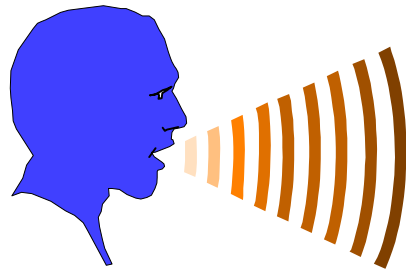


Physik & Musik



7



Schallgeschwindigkeit

1 Auftrag

Schallgeschwindigkeit

Bearbeitungszeit: 30 Minuten

Sozialform: Einzel- oder Partnerarbeit

Einleitung

Haben Sie schon einmal jemanden beobachtet, der weit entfernt Holz spaltete? Dann ist Ihnen sicher aufgefallen, dass Sie zuerst den Aufprall des Beiles auf das Holz sehen, den Knall aber erst etwas später hören. Der Schall braucht eine gewisse Zeit, um vom Holz bis zu Ihnen zu gelangen. Aber *wie schnell bewegt sich der Schall?*

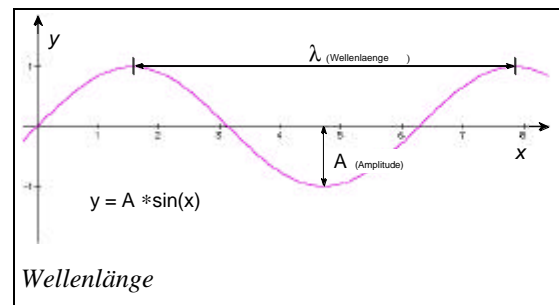
Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Schallgeschwindigkeit zu messen. Die einfachste ergibt sich aus dem Beispiel von oben. Sie messen einfach die Distanz zum Holzspalter und die Zeit, die der Schall braucht, um bis zu Ihnen zu gelangen. Die Geschwindigkeit können Sie dann ausrechnen. Dies nennt man Laufzeit-Methode (engl.: Time of Flight Method).

An diesem Posten bestimmen Sie die Schallgeschwindigkeit mit einer etwas anderen Methode. Dafür lernen Sie eine besondere Eigenschaft der Schallwellen kennen, die *Überlagerung von Schallwellen*.

Wir brauchen zuerst zwei Definitionen:

Die **Frequenz** ist die Anzahl Wellen (Schwingungen), die jede Sekunde erzeugt werden.

Die **Wellenlänge** ist die Länge einer einzelnen Welle.



Aus der Wellenlänge und der Frequenz einer Schallwelle können Sie die Geschwindigkeit berechnen:

Beides miteinander multipliziert ergibt die Länge, die der Schall in einer Sekunde zurücklegt, also die Geschwindigkeit. Diese Gleichung sollten Sie kennen:

$$\text{Frequenz [1/s]} * \text{Wellenlänge [m]} = \text{Geschwindigkeit [m/s]}.$$

Bei diesem Versuch messen Sie die Wellenlänge. Die Frequenz geben Sie über eine Einstellung am Funktionsgenerator vor. Die Geschwindigkeit können Sie dann berechnen.

Arbeitsauftrag

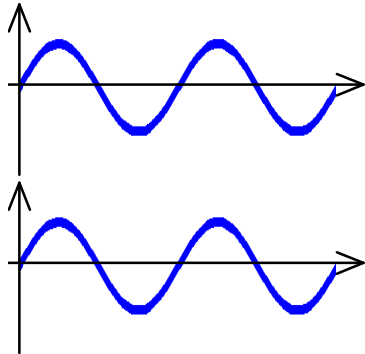
1. Lesen Sie den Abschnitt *Überlagerung von Schallwellen*.
2. Lesen Sie die *Beschreibung des Interferenzrohres*.
3. Stellen Sie den Funktionsgenerator auf *Sinusschwingung* und schalten Sie ihn ein.
4. Verändern Sie die Länge der beweglichen Röhre. Der Ton sollte dabei lauter und leiser werden. Sonst versuchen sie es mit einer anderen Frequenz.
5. Messen Sie die *Wellenlänge*. Wenn Sie nicht wissen, wie Sie das tun können, dann schauen Sie sich die Unterlagen noch einmal etwas genauer an. Überlegen Sie sich, wie Sie die Messung möglichst genau machen können.
6. Berechnen Sie die *Schallgeschwindigkeit*. Tragen Sie die Ergebnisse im *Antwortblatt* ein.
7. Wiederholen Sie die Messung und die Berechnung bei zwei anderen Frequenzen. Vergleichen Sie die Ergebnisse. Was fällt Ihnen auf? Beantworten Sie die Fragen auf dem Antwortblatt.
8. Nun noch eine kleine aber nützliche Anwendung der Schallgeschwindigkeit: Haben Sie sich auch schon mal gefragt, **wie weit weg das Gewitter tobt?** Nehmen wir an, dass wir einen Blitz einschlagen sehen. Nun beginnen wir die Sekunden zu zählen, bis wir den Donner hören. Mit dieser Zeitmessung und mit Kenntnis der Schallgeschwindigkeit können wir leicht die Entfernung des Gewitters bestimmen. Beschreiben Sie in 1-2 Sätzen wie das Resultat erhalten werden kann.

