

Quanten Analogien

Kevin Mika Noah Krystiniak
kevin.mika@tu-dortmund.de noah.krystiniak@tu-dortmund.de

Durchführung: 27.11.2018

Inhaltsverzeichnis

1 Auswertung

1

1 Auswertung

Die Spektren für verschiedene Rohrlängen sind in Abbildung 1 und 2 zu sehen. Bei längeren Röhren sind mehr Resonanzen zu sehen. Die Resonanzfrequenzen werden in Abbildung 3 gegen den Index n aufgetragen. Daraufhin kann mit einer Linearen Regression die Schallgeschwindigkeit bestimmt werden. Resonanzen treten auf, wenn die Bedingung

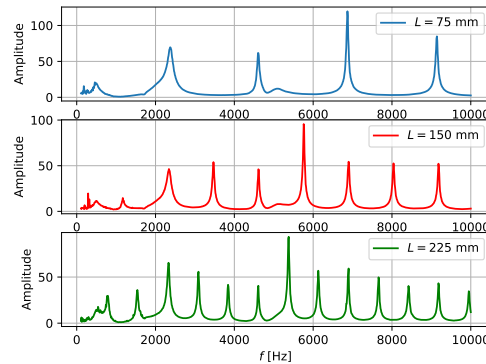


Abbildung 1: Schallamplitude in verschieden langen Röhren L bei variierender Frequenz.

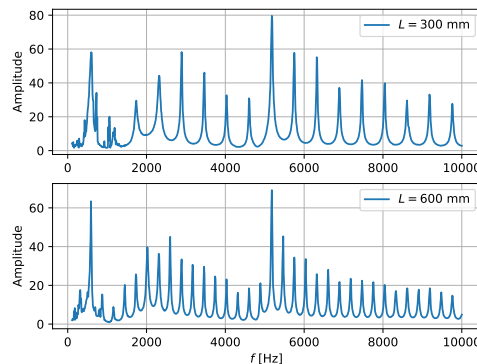


Abbildung 2: Schallamplitude in verschieden langen Röhren L bei variierender Frequenz.

$$2 \cdot L = \frac{n \cdot c}{f} \quad (1)$$

erfüllt ist. Dabei ist L die Länge der Röhre, n eine natürliche Zahl, c die Schallgeschwindigkeit und f die Frequenz. Umgestellt nach f :

$$\underbrace{f}_{\substack{y \\ m}} = \underbrace{\frac{c}{2 \cdot L}}_{\substack{x \\ m}} \cdot \underbrace{n}_{\substack{x \\ m}} + \underbrace{0}_{\substack{b \\ m}} \quad (2)$$

Die Steigung m der Linearen Regression entspricht somit $\frac{c}{2 \cdot L}$. Aufgelöst nach c ergibt sich damit:

$$c = m \cdot 2 \cdot L. \quad (3)$$

Da m fehlerbehaftet ist, muss der Ausdruck nach m abgeleitet werden:

$$\frac{\partial c}{\partial m} = 2 \cdot L. \quad (4)$$

Eingesetzt in die Fehlerentwicklung nach Gauß:

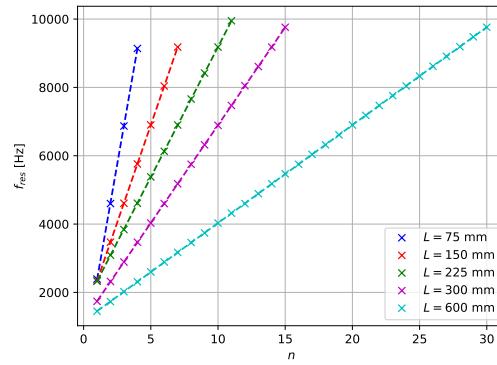


Abbildung 3: Resonanzfrequenzen für Schallwellen bei verschiedenen Längen Röhren L sowie die entsprechende Lineare Regression.

$$\Delta c = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial c}{\partial x_i} \cdot \Delta x_i \right)^2} \quad (5)$$

$$\Delta c = 2 \cdot L \cdot \Delta m \quad (6)$$

Die Steigungen der Linearen Regression m , sowie die daraus bestimmte Schallgeschwindigkeit c der verschiedenen Längen L sind in Tabelle 1 zu finden. Der gemittelte Wert

Tabelle 1: Steigung der Linearen Regression m der Resonanzfrequenzen aufgetragen gegen den Index n bei verschiedenen Längen L , sowie die daraus berechnete Schallgeschwindigkeit c .

