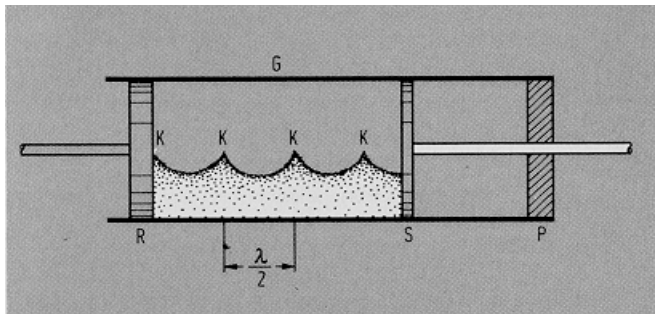


Stehende Wellen im Gartenschlauch

Ein Kundtsches Rohr mit minimalen Mitteln

Eleonore Weitensfelder

Stehende Longitudinalwellen - Kundtsches Rohr



Mit diesem Experiment ist es möglich, stehende Schallwellen sichtbar zu machen.

Entlang eines Glasrohres G wird Pulver (z.B. Mehl) verteilt. In das eine Ende des Rohres ragt ein in seiner Mitte (bei P) fest eingespannter Glas- oder Metallstab von ca. 1 m Länge. Die am Glasstab angebrachte Korkscheibe S soll das Glasrohr nicht berühren.

Reibt man den Glasstab mit einem Lederlappen, entsteht ein lauter, hoher Ton: im Stab entsteht eine stehende Longitudinalwelle (Knoten in der Mitte P, Bäuche an den freien Enden). Die Schwingungen des Glasstabes werden durch die Scheibe S auf die Luft übertragen. Sie breiten sich in der Luft des Rohres aus und werden am Stempel R reflektiert. Durch Interferenz zwischen ursprünglicher und reflektierter Welle bilden sich stehende Wellen aus, die durch das hineingebrachte Pulver sichtbar werden:

An den Stellen der Luftbewegung, d.h. an den Bewegungsbäuchen, gerät das Pulver in Bewegung, und dort gleitet es nach unten, während es an den Bewegungsknoten K in Ruhe bleibt. Die stehende Welle im Rohr kommt natürlich nur dann zustande, wenn durch Verschieben des Stempels R die Länge der Luftsäule auf eine passende Größe abgestimmt wurde.

Der Versuch kann auch mit rechts offenem Ende der Glasröhre ausgeführt werden. Zur Anregung kann bequemer ein kleiner Lautsprecher oder eine Pfeife verwendet werden.

Das selbstgemachte Kundtsche Rohr

Ich möchte berichten, wie gut der Versuch gelingt, ohne das Inventar des Physiksaales zur Verfügung zu haben, wie es wegen der Umbauarbeiten an unserer Schule gerade der Fall ist.

Das Rohr: ein durchsichtiger Gartenschlauch von maximal 35 cm Länge. (Rohrdurchmesser: 16 mm lichte Weite; erhältlich u. a. bei Bauhaus)

Das Pulver: Korkmehl

Die Schallquelle: eine Trillerpfeife, erhältlich im Spielwaren-

geschäft.

Der Rohrverschluss: ein Paint-Marker

Gefaltetes Papier zum Einfüllen des Pulvers

Stricknadeln zum Verteilen des Pulvers und Fixieren des üblicherweise gebogenen Schlauchstückes.

Versuchsdurchführung



Der Schlauch - er sollte nicht zu lang sein, damit die reflektierte Schallwelle nicht zu schwach zurückkehrt, wird mit dem Korkpulver gefüllt. Zum gleichmäßigen Verteilen des Pulvers eignet sich eine lange Stricknadel. Eine zweite Stricknadel eignet sich als Schiene für den Schlauch, der ja sonst eine recht starke Krümmung aufweist.

Der Schlauch wird also mit Tixostreifen an der Stricknadel befestigt. In das Ende steckt man den Paint-Marker, der den Schlauch abschließen soll; allerdings muß er sich darin verschieben lassen.

Nun bläst der Pfeifer in die Pfeife. Dabei ist zu beachten: Die Pfeifenöffnung muß sich neben dem Schlauchanfang befinden, trotzdem darf in den Schlauch nicht direkt hineingeblasen werden. Es soll ja kein Luftstoß das Pulver durcheinanderwirbeln, sondern periodische Verdichtungen und Verdünnungen sollen sich zu einer stehenden Welle formieren können.

Da die Frequenzen der Pfeife vorgegeben sind, muß nun die Länge der Luftsäule abgestimmt werden: Das Verschieben der Paint-Markers am Rohrende bringt bald den gewünschten Erfolg.

Es genügen Pfeiftöne von ein bis eineinhalb Sekunden Dauer, um bei passend getroffener Länge die Schwingungsbäuche zu erzeugen.

Mein persönlicher Tip für die Trillerpfeife aus der Abbildung: Vom Rohranfang bis zum Abschluß durch den Paint-Marker befinden sich 28 cm Länge.

In den Schwingungsbäuchen tanzt das Mehl und bildet bizarre Rillenmuster. Die Muster kann man noch nach Aufhören des Pfeifens sehen. Der Abstand zwischen zwei Bäuchen, beträgt 8 cm. So läßt sich die Grundfrequenz der Pfeife berechnen, wenn man als Schallgeschwindigkeit 334 m/s annimmt.
(aus $334 = 2 \times 0,08 \times f$ folgt: Frequenz $f = \frac{334}{2 \cdot 0,08} = 2086 \text{ Hz}$).

