche A in Luft mit Schallgeschwindigkeit c ist:

$$f_1 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{V \cdot \ell}} \quad (1)$$

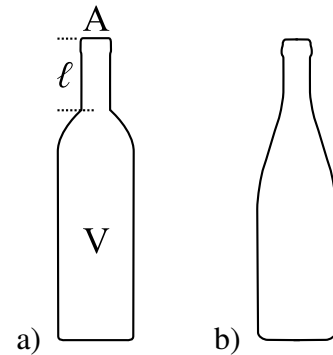


Abbildung 1: a) Bordeaux-Flasche
b) Burgunderflasche

Ziel

Sie testen Gleichung (1) im Experiment. Dazu stellen Sie die Messdaten geeignet dar und führen eine Ausgleichsrechnung durch.

Material

Computer mit geeignetem Frequenzanalyse-Programm, z.B. phyphox auf dem Mobiltelefon, diverse Weinflaschen, Messbecher, Schublehren und Messbänder

Messungen

- 1) Lassen Sie sich das Programm vom Lehrer zeigen, falls nötig.
- 2) Notieren Sie sich die Temperatur im Zimmer.
- 3) Vermessen Sie die Weinflasche, insbesondere Länge und Durchmesser des Flaschenhalses sowie das Volumen der Flasche bis unter den Hals (Wasser einfüllen und in den Becher gießen). Das geht gut bei einer Bordeaux-Flasche, siehe Abbildung 1a.
- 4) Blasen Sie die leere Flasche mündlich an und messen Sie die Frequenzen des Grundtons (f_1) und einiger Obertöne ($f_2, f_3, f_4, f_5, \dots$).
- 5) Füllen Sie etwas Wasser in die Flasche und messen Sie die neue Grundfrequenz. Wiederholen Sie diese Messungen für zehn verschiedene Wassermengen.
- 6) Wiederholen Sie die Messungen für eine zweite Flasche mit deutlich anderer Form, z.B. einer Burgunderflasche ohne deutlich abgesetzten Hals (Abbildung 1b).

Aufgaben und Auswertungen

- a) Berechnen Sie die Schallgeschwindigkeit bei Zimmertemperatur ausgehend vom Wert bei 20°C (c_{20}). Welchen Einfluss hätte eine um 1°C erhöhte Temperatur?
- b) Vergleichen Sie das Frequenzspektrum mit jenem einer gedackten Pfeife (Anzahl und Lage der Obertöne, Frequenzverhältnis zum Grundton und ähnliches).
- c) Berechnen Sie die Grundfrequenz für Ihre Flaschen mit Gleichung (1).
- d) Stellen Sie *das Quadrat* der Schwingungsdauer $T = 1/f_1$ des Grundtons als Funktion des Wasservolumens dar, also T^2 versus V_W . Das Wasservolumen V_W haben Sie ja mit dem Becher gemessen. Erklären Sie, warum die Messwerte auf einer Geraden liegen sollten. Führen Sie eine lineare Regression (Fit) durch. Welche Bedeutung haben die Regressionsparameter? Was kann man aus den Achsenabschnitten und der Steigung ausrechnen? Passen die Werte zu den anderen Messungen?