

Wie schwingt eine Stimmgabel?

Schwingung der Zinken

Die Zinken einer Stimmgabel schwingen hin und her, stoßen periodisch Luftmoleküle an und erzeugen dadurch eine Schallwelle in Luft.

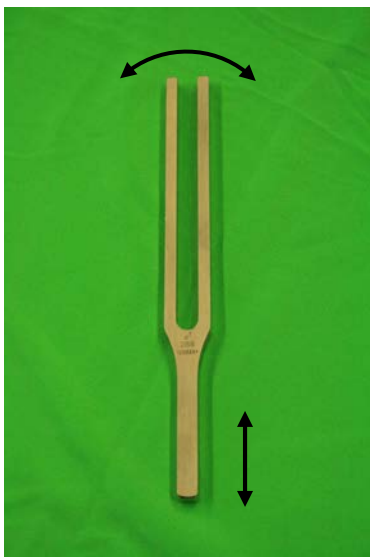
Die Schwingung der Zinken kann man sehr gut in Aufnahmen mit der Hochgeschwindigkeitskamera sehen und auch mit Videoanalyse auswerten – man erhält so die Schwingungsfrequenz der Stimmgabel, die natürlich der Frequenz des hörbaren Tones entspricht.

Den Hochgeschwindigkeitsfilm kann man sich von den WEB-Seiten der Physik herunterladen unter: www2.physik.uni-bielefeld.de/filme.html

Resonanz

Warum ist der Ton – sogar besonders laut – zu hören, wenn man den Stimmgabelstiel an einen Körper, z. B. eine Tischplatte hält? Die große Lautstärke ist natürlich ein Resonanzeffekt: Es wird eine Eigenfrequenz der Tischplatte angeregt, die gesamte Tischplatte beginnt mit dieser Frequenz zu schwingen und es werden viel mehr Luftmoleküle angestoßen, als von den kleinen Stimmgabelzinken allein – die Lautstärke des dabei erzeugten Schalls ist größer. Aber: die Tischplatte kommt ja gar nicht mit den schwingenden Zinken der Stimmgabel in Berührung (die würden ja auch sofort aufhören zu schwingen). **Wie wird die Schwingung eigentlich auf die Tischplatte übertragen?**

Schwingung des Stimmgabelstiels



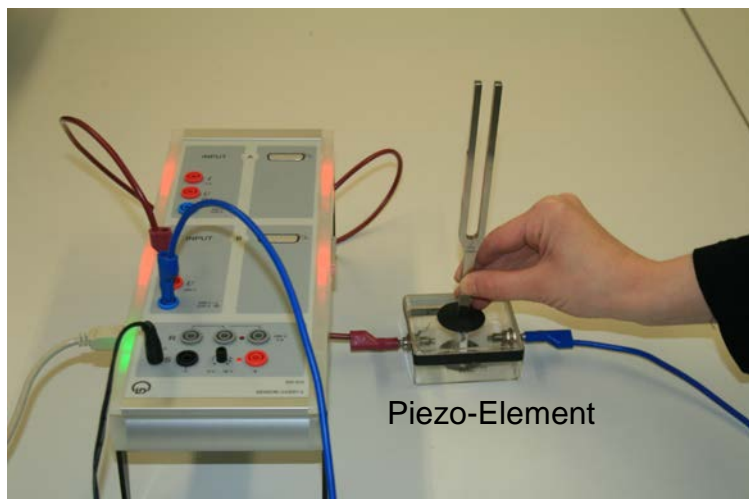
Die Zinken der Stimmgabel schwingen periodisch mal nach außen und mal nach innen (siehe Hochgeschwindigkeitsfilm). Dabei wird der Stimmgabelstiel periodisch nach oben gezogen und nach unten gedrückt. Er übt dadurch eine periodische Kraft auf die Tischplatte bzw. den Körper aus, auf den er gehalten wird und regt diesen damit zu einer Schwingung derselben Frequenz an.

