

Stehende Wellen

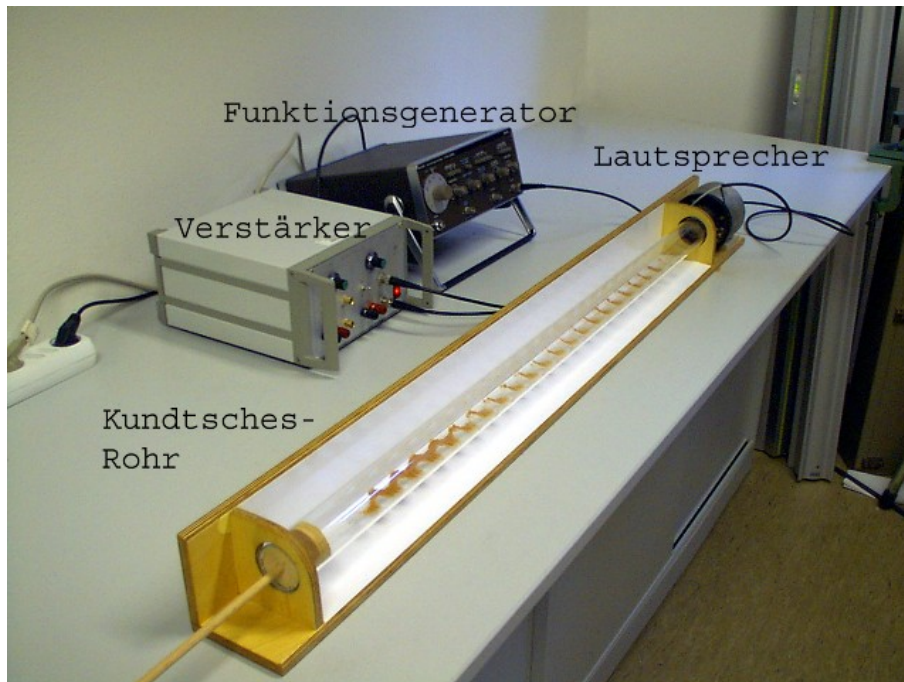


Abb. 1: Kundtsches Rohr

Geräteliste:

Kundtsches Rohr, Frequenzgenerator, Verstärker, Gummiseil, Rubensches Flammrohr, Rijke-Rohr, Heulrohre

Versuchsbeschreibungen:

a) Im Kundtschen Rohr werden die Intensitäten der Dichteschwankungen von Schall in Luft durch Korkmehl sichtbar. Bei bestimmten Frequenzen bilden sich in regelmäßigen Abständen Streifen, deren Höhe eine harmonische Verteilung zeigen.



Abb. 2: Intensitätsmaximum bestehend aus ca. 50 Streifen ($\nu \approx 200 \text{ Hz}$)

Durch Verschieben eines Endstopfens lässt sich das Muster variieren.

Die gleichen Dichteunterschiede lassen sich auch mit dem Rubenschen Flammrohr visualisieren.

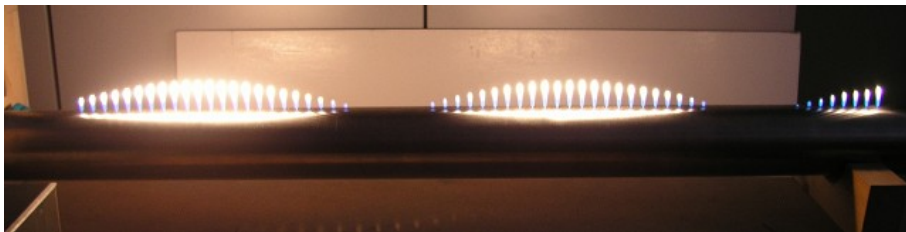


Abb. 3: Stehende Wellen im Rubenschen Flammrohr

b) Ein Gummiseil wird über einen Lautsprecher mit mechanischer Auskopplung harmonisch angeregt. Bei bestimmten Frequenzen zeigen sich Knoten und Bäuche.

