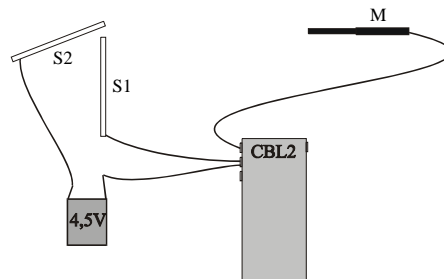


1. Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft und Metall

Klassenstufe	Physikunterricht der Sekundarstufe 1, bevorzugt ab Klasse 8		
Komplexität des Aufbaus	Einfach	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Komplex
Komplexität des Aufbaus	Einfach	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Komplex
Schülerversuch möglich	Ja		
Zielsetzung/Besonderheiten	<p>Das Bestimmen der Schallgeschwindigkeit ist ein Versuch, der in nahezu allen Schulbüchern für die Sekundarstufe 1 zu finden ist. Problematisch bei der Behandlung im Unterricht ist aus unserer Sicht vor allem der Aufwand zur Zeitmessung. Klassisch wird das Experiment mit 2 Mikrofonen durchgeführt, die ein Schallereignis durch ihre Positionierung zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufnehmen. Aus der Laufzeitdifferenz und dem Abstand der Mikrofone lässt sich dann die Schallgeschwindigkeit berechnen. Bei dem vorliegenden Experimentiervorschlag wird das Auslösen eines Schallereignisses und sein Eintreffen beim Mikrofon mit Hilfe eines CBL2 aufgenommen. Aus Weg und Laufzeit des Signals lässt sich schließlich die Schallgeschwindigkeit bestimmen. Im Gegensatz zu Experimenten mit zwei Mikrofonen kann mit dem vorliegenden Aufbau auch die Schallgeschwindigkeit in Metallen bestimmt werden.</p>		
Benötigte Materialien	<p>Diverses Stativmaterial, insbesondere eine lange Stativstange (>90cm) 4,5 Volt Blockbatterie Kabel und Krokodilklemmen CBL2 CBL–Mikrofon CBL–Spannungsmesser (mitgelieferte Klemmen) Alternativ: TI83plus; TI84plus; TI92+; TI89; TI Voyage 200</p>		
Umfang der Beschreibung	<p>1.1a Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft - Infos 1.1b Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft - Beispiel 1.2a Messung der Schallgeschwindigkeit in Metallen - Infos 1.2b Messung der Schallgeschwindigkeit in Metallen - Beispiel 1.3a Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft - Schülermaterial (1) 1.3b Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft - Schülermaterial (2) 1.4a Beschallung großer Konzerte 1.4b Krankheitsdiagnose bei Bäumen</p>		

1.1a Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft – Infos

Schematischer Aufbau



Gang des Versuchs

Der Spannungssensor bildet mit zwei Stativstangen (S1 und S2), einer Blockbatterie und dem CBL2 (Kanal 2) einen Stromkreis. Das Geräusch (der Knall) wird erzeugt, indem der Experimentierende mit der Stativstange S2 auf die Stativstange S1 schlägt. Durch Schließen des Stromkreises wird am CBL2 eine Spannung gemessen. Das Experiment wird durch Triggern der gemessenen Spannung gestartet. Parallel zur Spannung registriert das Mikrofon Schallsignale. Zur Kommunikation mit dem CBL2 wird das Programm DATAMATE benutzt.

Einstellungen in DATAMATE

Die Daten werden im TIME GRAPH Mode aufgenommen. Empfehlenswert sind die folgenden Einstellungen:

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
TIME GRAPH SETTINGS							
TIME INTERVAL:				1E-4.			
NUMBER OF SAMPLES:				200.			
EXPERIMENT LENGTH:				0.02			
1:OK				3:ADVANCED			
2:CHANGE TIME SETTINGS							
MAIN		RAD APPROX		FUNC			

Einstellungen des Triggers zum Starten des Experiments:

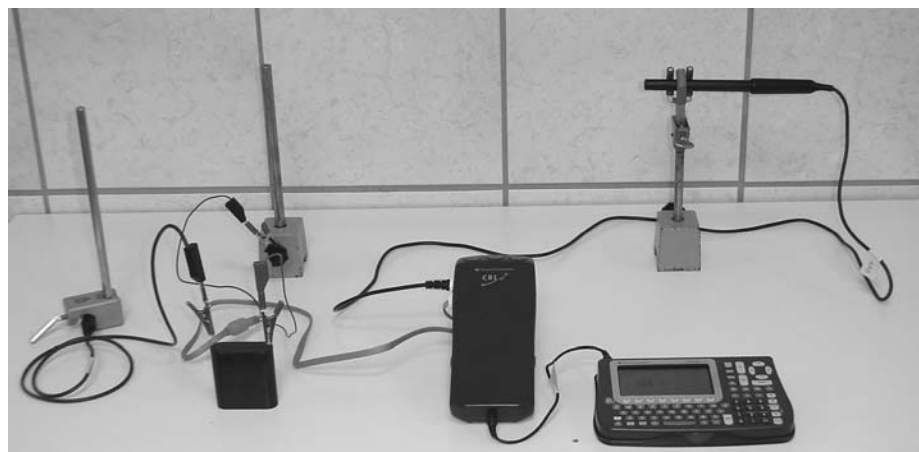
Trigger auf Kanal 2 setzen.

