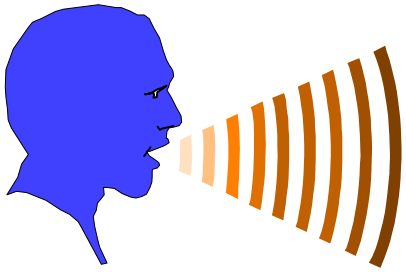
# Physik & Musik



# 5

# Stimmgabeln

1 Auftrag

# *Stimmgabeln*

Bearbeitungszeit: 30 Minuten
Sozialform: Einzel- oder Partnerarbeit
Voraussetzung: Posten 1: "Wie funktioniert ein KO?"

## Einleitung

Bei diesem Posten stehen Ihnen mehrere Stimmgabeln, ein Mikrophon und ein Oszilloskop zur Verfügung. Mit dem Mikrophon und dem Oszilloskop (KO, Kathodenstrahl-Oszilloskop) können Sie sich die von den Stimmgabeln erzeugten Schwingungen ansehen. Es wird vorausgesetzt, dass Sie das KO bedienen können.

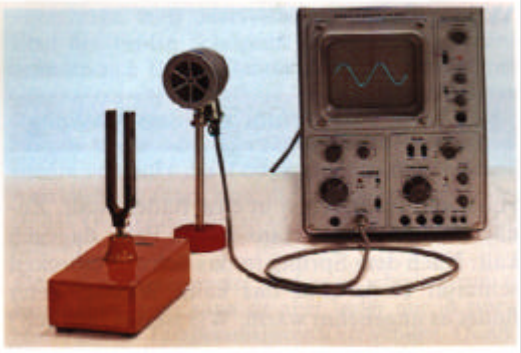


*Abbildung 1: Stimmgabeln (Dorn / Bader 83)*

## Arbeitsauftrag

Tragen Sie bitte alle Ergebnisse an den dafür vorgesehenen Stellen auf dem Arbeitsblatt ein!

1. Es liegen zwei verschiedene Typen von Stimmgabeln vor: solche mit, bzw. ohne Resonanzkörper. Die Stimmgabeln ohne Resonanzkörper sind nur schwach, diejenigen mit Resonanzkörper recht gut hörbar. Warum ist das so? Erklären Sie das in 2 Sätzen.

2. Was könnten Sie unternehmen, um auch die leiseren Stimmgabeln gut hörbar zu machen? Suchen Sie nicht zu weit, die Lösung ist relativ simpel. Alle nötigen Hilfsmittel wurden bereits erwähnt.

3. Mit dem KO messen Sie von drei vorhandenen Stimmgabeln die Frequenz. Diese erhalten Sie durch Messen der Periode mit Hilfe des KO's und nachfolgender Umrechnung in Hz. Da diese Messungen nicht so genau sind, messen Sie jede Stimmgabel drei Mal. Dann nehmen Sie das arithmetische Mittel als Ergebnis. (Achten Sie darauf, dass das Gewichtchen der verstimmbaren Gabeln nicht an der Gabel befestigt ist, wenn Sie Ihre Messung machen)

   Es ist möglich, dass einige der Stimmgabeln etwas leise sind. Um die Schwingungen gut hörbar, und somit für das Mikrophon messbar zu machen, verwenden Sie den in 2 gefundenen Trick. Dann sollte eine Messung möglich sein.

   Hinweis: Messen Sie nicht nur eine Periode. Die Messung wird genauer, wenn Sie mehrere Perioden messen und dann umrechnen. Am besten eignet sich ein Speicher-KO, bei dem man das Bild festhalten kann. Das ist praktisch, da die vom KO dargestellte Schwingung bei laufender Messung recht verrüttelt und somit kaum genau messbar ist. Meist muss man ein paar Stichproben machen, bis man eine Position der Schwingungen erwischt.

4. Zwei der Stimmgabeln haben eine Vorrichtung, mit der die Gabeln „verstimmt“ werden können. Es handelt sich um ein Gewicht, das mit einer Schraube an beliebigen Stellen der Gabel befestigt werden kann. Ist der Ton am tiefsten, wenn das Gewicht ganz oben oder zuunterst ist? Warum?

5. Stellen Sie den ungefähren Frequenzbereich fest, den Sie mit dieser Verstimmvorrichtung abdecken können.

6. Wenn Sie zwei gegeneinander leicht verstimmte Stimmgabeln gleichzeitig anschlagen, so treten sogenannte Schwebungen auf. Wegen dem leichten Frequenzunterschied der beiden Gabeln gibt es periodische Auslöschungen und Verstärkungen der Schallwellen. Das ist auch mathematisch leicht einzusehen: zwei Sinusschwingungen überlagern sich. Diese Summe lässt sich mit einer goniometrischen Formel anders ausdrücken:

$$y = y_0 \cdot \sin(\omega_1 t) + y_0 \cdot \sin(\omega_2 t) = 2y_0 \cdot \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \cdot t\right) \cdot \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \cdot t\right)$$

In dieser Darstellung erkennt man: Das Argument des Kosinusanteils dieses Ausdrucks hängt vom Frequenzunterschied der beiden Sinusschwingungen, das Argument des Sinusanteils von der Summe der beiden Frequenzen. Liegen nun $\omega_1$ und $\omega_2$ nahe beieinander, so ist deren Differenz klein, also nahe bei 0, deren Summe relativ dazu gross. Der Kosinusanteil stellt somit eine sog. "Einhüllende" der Überlagerung dar, die eine grosse Periodendauer hat. Dies ist die hörbare Schwebung.