L / mm	m / Hz	Δm / Hz	c / m/s	Δc / m/s
75	2252.0	10.39	337.80	1.60
150	1141.1	0.89	342.32	0.27
225	762.0	0.48	342.90	0.22
300	572.4	0.30	343.41	0.18
600	286.7	0.07	344.06	0.09

für die Schallgeschwindigkeit, welcher sich nach

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i \quad (7)$$

bestimmt, beträgt $c = (342.098 \pm 2.22)\text{m/s}$. Der angegebene Fehler ist die Standardabweichung, welche nach

$$\sigma = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad (8)$$

bestimmt wurde. Verglichen mit dem Literaturwert von 343m/s ergibt sich eine Abweichung von

$$p = \left(\frac{c_{\text{Exp}}}{c_{\text{Lit}}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (9)$$

$$p = -0.26\%. \quad (10)$$

Für $12 \cdot 50\text{ mm}$ ist das Spektrum in Abbildung 4 abgebildet. Die Frequenz ist in Abbildung 5 gegen die Wellenzahl k aufgetragen. Die Wellenzahl k wird mit

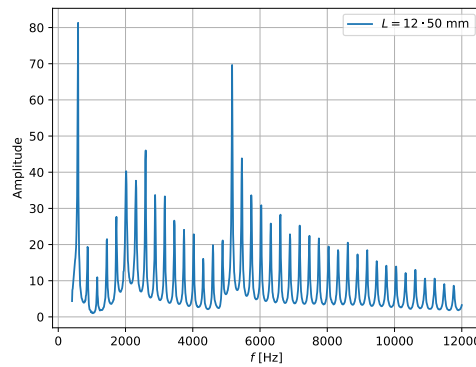


Abbildung 4: Spektrum von einer Röhre, bestehend aus $12 \cdot 50\text{ mm}$ langen Partien.

$$k = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{L} \quad (11)$$

bestimmt. Es wird an der Abbildung deutlich, dass es ein lineares Verhältnis $f(k) = d \cdot k$ sichtbar. Der Fitparameter für die Dispersion beträgt $d = 5473.63$. Somit ist die Dispersionsrelation $f(k) = 5473.63 \cdot k$. Aus Abbildung 7 wird deutlich, dass die Bänder mit steigendem Irisdurchmesser d auch breiter werden. Der Vergleich zwischen verschiedenen Längen Röhren mit einem Irisdurchmesser von 16 mm ist in Abbildung 8 zu sehen. Die Amplitude wird für kleinere Rohrlängen größer, die Resonanzen scheinen bei gleicher Frequenz zu liegen. Beim Vergleich der Spektren für 8 einzelröhren mit der Länge $l = 50\text{ mm}$ und 75 mm (Abbildung 9) fällt auf, dass die Amplitude bei kleineren Rohrlängen zunimmt und die Resonanzfrequenzen sich verschieben.

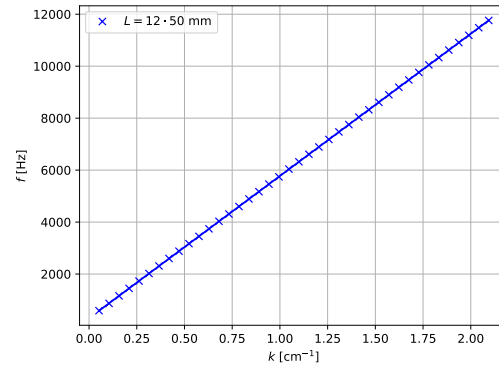


Abbildung 5: Frequenzspektrum aufgetragen gegen die Wellenzahl k für 12 50 mm Röhren.