Increasing (für den Pegel in Volt) aktivieren.

Trigger Threshold auf 0,8 setzen.

Prestore in Percent auf 50 setzen.

Foto des Versuchsaufbaus

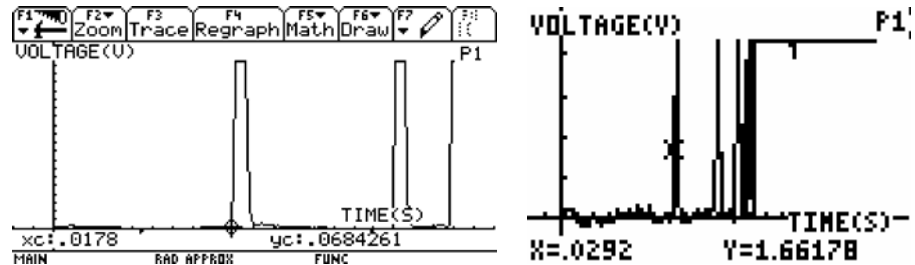


1.1b Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft – Beispiel

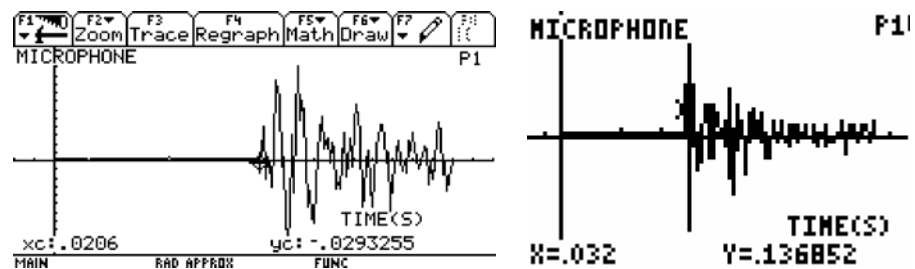
Beispiel

Die folgenden Messwerte wurden mit der zuvor vorgestellten Versuchsanordnung gemessen. Mikrophon und Stativstange S1 hatten einen Abstand von 97cm.

Spannungssensor



Mikrofon



Auswertung

Die Spannung steigt zum Zeitpunkt $t_1=0,0178\text{sek}$ (bzw. $t_1=0,0292\text{sek}$) erstmals an. In diesem Moment berührt also die Stativstange S2 die Stativstange S1 und schließt somit den Stromkreis. Der Knall wird erstmals zum Zeitpunkt $t_2=0,0206\text{sek}$ (bzw. $t_2=0,032\text{sek}$) vom Mikrophon registriert. Für die Schallgeschwindigkeit in Luft gilt gemäß dieser Messwerte:

$$v_{\text{Luft}} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{d}{t_2 - t_1} = \frac{0,97 \text{ m}}{0,0206 \text{ sek} - 0,0178 \text{ sek}} \approx 346 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

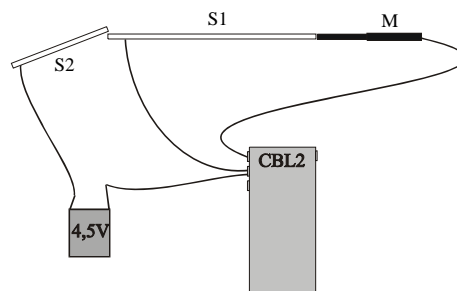
bzw.

$$v_{\text{Luft}} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{d}{t_2 - t_1} = \frac{0,97 \text{ m}}{0,032 \text{ sek} - 0,0292 \text{ sek}} \approx 346 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die gemessene Schallgeschwindigkeit in Luft liegt im Rahmen der bekannten Literaturwerte.