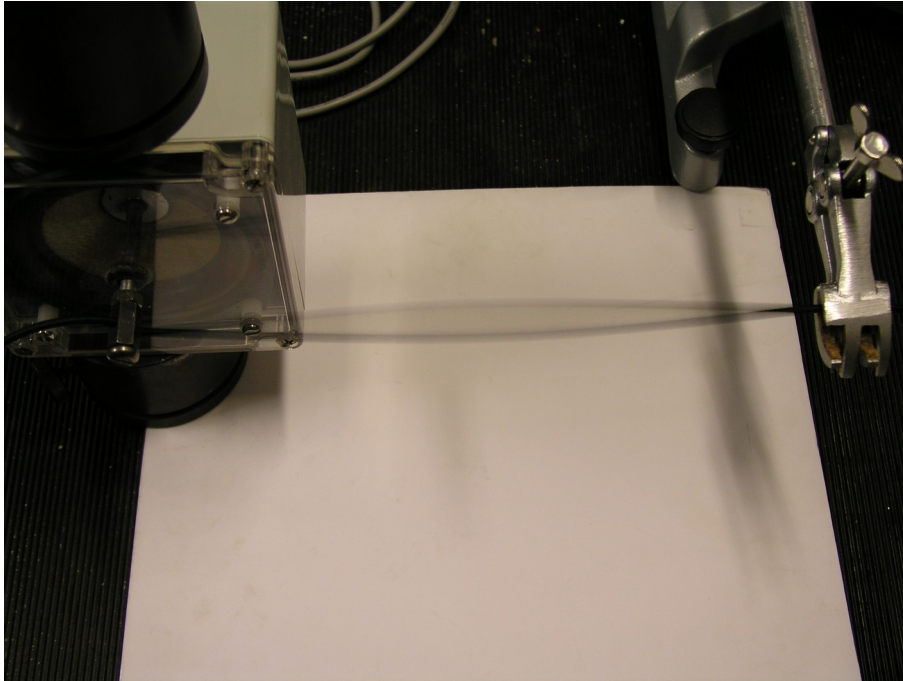


Abb. 4: Schwingendes Gummiseil

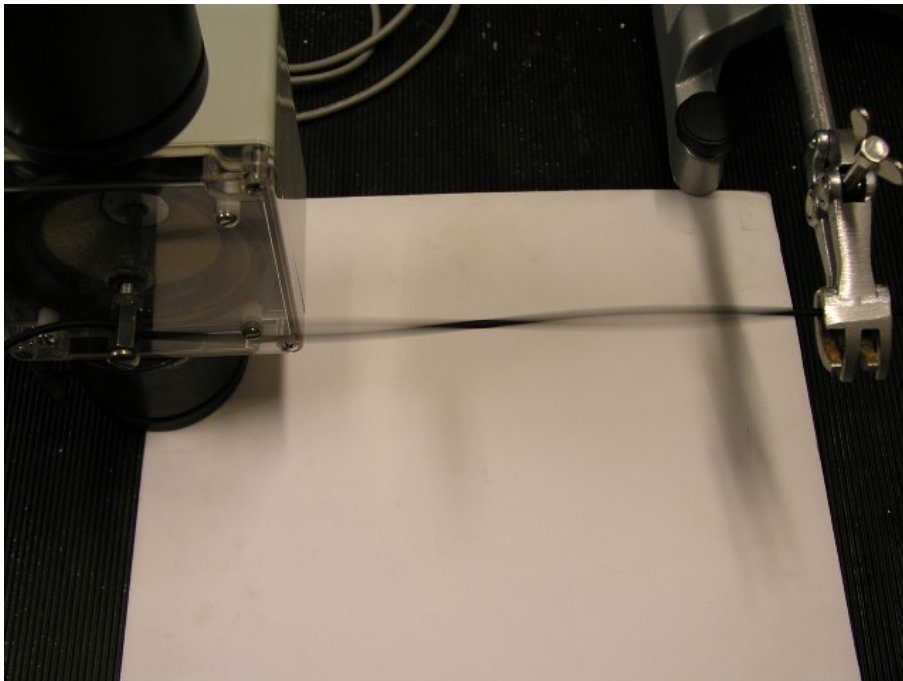


Abb. 5: Schwingendes Gummiseil bei der doppelten Frequenz wie in Abb. 4

c) Durch schleudern eines gewellten Kunststoffrohres (Luftheuler) können verschiedene Töne erzeugt werden. Dabei steigt die Frequenz mit der Drehzahl.



Abb. 6: „Luftheuler“

In den Beständen der Akustik befindet sich ein Rijke-Rohr. Ein im Rohr befestigtes Gitter wird einige Sekunden mit dem Bunsenbrenner erhitzt und es breitet sich eine akustische Eigenschwingung im Rohr aus.