Überlagerung von Schallwellen

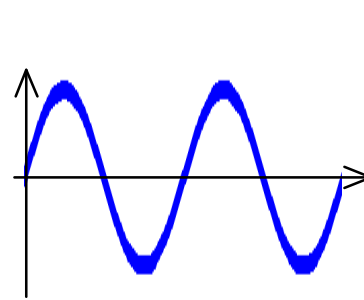
Schallwellen überlagern sich. Das bedeutet: Wenn an einem Ort zwei Schallwellen zusammentreffen, addieren sie sich. Das nennt man **Interferenz**.

Konstruktive Interferenz heisst, dass sich die Schallwellen verstärken. Das geschieht beispielsweise, wenn zwei genau gleiche Wellen zusammentreffen.

Zwei Schallwellen

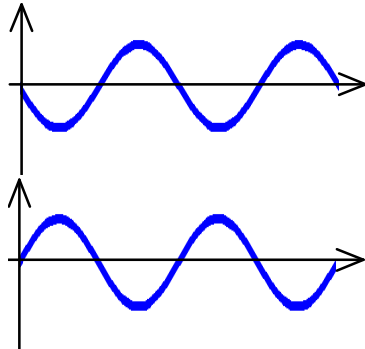


Die Summe der zwei Schallwellen

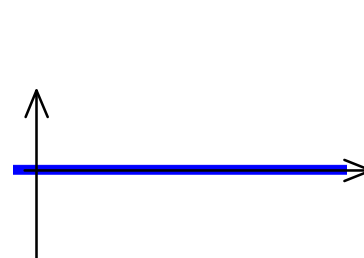


Man spricht von **destruktiver Interferenz**, wenn sich die Wellen gegenseitig auslöschen. Im Extremfall können sie sich vollständig auslöschen, wenn sie genau entgegengesetzt sind.

Zwei Schallwellen



Die Summe der zwei Schallwellen

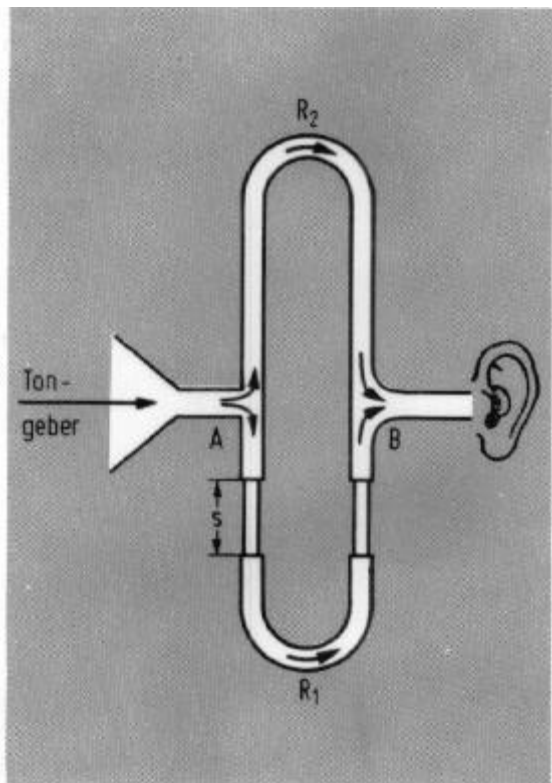


Sie sehen, der Unterschied zwischen konstruktiver und destruktiver Interferenz ist nicht gross.

Zwei gleiche Sinusschwingungen in Phase (das heisst die "Berge und Täler" sind am gleichen Ort) ergeben konstruktive Interferenz. Der Ton wird lauter.

Wenn wir aber die eine der beiden Schwingungen um eine halbe Wellenlänge verschieben, ergibt sich destruktive Interferenz: Man hört nichts mehr.

Beschreibung des Interferenzrohres



Interferenzrohr nach Quincke (Höfling, 249)

An diesem Posten haben Sie eine gebogene Röhre vor sich. Genauer gesagt sind es eigentlich zwei gebogene Röhren (R_1 und R_2), die den selben Eingang (A) und den selben Ausgang (B) haben. Bei einer dieser Röhren (R_1) kann wie bei einer Posaune die Länge verstellbar werden. Beim Eingang ist ein Lautsprecher angehängt. Hier kommt eine Schallwelle hinein. Diese Welle wird dann auf die zwei Röhren aufgeteilt. Es entstehen zwei Schallwellen. Beim Ausgang kommen diese zwei Wellen wieder zusammen. Sie können nun die verstellbare Röhre so einstellen, dass sich beim Zusammentreffen der zwei Schallröhren konstruktive oder destruktive Interferenz ergibt. Die Röhre wird deshalb auch **Interferenzrohr** genannt.

