



Aufgabenstellung

1. Nach der Methode von Quincke ist anhand der Schallgeschwindigkeit der Luft die Frequenz f zweier gegebener Stimmgabeln (Mittelwert von jeweils fünf Messreihen) zu ermitteln.
2. Mittels Tonfrequenzgenerator, Lautsprecher und Mikrophon ist mit Hilfe stehender Wellen in einem horizontalen Glasrohr (KUNDTsches Rohr) nahe der Reflexionswand die Schallgeschwindigkeit c in Luft zu bestimmen und auf 0°C umzurechnen.

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Sie benötigen die Beziehung zwischen Wellenlänge und Schallgeschwindigkeit $c = \lambda f$ und die Größe des Knotenabstandes: $d = \lambda/2$.

zu 1.

- Beachten Sie zum Einspannen der Stimmgabel und Inbetriebnahme des Generators die Bedienungsanleitung unten.
- Den Abstand der Stimmgabel möglichst nicht verändern, die Stimmgabel gegebenenfalls mit dem kleinen Hammer anstoßen.
- Mindestens zwei Stellungen (Knotenpositionen) der Wasseroberfläche im Rohr, bei denen das Quincke-Rohr in Resonanz für den Grundton mit maximaler Lautstärke gerät, durch zehnmaliges Ausmessen bestimmen.
- Man darf sich durch mögliche, bei zu starker Rückkopplung mit angeregte Oberschwingungen nicht beirren lassen.

zu 2.

- Das Glasrohr ist an einer Seite mit einem Lautsprecher, an der anderen mit einer Wand abgeschlossen. Durch die Wand wird ein Mikrophon in das Rohr eingeführt. Der Lautsprecher wird mit einem Sinussignal-Generator HM8032 angeregt. Im Resonanzfall bilden sich im Rohr stehende Wellen aus. Der Verlauf des Schalldruckes wird über der Rohrlänge mit dem Mikrophon gemessen. Es werden drei Frequenzen f zwischen 2,5 und 3,5 kHz benutzt. Der garantierte Größtfehler der Frequenz ist kleiner als $0,1\% \pm 1$ Digit. Der Effektivwert der Spannung sollte etwa 0,06 bis 0,08 V betragen, was einer Einstellung mit -20db Dämpfung bei auf fast Minimum eingestellter Amplitude am Generator entspricht.
- Das batteriebetriebene Mikrophon, das auf den Schallwechseldruck reagiert, muss nach 30 min mit dem roten Knopf aufgrund der Abschaltautomatik wieder eingeschaltet werden. (HINWEIS: Betriebsartenschalter auf Stellung =)
Das Mikrophon wird an ein Multimeter im 2 V-Messbereich (Gleichspannung) angeschlossen. Die Empfindlichkeit des Mikrophons ist zwischen 18 und 300 mV/mbar einstellbar. Durch langsames (in mm-Abständen) Verschieben der Mikrophon-Achse in Längsrichtung können

mehrere Knoten (bezogen auf den Schalldruck) ausgemessen werden (mindestens über drei Halbwellen). Der Mikrophontransport erfolgt von Hand auf einem Transportwagen.

- Durch grafische Darstellung der Spannung in der Nähe der Knoten kann die Knotenposition mittels Interpolation genauer bestimmt werden. In der Nähe der Wand werden Knoten und Bäuche ausgemessen.

Bedienung des Stimmgabelverstärkers

Einspannen der Gabel Der Erregerkopf wird in die höchstmögliche Lage gebracht und die Stimmgabel möglichst kurz eingespannt. Danach ist der Erregerkopf parallel im Abstand von ca. 1 mm so anzuordnen, dass er genau mit einem freien Gabelende abschließt.

Inbetriebnahme des Generator Schließen Sie den Netzstecker an und schalten Sie den Generator über den Kippschalter ein, die Netzkontrolle sollte nun leuchten. Nach der Anlaufzeit des Generators beginnt die Stimmgabel zu schwingen. Stellen Sie zuletzt den Spalt zwischen Erregerkopf und Stimmgabel auf optimale Lautstärke minimal ein.

Achtung! Betreiben Sie den Generator immer bei ausreichendem Abstand zwischen Stimmgabel und Erregerkopf, um ein Mitschwingen der Stimmgabelaufhängung und Überlastungen zu vermeiden.

Hinweise zur Auswertung (für Physik Bachelor und Lehramt)

Zur Bestimmung einer Differenz (z.B. Wellenlänge) aus einer Messreihe von diskreten **äquidistanten** Werten (aufeinander folgende Positionen von Knoten und Bäuchen) empfiehlt sich eine vereinfachte lineare Regression. Betrachten wir die Positionen x_1, x_2, \dots, x_N als Funktion des Indexes $k = 1, 2, \dots, N$ so ergibt sich die mittlere Differenz aus dem Anstieg b der folgenden Ausgleichs-„Geraden“:

$$x(k) = b \cdot k + a, \quad (1)$$

der sich durch den folgenden Zusammenhang berechnen lässt:

$$b = \frac{12 \sum_{k=1}^N k \cdot x_k - 6(N+1) \sum_{k=1}^N x_k}{N(N^2 - 1)}. \quad (2)$$

Weiterhin lässt sich die zufällige Unsicherheit von b einfach abschätzen durch:

$$\Delta b_{\text{zuf}} = s_x \cdot \sqrt{\frac{12}{N(N^2 - 1)}} \quad \text{mit} \quad s_x = \sqrt{\frac{1}{N-2} \sum_{k=1}^N \Delta(x_k - (b \cdot k + a))^2} \quad (3)$$

Dies ist unter der Annahme gleicher zufälliger Messunsicherheiten für alle x_k gültig. Die Berechnung von s_x erfordert weiterhin die Bestimmung des absoluten Gliedes a . Für den vorliegenden Versuch ist es jedoch vernünftig, vereinfachend für s_x eine mittlere Ablese- bzw. Einstellunsicherheit anzusetzen.