

Helmholtz-Resonator

Unter Helmholtz-Resonatoren versteht man akustische Systeme, die aus einem schwingenden Luftpfropfen und einem angekoppelten Luftvolumen bestehen. Es gibt viele unterschiedliche Erscheinungsformen davon: eine leere Weinflasche, den Korpus eines Saiteninstruments, Bassreflexgehäuse von Lautsprechern. An der leeren Weinflasche lassen sich die Geometrie und die Funktionsweise des Helmholtz-Resonators am einfachsten erklären. Durch Anblasen einer leeren oder teilweise gefüllten Flasche kann auf einfache Art ein Ton erzeugt werden.

Ziel

- Sie untersuchen die Resonanzfrequenz in Abhängigkeit von verschiedenen Füllständen sowie eventuell auftretende Obertöne.

Physikalische Grundlagen

Der theoretische Wert für die Grundfrequenz eines Helmholtzresonators (Theorie der schlanken Pfeife) ist

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{A}{V \cdot l}}$$

wobei c die Schallgeschwindigkeit, A und l die Querschnittsfläche bzw. die Länge des Flaschenhalses und V das Luftvolumen in der Flasche (ohne Flaschenhals) sind.

Experiment

Material

Notebook-Computer mit Programm zur Spektralanalyse, diverse Flaschen, Messbecher, Schieblehre und Messband.

Durchführung

- a) Halten Sie die Temperatur im Praktikumszimmer im Protokoll fest.
- b) Bestimmen Sie die Abmessungen der Weinflasche, insbesondere Durchmesser und Länge des Flaschenhalses.
- c) Messen Sie das Flaschenvolumen ab, indem Sie die Flasche mit Wasser füllen und das Flüssigkeitsvolumen anschliessend mit dem Messbecher bestimmen.
- d) Blasen Sie die leere Flasche an und lesen Sie die Resonanzfrequenzen (Grundton f_0 und falls möglich einige Obertöne $f_1, f_2 \dots$) aus dem Spektrum ab. Skizzieren Sie im Protokoll das Frequenzspektrum.
- e) Füllen Sie etwas Wasser in die Flasche und bestimmen sie die neue Grundfrequenz. Wiederholen Sie dies für insgesamt zehn verschiedene Wassermengen.
- f) Wiederholen Sie Messungen für eine zweite Flasche mit einer deutlich verschiedenen Form.

Auswertungen

- 1) Berechnen Sie die Schallgeschwindigkeit im Praktikumszimmer mit der Formel der FoTa und ausgehend vom Wert bei 20°C. Welchen Einfluss hätte eine um 1°C erhöhte Temperatur?
- 2) Vergleichen Sie das beobachtete Frequenzspektrum mit demjenigen einer gedackten Pfeife (Anzahl und Lage der Obertöne, Frequenzverhältnis zum Grundton und ähnliches).
- 3) Berechnen Sie die Grundfrequenz für Ihre Flaschen mit der obigen Formel.
- 4) Diskutieren Sie, wie die Grundfrequenz von der Form des Flaschenhalses abhängt. Geben Sie eine qualitative Begründung für dieses Verhalten.

- 5) Stellen Sie das Quadrat der Schwingungsdauer des Grundtons als Funktion des Luftvolumens dar. Erklären Sie, warum die Messwerte auf einer Geraden liegen sollten. Führen Sie eine lineare Regression durch. Welche Bedeutung haben die Regressionsparameter (Achsenabschnitten und Steigung) ausrechnen? Vergleichen das Verhältnis $A : l$ aus den Abmessungen und das Verhältnis aus der Regressionsgerade. Sind die Werte im Rahmen der Messgenauigkeit miteinander verträglich?
- 6) Diskutieren Sie die beobachteten Unterschiede im Frequenzspektrum der beiden Flaschen.

Bedingungen

Falls Sie einen Bericht schreiben, geben Sie diesen mit der vollständigen Auswertung (Fehlerrechnung wo möglich) ab. Für eine Auswertung ohne Bericht bearbeiten Sie mindestens die Aufgaben 1) bis 3) und 5) (ohne Fehlerrechnung).

Abgabetermin ist:

Literatur

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Helmholtz-Resonator>
- <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/Helmholtz.html>