Konstruktive Interferenz ergibt sich, wenn

- beide Röhren gleich lang sind
- eine Röhre um 1, um 2, um 3 usw. Wellenlängen länger ist als die andere.

Zwischen zwei konstruktiven Interferenzen liegt also jeweils 1 ganze Wellenlänge. Der Ton ist bei konstruktiver Interferenz lauter.

Destruktive Interferenz entsteht, wenn

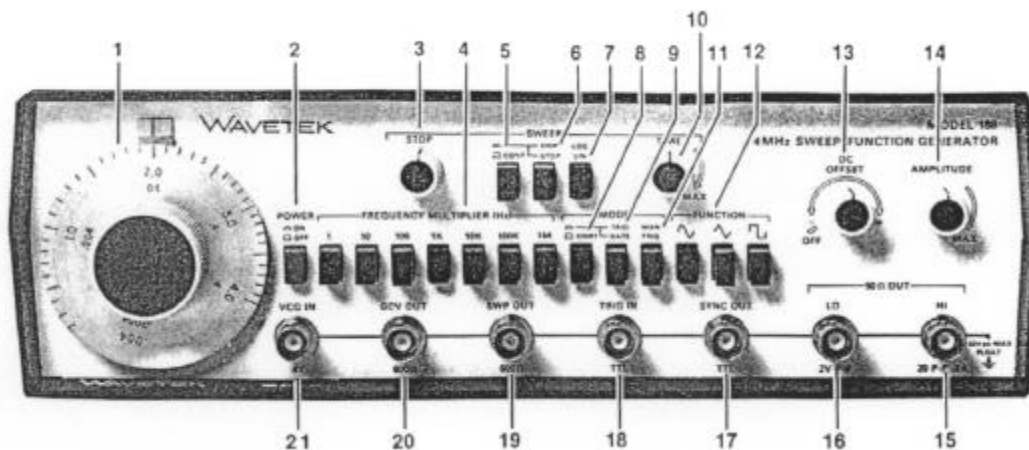
- eine der Röhren um $\frac{1}{2}$, um $1\frac{1}{2}$, um $2\frac{1}{2}$ usw. Wellenlängen länger ist als die andere.

Zwischen zwei destruktiven Interferenzen liegt also auch genau eine Wellenlänge. Der Ton ist bei destruktiver Interferenz leiser.

Auf der inneren Röhre von R_1 hat es Markierungen. Diese helfen Ihnen beim Messen. Die Markierungen sind jeweils 0.5 cm voneinander entfernt. Aber Achtung: Das Rohr verlängert sich an zwei Stellen. Wenn Sie das Rohr eine Markierung weit hinausziehen, wird es nicht nur 0.5 cm sondern 1 cm länger.

Dieses Gerät nennt man nach seinem Erfinder **Interferenzrohr nach Quincke**.

Kurzanleitung für den Funktionsgenerator WAVETEK



Der Funktionsgenerator erzeugt Spannungsschwingungen. Diese werden mit einem Lautsprecher in Töne umgewandelt.

Sie können die Frequenz der Schwingung einstellen und sie können die Form der Schwingung wählen.

Einstellen der Frequenz

Die Frequenz wird durch die Tasten **FREQUENCY MULTIPLIER** und den Drehknopf links eingestellt. Die Zahl auf dem Drehknopf (oben bei der Markierung) multipliziert mit der Zahl über der gedrückten Taste ergibt die Frequenz.

Beispiel:

Der Drehknopf zeigt 2.4. Die Taste 10K ist gedrückt

Die Frequenz ist $2.4 * 10 \text{ kHz} = 24 \text{ kHz} = 24'000 \text{ Hertz}$

Es werden also 24'000 Schwingungen pro Sekunde erzeugt.

Wahl der Schwingungsform

Mit den Tasten **FUNCTION** können Sie zwischen drei Schwingungsformen wählen:

- Sinusschwingungen
- Dreiecksschwingungen
- Rechtecksschwingungen

Mit dem Knopf Amplitude können Sie die **Lautstärke** einstellen.

Hören Sie sich ruhig einige der Töne an bevor Sie weiterfahren.

Arbeitsblatt

5./6./7.	Frequenz [Hz]	Wellenlänge [m]	Schallgeschwindigkeit [m/s]
1. Messung			
2. Messung			
3. Messung			

Wie verändert sich die Schallgeschwindigkeit mit der Frequenz?

Für wie genau etwa halten Sie ihre Messung? Geben Sie ein Maximum und ein Minimum für die Schallgeschwindigkeit in Luft an.

Maximale Schallgeschwindigkeit [m/s]	
Minimale Schallgeschwindigkeit [m/s]	

8. Wie können wir die Entfernung eines Gewitters bestimmen?

Materialliste

- 1 Interferenzrohr nach Quincke.
- 1 Funktionsgenerator WAVETEK MODEL 188 .
- 1 Lautsprecher.
- Verbindungskabel .