Quincke'sches Interferenz- oder Umwegrohr

Das *Quincke*'sche Interferenzrohr (auch Umwegrohr genannt) ist ein Gerät, mit dem man Interferenzeffekte von Schallwellen demonstrieren und untersuchen kann. Die Schallwelle, erzeugt von einem Lautsprecher, wird in der *Quincke*'schen Apparatur in zwei, mit gleicher Phase und Amplitude startenden Anteile zerlegt. Die Teilwellen werden in getrennte Rohre eingespeist und nach Durchlaufen der Rohre wieder zusammengeführt. In der Regel sind die Rohre unterschiedlich lang. Die Rohrlänge in einem der Zweige lässt sich zudem, wie bei einer Posaune, durch Aus- oder Einziehen verändern. Die Teilwellen legen daher verschieden lange Wege zurück und treffen am Ende der Verzweigung mit unterschiedlicher Phase aufeinander. Je nach Wegdifferenz entstehen dort durch Überlagerung Maxima und Minima der Schallintensität. Abbildung 1 zeigt ein Schema der Anordnung, Abbildungen 2a) und 2b) sind Fotos des Aufbaus.

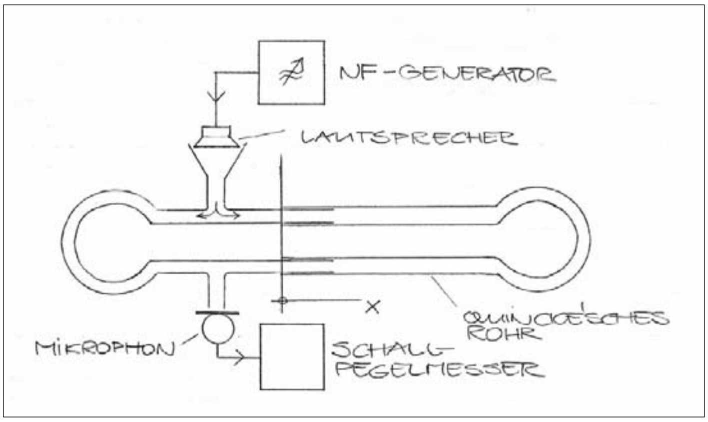

Abbildung 1 Quincke'sches Interferenzrohr schematisch

Maxima der Schallintensität ergeben sich, wenn die Phasendifferenz der Wellen nach Durchlaufen der Zweige Null oder ein ganzzahliges Vielfaches von 2π ist. Der Unterschied der Weglängen ΔL in den beiden Zweigen ist dann ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ, also

(1) $\Delta L = n\lambda, \quad n \in N$.

Die Differenz der Weglängen andererseits ist $\Delta L = \Delta L_0 + 2x$, wobei ΔL_0 der Weglängenunterschied

Abbildung 2a) Messanordnung mit Quincke-Rohr, Pegelmesser und Datenlogger

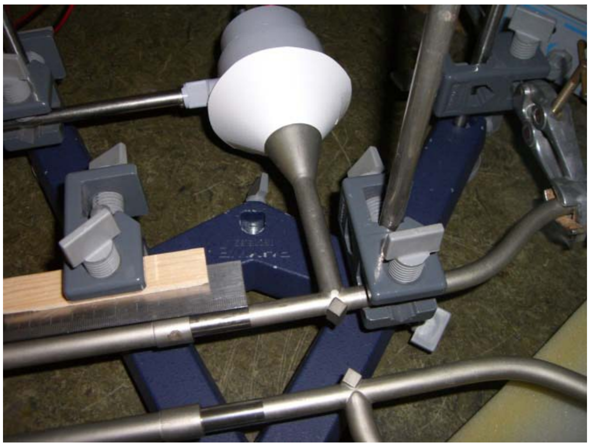

Abbildung 2b) Lautsprecher und Trichter zum Einspeisen des Schalls

in der Nullstellung des posaunenartigen Auszugs ist, und x die Ausziehlänge des Auszugs. Die Bedingung für Maxima der Schallintensität lautet daher