Die periodische Kraft des Stimmgabelstiels kann man mit schulischen Mitteln einfach messen und zeigen, dass die Schwingung des Stimmgabelstiels dieselbe Frequenz wie die Zinken bzw. der entstandene Ton hat.

Messung der Schwingung des Stimmgabelstiels

Die periodische Kraft, die der Stimmgabelstiel ausübt, wird mit Hilfe des piezoelektrischen Effekts gemessen: Wenn auf bestimmte Kristalle (z. B. Quarz) Druck oder Zug ausgeübt wird, entsteht eine elektrische Spannung zwischen zwei Seiten des Kristalls. Das wird auch ausgenutzt in Feuerzeugen und Gasanzündern, bei denen durch Druck so hohe Spannungen erzeugt werden, dass ein Zündfunken entsteht. Auch die Schwingquarze in Uhren nutzen den piezoelektrischen Effekt.

Lehrmittelfirmen, wie z. B. Leybold, liefern Piezoelemente (siehe Foto). Das Piezoelement kostet bei Leybold 166,60 € (inkl. MWSt, Stand: 25.9.2012). Häufig sind die Dinger auch in Schulsammlungen vorhanden. Das Gerät besteht aus einem piezoelektrischen Kristall, der in einer Plexiglasdose eingeklemmt ist. Ober- und Unterseite des Kristalls, zwischen denen bei Druck eine Spannung entsteht, sind kontaktiert. Die Spannung kann an zwei Bananenbuchsen abgegriffen werden.



Versuchdurchführung:

- Piezo-Kristall an Gerät zur Aufzeichnung von Wechselspannung anschließen (Oszilloskop, PC mit Cassy-System, Taschenrechnermesssystem....)
- Trigger setzen, sodass Messung erst gestartet wird, wenn Stimmgabelstiel Druck auf Piezo ausübt
- Messung starten
- Stimmgabel anschlagen
- Stiel der schwingenden Stimmgabel auf den Piezo-Kristall drücken
- Wechselspannung abgreife

Messungsparameter:

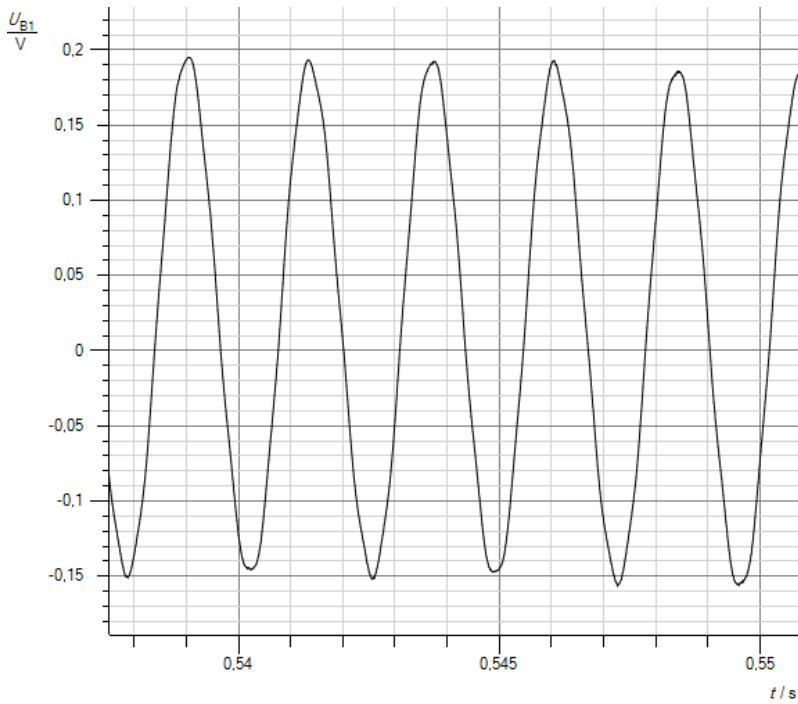
Messintervall: 100 μ s reicht, bei Cassy geht auch 10 μ s

