

Helmholtzresonator

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

Du untersuchst 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

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

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, Schublehre und Messband.

Durchführung

- A. Halte die Temperatur im Praktikumszimmer im Protokoll fest.
- B. Bestimme die Abmessungen der Weinflasche, insbesondere Durchmesser und Länge des Flaschenhalses.
- C. Miss das Flaschenvolumen ab, indem du die Flasche mit Wasser füllst und das Flüssigkeitsvolumen anschließend mit dem Messbecher bestimmst.
- D. Blase die leere Flasche an und lies die Resonanzfrequenzen (Grundton f_0 und falls möglich einige Obertöne $f_1, f_2 \dots$) aus dem Spektrum ab. Skizziere im Protokoll das Frequenzspektrum.
- E. Fülle etwas Wasser in die Flasche und bestimme die neue Grundfrequenz. Wiederhole dies für insgesamt zehn verschiedene Wassermengen.
- F. Wiederhole die Messungen für eine zweite Flasche mit einer deutlich verschiedenen Form.

Auswertung der Messungen

1. Berechne die Schallgeschwindigkeit im Praktikumszimmer mit der Formel der FoTa und ausgehend vom Wert bei 20°C. Welchen Einfluss hätte eine um exakt 1°C erhöhte Temperatur?
2. Vergleiche das beobachtete Frequenzspektrum mit demjenigen einer gedackten Pfeife (Anzahl und Lage der Obertöne, Frequenzverhältnis zum Grundton und ähnliches). (vgl. Praktikum FS2015)
3. Berechne die Grundfrequenz für deine Flaschen mit der obigen Formel.
4. Diskutiere, wie die Grundfrequenz von der Form des Flaschenhalses abhängt. Gib eine qualitative Begründung für dieses Verhalten.
5. Stelle das Quadrat der Schwingungsdauer des Grundtons als Funktion des Luftvolumens dar. Erkläre, warum die Messwerte auf einer Geraden liegen sollten. Führe eine lineare Regression durch. Welche Bedeutung haben die Regressionsparameter? Vergleiche das Verhältnis $A : l$ aus den Abmessungen und das Verhältnis aus der Regressionsgerade. Sind die Werte im Rahmen der Messgenauigkeit miteinander verträglich?
6. Diskutiere die beobachteten Unterschiede im Frequenzspektrum der beiden Flaschen.

Bedingungen

Falls du einen Bericht schreibst, gib diesen mit der vollständigen Auswertung (Fehlerrechnung wo möglich) ab. Für eine Auswertung ohne Bericht bearbeite mindestens die Aufgaben 1) bis 3) und 5) (ohne Fehlerrechnung).