(2) $$n\lambda = \Delta L_0 + 2x\,.$$

Im Experiment bestimmt man den Abstand Δx der Ausziehlängen für aufeinanderfolgende Maxima. Für das n-te Maximum gilt Gl. (2), für das $(n + 1)$-te Maximum daher

(3) $$(n+1)\,\lambda = \Delta L_0 + 2\,(x + \Delta x)$$

Subtrahiert man beide Gleichungen voneinander, folgt $\lambda = 2\Delta x$. Die Wellenlänge λ ist gleich dem Quotienten aus Schallgeschwindigkeit c und Frequenz f, also $\lambda = c/f$. Für den Abstand zweier aufeinanderfolgender Maxima erhält man somit

(4) $$\Delta x = \frac{c}{2}\cdot\frac{1}{f}\,.$$

Gemessen wurde für die Frequenzen $f = 2$ kHz, 5 kHz, 10 kHz und 20 kHz die Schallintensität in Abhängigkeit von der Auszugslänge x. Diese wurde in Schritten von 2 mm variiert. Der Ausgang des Schallpegelmessers war mit einem Datenlogger verbunden, der die Pegelwerte speicherte. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen des Anhangs dargestellt. Für jede der vier Messungen wurde der Abstand benachbarter Maxima Δx (Mittelwerte der Abstände mehrerer Maxima) einschließlich Fehler bestimmt. Dieser Abstand ist in Abbildung 3 als Funktion von $1/f$ (Kehrwert der Frequenz)

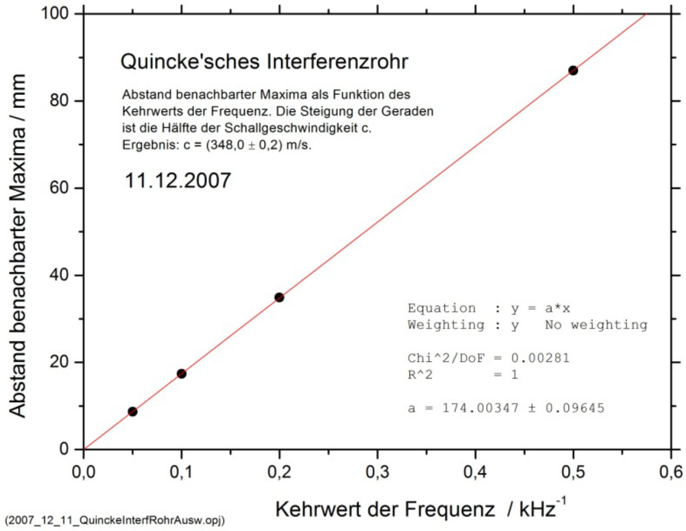

Abbildung 3 Auswertung der Messungen, siehe Text. Aus der Steigung der Geraden folgt als Schallgeschwindigkeit c = 348,0 ± 0,2 m/s.

aufgetragen. Wie nach Gl. (4) erwartet, liegen die Messwerte von Δx auf einer Geraden durch den Nullpunkt. Durch die Punkte wurde eine Ausgleichsgerade nach der Methode der kleinsten Quadrate gelegt. Ihre Steigung ist $c/2 = 174{,}0 \pm 0{,}1$ m/s. Also folgt als Messwert der Schallgeschwindigkeit

$$c = 348{,}0 \pm 0{,}2 \text{ m/s}.$$

Der *theoretische* Wert für die Schallgeschwindigkeit in Luft ist gegeben durch

(5) $$c = c_0\sqrt{\frac{T}{T_0}}\,.$$

Dabei ist T die absolute Temperatur (T/K = t/°C + 273), $T_0 = 273$ K und $c_0 = 331$ m/s. Für eine Zimmertemperatur $t = 21$ °C ($T = 294$ K) erhält man $c = 343{,}5$ m/s, einen geringfügig kleineren Wert als den Messwert.

Anhang

Messdaten. Die Interferenzmuster für 2 und 5 kHz (Abbildungen 1 und 2) sind nicht ideal. Das eingespeiste Signal könnte Obertöne enthalten haben.