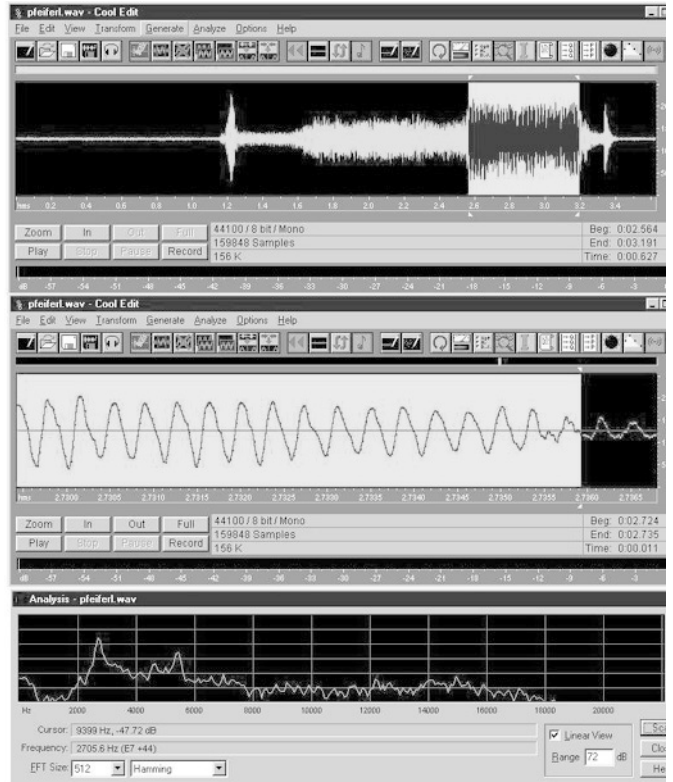
Anmerkung

Die ausgeprägten Rillen mit den ganz besonders hoch aufgewirbelten Begrenzungen müssen von den Obertönen der Pfeife stammen. Da die Abmessungen derart schmal sind, die zugehörigen Wellenlängen somit im Millimeterbereich liegen, sendet meines Erachtens nach diese Pfeife auch Ultraschallwellen aus. Entsprechend der Formel für die transportierte Energie einer Schallwelle - die mit dem Quadrat ihrer Frequenz wächst - wundert mich diese intensive Dünenbildung nicht mehr.

Ich danke meinem Kollegen Herrn OStR. Mag. Franz Sprenger vom BG. Lerchenfeldgasse für die praktischen Tips zur Versuchsdurchführung.

Literatur und Bildquellen

- Höfling, O.: Physik. *Lehrbuch für Unterricht und Selbststudium*. Würzburg 1979.
Schreiner, J.: *Lehrbuch der Physik für die Oberstufe der allgemeinbildenden höheren Schulen*. 2. Teil. Wien 1971.
Sexl, R. et. al.: *Physik*. Teil 2 A. Wien 1983.
Tipler, P. A.: *Physik*. Heidelberg 1994.



Analyse des Geräusches einer Trillerpfeife mit COOL96.
oben: Mikrophonsignal, Mitte: Wellenform des Signals, unten: Spektrum (bei einer typischen Trillerpfeife, Grundfrequenz ca. 2700 Hz)
Quelle für COOL96: <http://www.syntrillium.com>

Österreichische Physikalische Gesellschaft Programmübersicht der Haupttagung 1999

Mittwoch, 22. September 1999

- 9:00 Begrüßung und Eröffnung
- 9:15 Tokamak und Stellarator - zwei Wege zum Fusionsreaktor (F. Wagner, Garching)
- 10:00 Kohärente Tera-Hertz Quellen (E. Gornik, Wien)
- 11:15 Preisverleihung
- 11:30 Halbleiter-Cluster auf Oberflächen (K.Sattler, Hawaii)
- 14:00 Quantum Information Processing (I. Cirac, Innsbruck)
- 14:45 Quantum Computation with Mesoscopic Josephson Junctions (J.E. Mooij, Delft)
- 16:00 Vortrag Ludwig Boltzmann Preisträger
- 16:30 Jahreshauptversammlung
- 17:30 Postersitzung
- 20:15 Forschungsförderung und Forschungspolitik in Österreich am Beispiel Physik (A. Schmidt, Wien; öffentlicher Abendvortrag)

Donnerstag, 23. September 1999 (Lehrertag)

- 8:30 Präsentation Fachbereichsarbeiten
- 9:00 Teilchenphysik und Kosmologie (F. Pauss, Zürich)
- 9:45 Planetary Nebulae - the late Phases in the Evolution of Stars (H. Mendez, München)
- 11:00 Mass Spectrometry of Fullerenes (C. Lifshitz, Israel)
- 11:45 Warum sich Pflanzen gegen Eindringlinge wehren ... bis hin zur Quantifizierung des Passivrauchens - Untersuchungen mit einer neuen physikalischen Methode: Protonen-Transfer-Reaktions-Massenspektrometrie (W. Lindinger, Innsbruck)
- 14:15 Hadronentherapie (T. Auberger, Innsbruck)
- 15:00 Vortrag Victor Hess Preisträger
- 15:15 Vortrag Karlheinz Seeger Preisträger
- 16:00 Der Physikunterricht in der Krise? (R. Duit, Kiel)
- 16:45 Vortrag der Roman Ulrich Sexl-Preisträger (H. Heimel, Steyr und E. Kohaut, Wien)

Ort: Universität Innsbruck, Naturwissenschaftliche Fakultät, Technikerstr. 25, 6020 Innsbruck

Tagungsbeitrag: entfällt für Lehrer.

Als Fortbildung empfohlen vom BMUKA mit Erlaß GZ 37.849/8-I/2b/99.