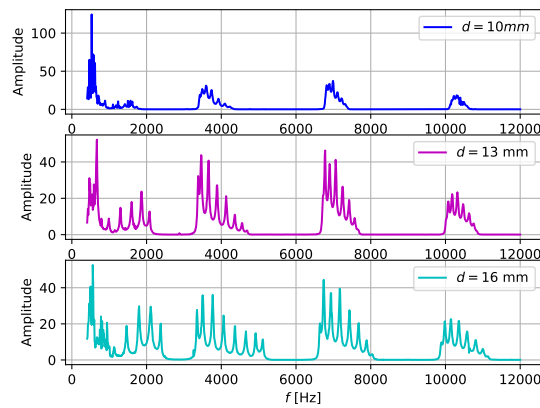


Abbildung 6: Spektrum einer Röhre mit variierendem Durchmesser der Iris zwischen den Rohrabschnitten.

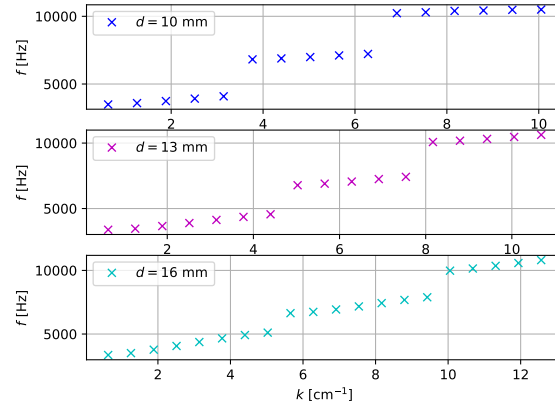


Abbildung 7: Frequenz einer Röhre mit variierendem Durchmesser der Iris zwischen den Rohrabschnitten abhängig von der Wellenzahl k .

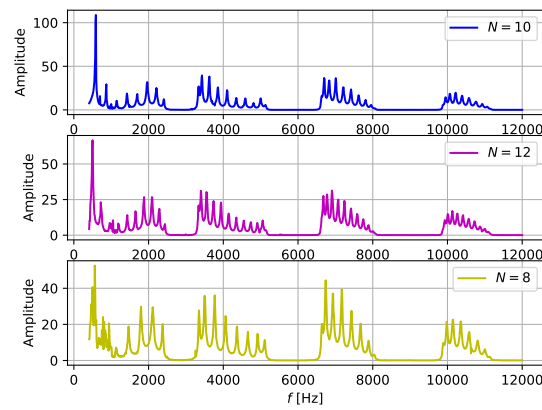


Abbildung 8: Spektren von $n \cdot 50$ mm Röhren und einem Irisdurchmesser von $d = 16$ mm.

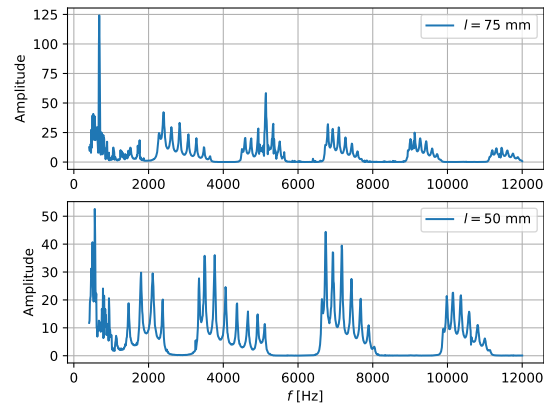


Abbildung 9: Spektren von Röhren, bestehend aus 8 Stücken mit der Länge l und dem Irisdurchmesser $d = 16$ mm.