

Messung der Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Medien mit dem PC

Kursarbeit Ersan Öztürk, Wolfgang Köntges 11.04.2013

1. Benötigte Materialien:

- Papprohr von mindestens 1m Länge, das außen mit entsprechendem Material gedämpft werden sollte (Decke, Plastiktischdecken). Das Rohr sollte an einem Ende geschlossen und an dem anderen offen sein. Notfalls stabile Pappscheibe ankleben.
- Mikrofon (z.B. von einem Headset)
- PC, auf dem Scope oder Audacity installiert ist.

2. Aufbau:

- Man umwickle das Rohr mit dem dämpfenden Material, falls nicht schon geschehen.
- Das Rohr senkrecht auf den Boden stellen und mit dem gewünschten Medium (Luft, Argon, CO₂, Wasser) füllen. Das Rohr muss vollständig mit dem Medium gefüllt sein (Überprüfung bei Argon oder CO₂ mit einem Streichholz möglich).
- Das Mikrofon muss an die offene Seite des Rohrs platziert werden und an den Mikrofoneingang des PC angeschlossen werden.
- Danach das Programm Scope/Audacity starten.

3. Messprinzip und Durchführung:

Die Schallgeschwindigkeit in dem entsprechenden Medium soll durch Reflektion von Schallwellen an den Rohrenden gemessen werden. Dazu wird ein kurzes akustisches Signal an der Öffnung des Rohres (wo sich auch das Mikrofon befindet) erzeugt. Dies kann durch Tippen mit einem Kugelschreiber auf das Rohr geschehen, durch leichtes Aneinanderschlagen von Stiften oder auch durch Knallen mit einem Ledergürtel. Wichtig ist es dabei, ein möglichst deutliches, kurzes Signal zu erzeugen. Die Dämpfung des Rohrs soll dabei verhindern, dass das Papprohr selbst die Schallwellen transportiert. Je länger das Rohr ist, desto länger kann auch das Signal sein. Am besten probiert man mehrere Möglichkeiten vorher aus.

Das akustische Signal wird am verschlossenen Ende des Rohres reflektiert und gelangt wieder an das offene Ende des Rohres, wo es einerseits wieder teilweise reflektiert und des Weiteren auch vom Mikrofon registriert wird. Dazu muss bei Scope die Triggeroption **Single** gewählt und die Triggerschwelle bei etwa 0,01 gesetzt werden. Die Amplitude und die Zeit sollten so eingestellt werden, dass das Signal gut zu erkennen ist. Am besten vorher ein paar Mal ausprobieren. Das Signal sollte dann auf dem Oszilloskopschirm von Scope als signifikante Störung zu erkennen sein, die in regelmäßigen Zeitintervallen registriert wird (siehe Beispiele unten).

4. Beispiele:

Für die Beispiele wurde ein Papprohr mit einer Länge von 140 cm verwendet, das mit einer Plastiktischdecke umwickelt war.

4.1 Luft

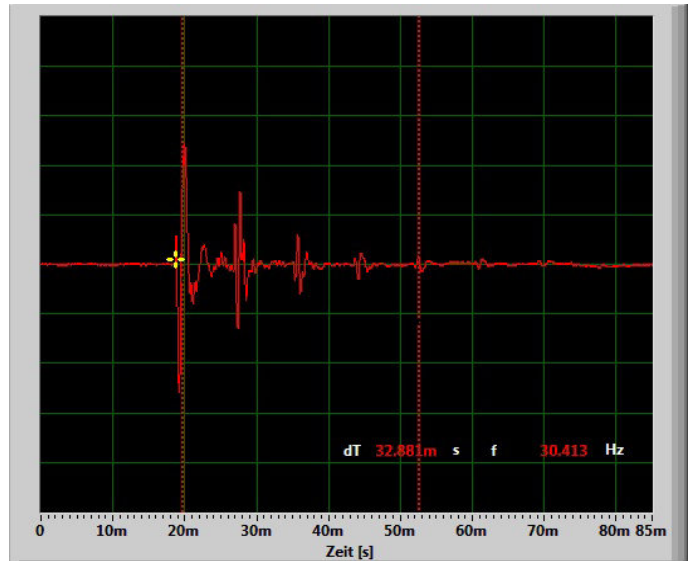
Man erkennt 5 signifikante Signale in der nebenstehenden Kopie des Oszillographenbilds. Somit hat das Signal 4 Mal den Weg von 2,8m zurückgelegt. Die mit dem Cursor gemessene gesamte Laufzeit beträgt 32,881 ms.

$$\Rightarrow v_{\text{Schall}} = \frac{4 \cdot 2,8\text{m}}{32,881 \cdot 10^{-3}\text{s}} = 341,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Der Literaturwert der Schallgeschwindigkeit in trockener Luft von 20 °C beträgt 343 m/s .