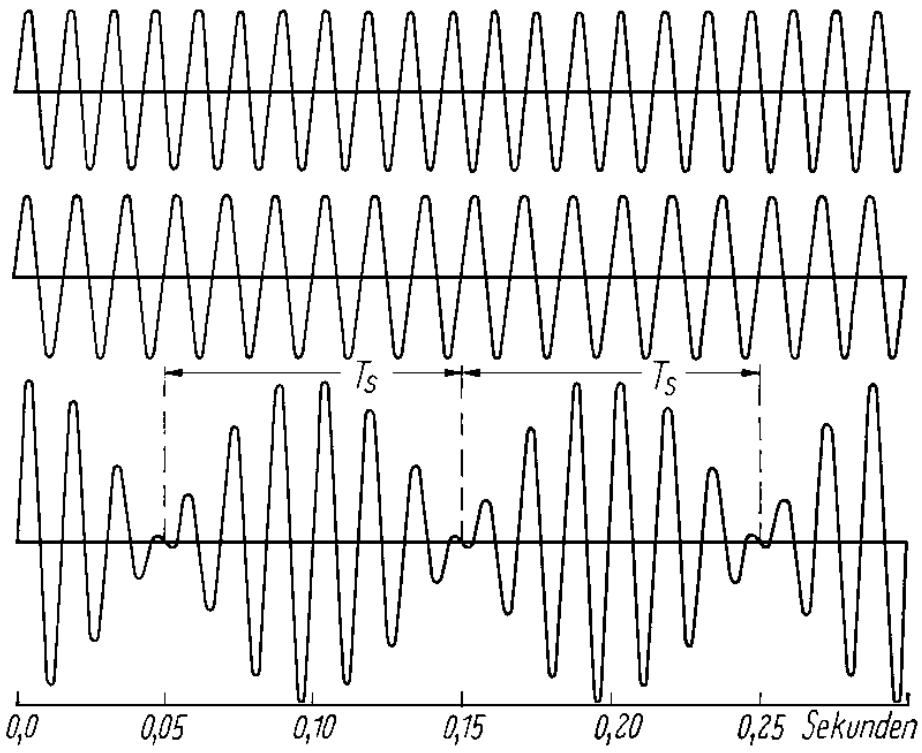



*Abbildung 2 oben: Gabel 1, Mitte: Gabel 2 (leicht anderer Frequenz), unten: Schwebung (Bergmann Schäffer 179)*

Versuchen Sie, eine Schwebungen am KO schön sichtbar zu machen. Falls der KO über einen Drucker verfügt, so drucken Sie die Schwebung aus, sonst zeichnen Sie das Bild der Schwebung, so gut wie möglich, von KO ab.

7. Nun bestimmen Sie noch die Frequenz der Schwebung. Dazu gibt es zwei Methoden: Zuerst schätzen Sie die Frequenz der Schwebungen ab, indem Sie einfach hinhören und zählen, wie oft eine Schwebung pro Sekunden auftritt. Das ergibt natürlich nur einen ungefähren Wert. Dann messen Sie die Frequenz der Schwebung noch am KO und vergleichen Ihre beiden Werte. Der am KO gemessene Wert sollte einigermassen genau sein.

## Arbeitsblatt

1. Warum sind Stimmgabeln mit Resonanzkörper lauter als Stimmgabeln ohne?

_____

_____

_____

2. Wie können Sie den leisen Stimmgabeln mehr Lautstärke geben?

_____

_____

| 3. | Messung 1 | Messung 2 | Messung 3 | Mittelwert |
|---|---|---|---|---|
| 1. Stimmgabel: | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 2. Stimmgabel: | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 3. Stimmgabel | _____ | _____ | _____ | _____ |

4. Ist der Ton am tiefsten, wenn das Gewicht ganz oben oder zuunterst ist?

_____

Warum ?

_____

_____

5. Frequenzbereich einer verstimmbaren Gabel _____ Hz - _____ Hz

6. Bild der Schwebung:

7. Ihre Abschätzung der Schwebungsfrequenz: _____ Hz, Messung mit KO: _____ Hz

## Materialliste

- 2 verstimmbare Stimmgabeln mit Resonanzkörper,
- Gummihämmerchen,
- verschiedene andere höhere und tiefere Stimmgabeln ohne Resonanzkörper,
- KO mit Mikrophon.