Messzeit: Cassy 1s oder auch weniger, TI-Rechner: 300 Messpunkte reicht

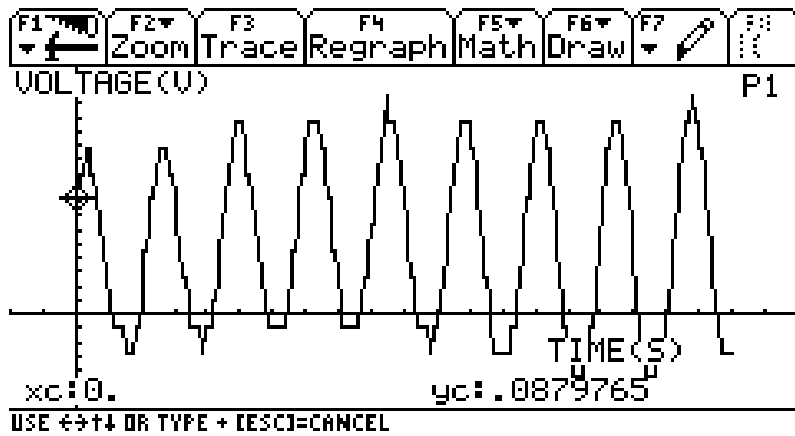
Trigger: Triggerung auf die Spannungsmessung bei steigender Spannung, Start bei $U = 0.05$ V, „Pretrigger“ oder „prestore“ nicht erforderlich, da der eigentliche Messanfang gar nicht interessiert

Cassy: Kann man noch den Messbereich für die Spannung voreinstellen, - 1....+1 V ist hier o. k.

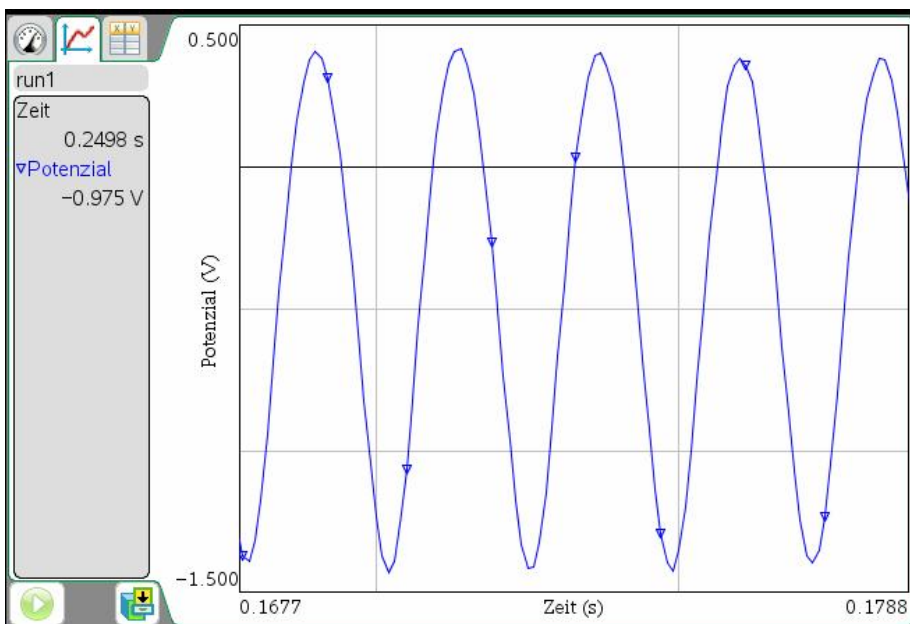
Messbeispiele siehe unten. Aus 3 Messungen mit Auswertung über jeweils 10 willkürlich ausgewählte Perioden habe ich z. B. eine Frequenz von 426,5 Hz ermittelt. Eingestanzt in die Stimmgabel ist 426,6 Hz.



Messung mit Cassy-System,
Stimmgabel a, 426,6 Hz



Messung mit TI-Voyage,
Stimmgabel d, 288 Hz



Messung mit TI-nspire
Stimmgabel 426,6 Hz