

# Habt ihr schon gewusst 251 ... Schallgeschwindigkeit in Wasser und Glas

Die Messung von Schallgeschwindigkeiten ist ein motivierendes – aber auch anspruchsvolles – Experiment.

In der Klasse 7/8 bieten sich hier folgende Möglichkeiten an:

- Sportplatzmethode ...** Die Teams bekommen Stoppuhren, ein Maßband, einen großen Kochlöffel (oder ein Brett) und einen Kochtopf. Der Schallerzeuger (Schlag mit dem Kochlöffel gegen den Kochtopf) steht hinreichend weit von den Schallempfängern entfernt, die mit der Stoppuhr die Schalllaufzeit  $\Delta t$  messen. Die vom Schall zurück gelegte Strecke  $\Delta s$  wird mit dem Maßband bestimmt (oder nur abgeschritten). Der Quotient  $\Delta s/\Delta t$  liefert bei hinreichend großer Schall-Laufzeit die Schallgeschwindigkeit.
- Trommelmethode ...** Die Beobachter bleiben stehen, während ein Trommler sich trommelnd von der Beobachter-Gruppe entfernt. Das Trommeln erfolgt in einem 1-Sekunden-Rhythmus, wobei jeder 5. Schlag nicht auf die Trommel ausgeführt wird, sondern als „Luftschlag“ – also einer Bewegung in die Luft - erfolgt, so dass dieser Schlag von den Beobachtern deutlich gesehen, aber dabei kein Schall erzeugt wird. Die Beobachtung zeigt bei einer Entfernung von etwas mehr als 300 Meter, dass der „Luftschlag“ mit einem Trommelschlag zusammen fällt.
- Soundkarten-Variante ...** Die Soundkarte ermöglicht eine Zeitmessung im  $\mu$ -Sekundenbereich, so dass die Schallgeschwindigkeit auch bei relativ kurzen Laufstrecken möglich sind. Mit einer Soundkarte, die ein Stereo-Mikrofoneingang besitzt, kann man zusammen mit der Software „Goldwave“ die Schallgeschwindigkeit folgendermaßen messen: Man befestigt die beiden Mikrofone in einem Abstand  $\Delta s$  voneinander. Löst man nun mit einer Knallpistole oder durch Händeklatschen usw. einen Knall aus, so registrieren die beiden Mikrofone die Schallsignale in einem Abstand von  $\Delta t$  voneinander. Der Quotient  $\Delta s/\Delta t$  ergibt die Schallgeschwindigkeit.  
Befestigt man die beiden Mikrofone an einer möglichst langen Stativstange  $\Delta s$  aus Stahl, Aluminium, Kupfer, Messing oder Holz und schlägt mit einem Hammer gegen das eine Ende der Stange (ohne das Mikrofon dabei zu treffen ☺), dann registrieren die beiden Mikrofone das Schallsignal wieder mit einer Zeitdifferenz  $\Delta t$ . Die Schalllaufzeit in den verschiedenen Stoffen ergibt sich wieder zu  $c = \Delta s/\Delta t$   
Eine schöne „Heimvariante“ ergibt sich, wenn die SuS die beiden Mikrofone in einem Abstand  $\Delta s$  voneinander auf den Schreibtisch legen und mit der Soundkarte in ihrem Heimcomputer die zugehörige Schalllaufzeit  $\Delta t$  bestimmen. Aus den Ergebnissen der Heimexperimente der SuS, die sie dann in den Unterricht mitbringen, kann man auf das Material schließen (Holzplatte, Eisenplatte, Glasplatte usw.), aus denen die Schreibtischplatte zu Hause besteht.
- Kurzzeitmess-Methode ...** soll hier nicht beschrieben werden ... Die zugehörige Messmethode wird in den Versuchsanleitungen von Leybold, Neva oder Phylwe beschrieben, die bei den entsprechenden Geräten mitgeliefert werden.
- Galilei-Methode** Galilei wollte mit der nach ihm benannten Methode die Lichtgeschwindigkeit bestimmen. Er scheiterte, weil die hierfür nötigen Distanzen zwischen den Bergen in Italien kaum erreicht werden. Man kann diese Methode nun auf die Schallgeschwindigkeit übertragen. Zwei Personen stehen Rücken an Rücken. Die Person A klatscht in die Hände. Wenn die Person B dieses Klatschen hört, klatscht sie ebenfalls in die Hände. Wenn nun die Person A das Klatschen der Person B hört, klatscht die Person A wieder in die Hand usw. Eine Person C misst die Zeit, die zwischen dem ersten und dem 20ten Klatschen vergeht. Dieses Experiment wird zunächst beim Abstand  $\Delta s$  durchgeführt. Dann wird das Experiment mit steigendem Abstand  $\Delta s$  wiederholt. Es liegt auf der Hand, wie man nun unter Berücksichtigung der Reaktionszeit (beim Abstand  $\Delta s=0$ ) die Schallgeschwindigkeit bestimmen kann ... genaue Werte ergeben sich allerdings unter zwei Bedingungen: Die Klatscher schaffen es, rhythmisch zu klatschen ... also immer mit einem gleichbleibenden Bewegungsablauf, bei hinreichend großem Abstand und hinreichend vielen Wiederholungen.  
Wesentlich ist hierbei nicht der genaue Messwert, sondern das erlebte Gefühl, dass die Zeiten immer größer werden, weil der Schall bei großen Entfernungen  $\Delta s$  eine endliche Zeit  $\Delta t$  benötigt, um von einer Person zur anderen Person zu kommen.
- Lautsprecher-Mikrofon-Methode ...** Ein Sinusgenerator liefert ein Schallsignal direkt auf den Kanal I des Oszilloskops und auf einen Lautsprecher. Ein Mikrofon empfängt in eine Entfernung  $s$  das Signal und liefert es auf den Kanal II des Oszilloskops. Verändert man nun die Entfernung Mikro Lautsprecher um  $\Delta s$ , dann verschieben sich die beiden Kurven auf dem Oszilloskopschirm um  $\Delta t$ .  $c$ -Schall ergibt sich als Quotient  $\Delta s/\Delta t$
- Schall-Entfernungsmessgerät ...** unter erschwinglichen Kosten kann man sich aus dem Heimwerkermarkt Entfernungsmessgerät kaufen, die mit Schall arbeiten.  
Mit diesem Messgerät kann man die Entfernungen – z.B. Länge, Breite, Höhe eines Zimmers ausmessen. Diese Messgeräte bestimmen die Entfernung  $\Delta s$ , in dem die Laufzeit  $\Delta t$  des Schallsignals ermittelt wird und der eingebaute Prozessrechner aus dieser Laufzeit und der eingespeicherten Schallgeschwindigkeit  $c$  die Entfernung  $\Delta s = c_L \cdot \Delta t_L + s_G$  [I] bestimmt ( $s_G$  = Gerätelänge).  
Füllt man nun den Raum mit einem Gas mit anderer Laufzeit, oder misst man bei einer anderen Temperatur, dann ergibt sich ein scheinbar falscher Messwert  $\Delta s^*$ , weil der Prozessrechner mit der „falschen Schallgeschwindigkeit“ misst. Die hierbei auftretende Geschwindigkeit  $c^*$  unter diesen Umständen in einem veränderten Medium ergibt sich aus den beiden Gleichungen [I] und [II]  $\Delta s^* = c_L \cdot \Delta t_M + s_G$  zu:  $c_M = (\Delta s - s_G) / (\Delta s^* - s_G) \cdot c_L$