Die Abweichung ist erstaunlich gering.

Wir haben den Versuch etwa fünf Mal durchgeführt und ähnliche Ergebnisse erzielt. Somit könnte man in der Schule sogar eine Fehlerbestimmung durchführen.



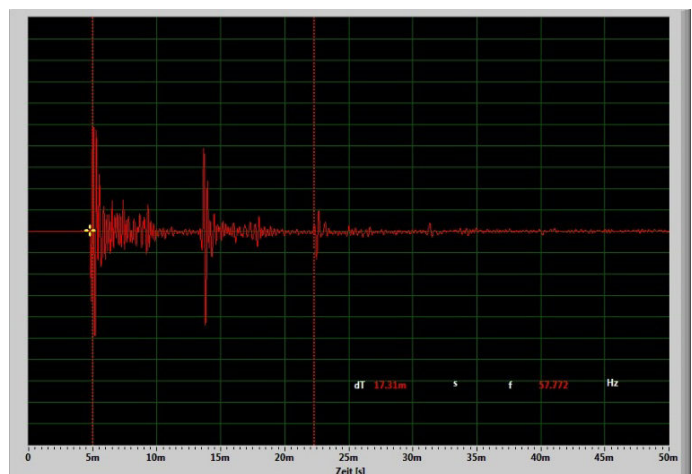
4.2 Argon

Man erkennt 3 signifikante Signale in der nebenstehenden Abbildung. Somit hat das Signal 2 Mal den Weg von 2,8 m zurückgelegt in

17,31 ms

$$\Rightarrow v_{\text{Schall}} = \frac{2 \cdot 2,8\text{m}}{17,31 \cdot 10^{-3}\text{s}} = 323,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Der Literaturwert der Schallgeschwindigkeit von Argon bei 20°C beträgt 319 m/s.

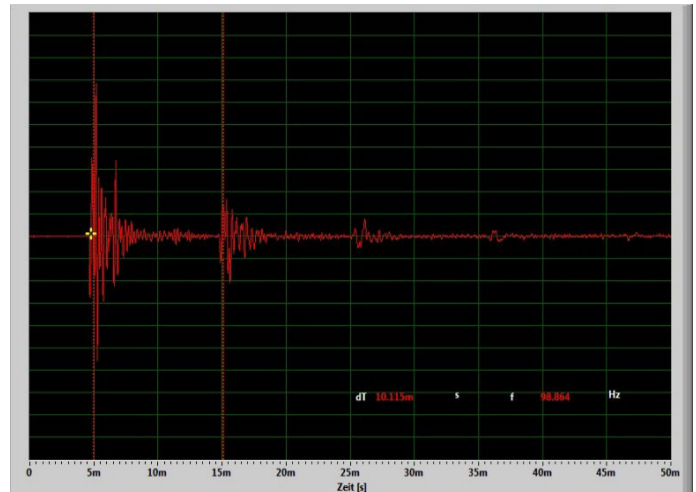


4.3 Kohlenstoffdioxid

Man erkennt 2 signifikante Signale in der nebenstehenden Abbildung. Somit hat das Signal 1 Mal den Weg von 2,8m zurückgelegt.

$$\Rightarrow v_{\text{Schall}} = \frac{2,8\text{m}}{10,115 \cdot 10^{-8}\text{s}} = 276,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Der Literaturwert der Schallgeschwindigkeit von Kohlendioxid bei 20°C beträgt 266 m/s.



5. Anwendung im Unterricht:

Scope ist sehr einfach zu bedienen. Eine Einführung für die Benutzung eines Oszilloskops ist jedoch notwendig. In der Oberstufe können die Schüler den Versuch „Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Medien“ (Luft, Argon, CO₂, Wasser) durchaus selbst durchführen (eventuell Thema für eine GFS). Auch in der Mittelstufe bietet sich der Versuch an, wenn das Thema „Schallgeschwindigkeit“ dran ist. Diese Methode kann den Schülern mit einem kurzen Anleitungsblatt vorgestellt werden, damit sie ihn zumindest zuhause mit Luft selbst durchführen können. Im Unterricht kann man den Versuch mit Luft und weiteren Medien wiederholen und einige Details in der Durchführung diskutieren. Im Prinzip dürften die Schüler keine Probleme haben, den Versuch durchzuführen und nachzuvollziehen.

6. Schallgeschwindigkeit in m/s in einigen Stoffen bei 20 °C (Tabelle aus Wikipedia)

Medium	Schallgeschwindigkeit in m/s bei 20°C
Luft	343
Argon	319
Wasser	1484
Kohlenstoffdioxid	266
Helium	981
Plexiglas	2670
Gummi	150
Beton (C30/37)	3845
Buchenholz	3300
Marmor	6150
Gold	2000
Eisen	5170

Diamant	18.000
---------	--------