Bemerkungen:

Stehende Wellen oder Resonanzen können sich in der unterschiedlichsten Form bemerkbar machen. Bei den ersten beiden Versuchen bildet sich in einem Hohlraum bestimmter Länge L bei für eine Frequenz f eine hörbare Resonanz aus. Für das Kundtsche Rohr ergibt sich bei einer Frequenz von 400 Hz ein Knotenabstand $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ von ca. 40 cm . Die Druckmaxima befinden sich hier am geschlossenen Ende und am Lautsprecher.

Für das Wellenrohr wird der Ton durch den Druckunterschied zwischen schnell geschleudertem Ende und dem Anfang erzeugt. Am Ende ist der Druck aufgrund der vorbei strömenden Luft niedriger (Bernoulli). Dadurch strömt die Luft durch das Rohr und wird durch seine Wellenform in Schwingungen versetzt. Die Länge des Rohres bestimmt dann die Resonanzen, die verstärkt werden. Das sind dann die hörbaren Töne. Ganze vielfache von $\lambda/2$ können bei verschiedenen Drehzahlen realisiert werden.

Für ein Rohr der Länge $l = 0,9 \text{ m}$ ergeben sich die ersten vier Frequenzen nach

$$v_k = (k+1) \cdot \frac{c}{2l}$$

zu

$v_1 = 377 \text{ Hz}$, $v_2 = 566 \text{ Hz}$, $v_3 = 755 \text{ Hz}$ und $v_4 = 944 \text{ Hz}$. Die Schallgeschwindigkeit wurde hier mit $c = 340 \text{ m/s}$ angenommen.

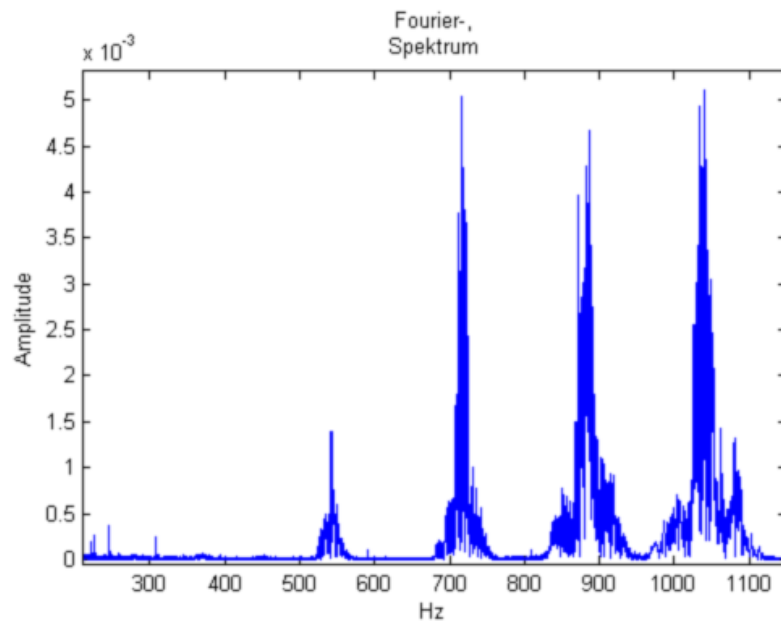


Abb. 7: Spektrum eines Luftheulers von 90 cm Länge.

Die Frequenzen können mit einem Mikro aufgenommen werden um sie zu analysieren. In den Unterlagen befindet sich ein Matlab-Skript zur schnellen Fouriertransformation, welches einen Plot (Abb. 7) ausgibt. Dafür muss Matlab gestartet werden und mit dem Befehl `Aufnahme=wavrecord(441000,44100);` wird ein Audiosignal von 10 s Länge direkt in das Workspace geladen.

Das Skript durch Eingabe des Namens `heuler_fft` starten, es verarbeitet Daten der Variablen `Aufnahme`. Die Samplerate ist hier mit $44,1\text{ kHz}$ in CD-Qualität angesetzt. Die Frequenzen fallen mit zunehmender Tonhöhe ein wenig niedriger aus als berechnet, da sich das Kunststoffrohr beim herumschleudern ein wenig dehnt. Der Tonabstand beträgt in musikalischem Vokabular jeweils eine halbe Oktave des Grundtons der hier bei 377 Hz liegt, er ist in Abb. 7 nur schwach zu erkennen, da er schwer zu erzeugen ist.