Diese Schallexperimente kann man nun zu einem geeigneten späteren Zeitpunkt aufgreifen und bzgl. der Lichtgeschwindigkeit in Analogie zu diskutieren.

## Arbeitsaufträge

- [ 01 ] **Erinnern Sie sich, welche Messmethoden für die Schallgeschwindigkeit im Unterricht diskutiert wurden. Beschreiben Sie diese Methoden.**
- [ 02 ] **Welche dieser Methoden kann man auf die Licht-Geschwindigkeitsmessung übertragen? Warum kann man welche der obigen Methoden nicht übertragen?**
- [ 03 ] **Planen und organisieren Sie Experimente zur Licht-Geschwindigkeitsmessung.**
- [ 04 ] **Diskutieren Sie die Analogie und den Unterschied zwischen Schall und Licht.**
- [ 05 ] **Dokumentieren Sie Ihre Ergebnisse und organisieren Sie eine passende Präsentation!**

## Messmethoden

### Impulsmethode

Ein Gerät liefert Lichtimpulse, die durch die Luft oder das Medium laufen. Durch eine Frequenzreduktion kann man die Laufzeitunterschiede auf einem Oszilloskop sichtbar machen. Aus der Lichtlaufstrecke  $\Delta s$  und der korrigierten Lichtlauf-Zeit  $\Delta t$  kann man die Lichtgeschwindigkeit bestimmen.

### Laser-Entfernungsmessgerät

... unter erschwinglichen Kosten kann man sich aber auch ein Laser-Entfernungsmesser von Bosch PLR 30 kaufen, bei dem amplituden modulierte Laserimpulse ausgesandt werden und der reflektierte, phasenverschobene Laserpuls aufgefangen wird. Aus der Phasenverschiebung kann man auf die Lichtlaufzeit schließen.

Analog zum Ultraschall-Entfernungsmessgerät kann man die Lichtgeschwindigkeit in einer Wassersäule oder in einem Plexiglasblock messen. Die Gleichungen können von oben übernommen werden.

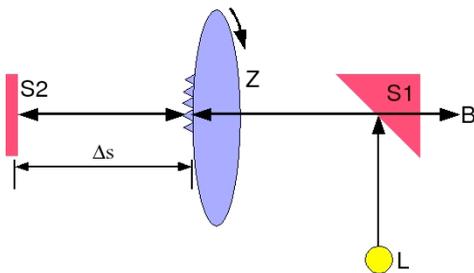
Auf diese Weise kann man den Brechungsindex dieser Materialien bestimmen.

### Michelsoninterferometer

Baut man ein Michelsoninterferometer auf und bringt eine Glaskammer mit einem Medium ungleich Luft ein, so wird sich das Interferenzmuster um eine bestimmte Anzahl von Wellenlänge verschieben. Aus dieser Wellenlängenverschiebung kann man auf die Schallgeschwindigkeit des Mediums in der Kammer schließen. Informationen siehe Gebrauchsanweisung des Michelsoninterferometers.

**Zahnradmethode** ... falls die Geräte in der Physiksammlung zur Verfügung stehen ...

siehe → <http://de.wikipedia.org/wiki/Zahnradmethode>



**Rotierender Spiegel** ... falls die Geräte in der Physiksammlung zur Verfügung stehen ...

### Astronomische Methoden ...

- Verfinsterung der Jupitermonde siehe Schulbuch
- Aberration siehe → [http://de.wikipedia.org/wiki/Aberration\\_\(Astronomie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Aberration_(Astronomie))