

# Quincke'sches und Kundt'sches Rohr

## 1 Aufgabenstellung

1. Bestimmung der Schwingungsknoten der stehenden Welle im Quincke-Resonanzrohr.
2. Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft.
3. Berechnung des Adiabatenexponenten von Luft.
4. Bestimmung der Wellenlänge einer stehenden Welle (5 Messungen) im Kundt'schen Rohr.
5. Berechnung des Elastizitätsmoduls des Stabes unter Verwendung der mit dem Quincke-Resonanzrohr bestimmten Schallgeschwindigkeit in Luft.

## 2 Grundlagen

Der Schall breitet sich in Gasen als longitudinale Welle aus, d.h. die Teilchen schwingen in Ausbreitungsrichtung der Welle. In zwei Medien gilt mit  $\nu$  der Frequenz, mit  $\lambda$ ,  $\lambda'$  und  $c$ ,  $c'$  den jeweiligen Wellenlängen und Schallgeschwindigkeiten:

$$c = \lambda\nu \quad \text{und} \quad c' = \lambda'\nu \quad (1)$$

Wird Schall reflektiert, so bilden, bei geeigneten Bedingungen, die mit der einfallenden interferierende reflektierte Welle eine stehende Welle. Für Reflexion am einen offenen Ende und am anderen starren Ende (Wasseroberfläche) gilt die Resonanzbedingung, daß die Länge der Luftsäule ein ungeradzahliges Vielfaches eines Viertels der Wellenlänge sein muß.

$$l_1 = \frac{1}{4}\lambda, \quad l_2 = \frac{3}{4}\lambda, \quad l_3 = \frac{5}{4}\lambda, \dots, \quad l_n = \frac{2n-1}{4}\lambda \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

Der temperaturabhängige Quotient des Drucks  $p$  und der Dichte  $\rho$  steht mit  $p_0$  (1013 mbar) und  $\rho_0$  ( $1.29 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ ), dem Luftdruck und -dichte bei  $0^\circ\text{C}$  auf Meereshöhe, und  $\alpha$  dem Spannungskoeffizienten der Luft ( $\alpha = 1/273.15 \text{ K}^{-1}$ ) im Zusammenhang:

$$\frac{p}{\rho} = \frac{p_0}{\rho_0}(1 + \alpha\vartheta) \quad (3)$$

Damit ergibt sich aus der Schallgeschwindigkeit  $c$  nach Laplace für die von der Temperatur abhängige Schallgeschwindigkeit  $c_T$ :

$$c = \sqrt{\frac{p\kappa}{\rho}} \quad \Longrightarrow \quad c_T = \sqrt{\frac{p_0\kappa(1 + \alpha\vartheta)}{\rho_0}} \quad (4)$$

Für Luft gilt näherungsweise im Temperaturbereich  $-20^\circ\text{C} \Rightarrow 40^\circ\text{C}$  die Zahlenwertgleichung:

$$c [\text{m/s}] = 331.5 + 0.6 \vartheta [^\circ\text{C}] \quad (5)$$

Beim Übergang von einem Medium ins andere gibt sich nach Gl. (1)

$$\frac{c}{c'} = \frac{\lambda}{\lambda'} \quad (6)$$

d.h. in zwei verschiedenen Medien verhalten sich die Ausbreitungsgeschwindigkeiten einer Welle wie ihre Wellenlängen. Die Frequenz ändert sich dabei nicht. Wird also die Wellenlänge in beiden Medien gemessen, und ist die Schallgeschwindigkeit in einem Medium bekannt, so ist die Schallgeschwindigkeit im anderen Medium aus Gl. (6) bestimmbar.

Bei bekannter Dichte des Stabmaterials (Dichte von Glas bei Raumtemperatur:  $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ ) kann sein Elastizitätsmodul  $E$  aus der Gleichung für die Schallgeschwindigkeit bestimmt werden.

$$c_{\text{Stab}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (7)$$

### 3 Versuchsaufbauten

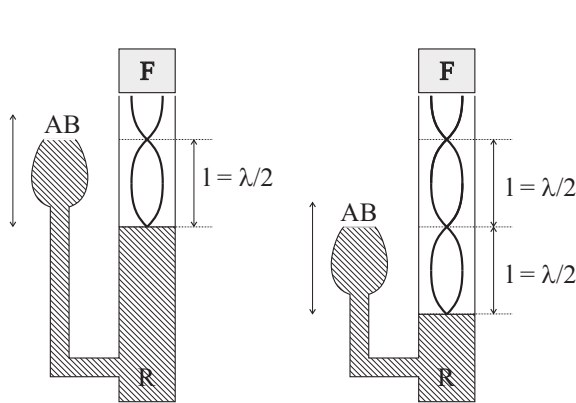


Abbildung 1: Das Quincke-Resonanzrohr. F Frequenzgeber (1600 Hz), R Glasrohr mit veränderbarem Wasserspiegel, AB Ausgleichsbehälter,  $l$  Länge der Luftsäule,  $\lambda$  Wellenlänge.

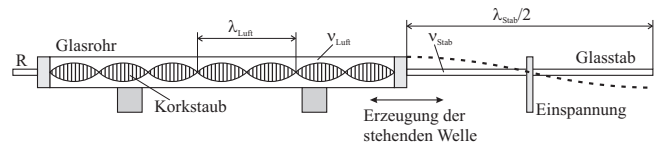


Abbildung 2: Die Kundt'sches Rohr.  $\lambda_{\text{Stab}}$ ,  $\lambda_{\text{Luft}}$  Wellenlänge im longitudinal schwingenden Glasstab resp. in Luft.

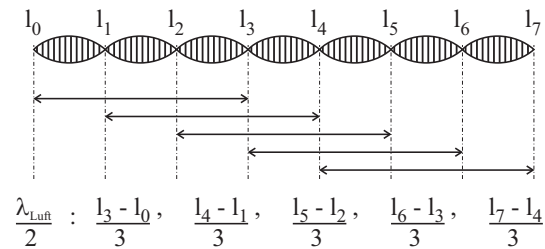


Abbildung 3: Zur Bestimmung der Wellenlänge.

Zu Abb. 1: Das Resonanzrohr ist ein Glasrohr, das eine Luftsäule veränderbarer Länge enthält. Durch Heben und Senken des Ausgleichsbehälters kann man die Länge der Luftsäule variieren. Die Luftsäule wird durch einen Schallgeber über der Öffnung des Rohres zum Schwingen angeregt. Die Frequenz ist durch den Schallgeber vorgegeben. Die Wellen laufen bis zum Ende der Luftsäule (Wasseroberfläche), werden dort reflektiert, und interferieren mit den einfallenden Wellen, so daß sich im Rohr eine stehende Welle ausbildet. Ist die Luftsäule so lang, daß sich an der Wasseroberfläche ein Schwingungsknoten, an der Rohröffnung aber ein Schwingungsbauch befindet, so besteht Resonanz zwischen dem Frequenzgeber und der Luftsäule im Rohr.

Zu Abb. 2: Die vom Stabende bei longitudinaler Anregung ausgehende Schallwelle pflanzt sich in das Glasrohr fort, und wird am Ende des Glasrohres reflektiert. Es entsteht eine stehende Welle, die mittels Korkpulver in der Röhre sichtbar gemacht wird. Die stehende Welle bildet sich nur dann scharf aus, wenn am geschlossenen Ende des Rohres ein Wellenknoten liegt. Dies wird erreicht, indem man die Länge der Luftsäule durch Verschieben des Glasrohres variiert.

Zu Abb. 3: Zur Bestimmung der Wellenlänge in Luft  $\lambda_{\text{Luft}}$  werden zunächst alle Knotenstellen ausgemessen ( $l_0, l_1, \dots, l_n$ ). Soll zur Verbesserung der Ablesefehler der Knotenstellen die größtmögliche Anzahl von Messungen zur Mittelwertbildung verwendet werden, so werden als Anfangs- und Endknotenstellen die Knoten herangezogen, deren Abstand voneinander gerade größer ist als  $a/2$ , wobei  $a$  der Abstand zwischen dem ersten und dem letzten zur Messung geeigneten Knoten ist. Wie aus Abb. 3 ersichtlich, ergeben sich dadurch beispielsweise für 6 Meßpunkte 3 voneinander unabhängige Mittelwerte für  $\lambda_{\text{Luft}}/2$ .