1.2a Messung der Schallgeschwindigkeit in Metallen – Infos

Schematischer Aufbau



Gang des Versuchs

Der Spannungssensor bildet mit zwei Stativstangen (S1 und S2), einer Blockbatterie und dem CBL2 (Kanal 2) einen Stromkreis. Das Geräusch (Der Knall) wird erzeugt, indem der Experimentierende mit der Stativstange S2 auf die Grundfläche der Stativstange S1 schlägt. Durch Schließen des Stromkreises wird am CBL2 eine Spannung gemessen. Das Experiment wird durch Triggern der gemessenen Spannung gestartet. Parallel zur Spannung registriert das Mikrofon Schallsignale. Die Stativstange S1 muss so justiert werden, dass ein Spalt von nur wenigen Millimetern zwischen Stativstange und der Kapsel des Mikrofons verbleibt. Zur Kommunikation mit dem CBL2 wird das Programm DATAMATE benutzt.

Einstellungen in DATAMATE

Die Daten werden im TIME GRAPH Mode aufgenommen. Empfehlenswert sind die folgenden Einstellungen:

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
TIME GRAPH	Zoom	Trace	Regraph	Math	Draw		
TIME GRAPH SETTINGS							
TIME INTERVAL:				1E-4.			
NUMBER OF SAMPLES:				200.			
EXPERIMENT LENGTH:				0.02			
1: OK				3: ADVANCED			
2: CHANGE TIME SETTINGS							
MAIN		RAD APPROR		FUNC			

Einstellungen des Triggers zum Starten des Experiments:

Trigger auf Kanal 2 setzen.

Increasing aktivieren.

Trigger Threshold auf 0,8 setzen.

Prestore in Percent auf 50 setzen.

Foto des Versuchaufbaus

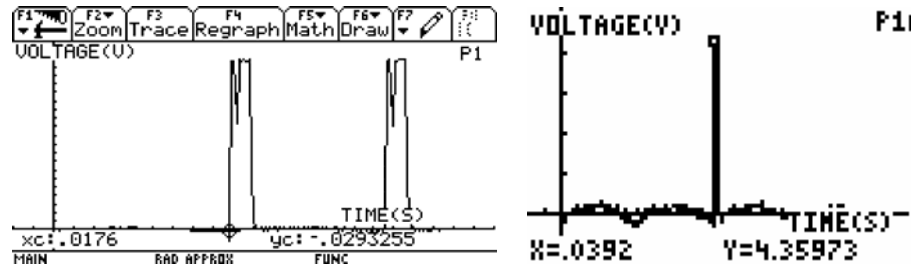


1.2b Messung der Schallgeschwindigkeit in Metallen – Beispiel

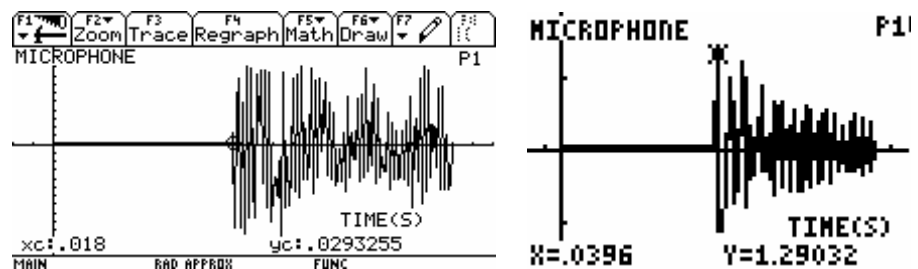
Beispiel

Die folgenden Messwerte wurden mit der zuvor vorgestellten Versuchsanordnung gemessen. Die Stativstange S1 hatte bei der Messung eine Länge von 1m.

Spannungssensor



Mikrofon



Auswertung

Die Spannung steigt zum Zeitpunkt $t_1=0,0176\text{sek}$ (bzw. $t_1=0,0392\text{sek}$) erstmals an. In diesem Moment berührt also die Stativstange S2 die Stativstange S1 und schließt somit den Stromkreis. Das Geräusch wird erstmals zum Zeitpunkt $t_2=0,018\text{sek}$ (bzw. $t_2=0,0396\text{sek}$) vom Mikrofon registriert. Für die Schallgeschwindigkeit in Metall gilt gemäß dieser Messwerte:

$$v_{\text{Luft}} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{d}{t_2 - t_1} = \frac{1\text{m}}{0,018\text{sek} - 0,0176\text{sek}} \approx 2500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

bzw.

$$v_{\text{Luft}} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{d}{t_2 - t_1} = \frac{1\text{m}}{0,0396\text{sek} - 0,0392\text{sek}} \approx 2500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die gemessene Schallgeschwindigkeit in Metallen liegt im Rahmen der bekannten Literaturwerte.

Hinweis

Die Genauigkeit der Messung ist durch das Auflösungsvermögen des CBL2 eingeschränkt. Wir denken deswegen, dass ein Fehler von 20% bei der Messung der Schallgeschwindigkeit in Metallen mit den vorgeschlagenen Methoden realistisch ist. Für qualitative Betrachtungen im Unterricht reicht die Messgenauigkeit aus unserer Sicht aus. Durch die Verwendung längerer Stativstangen lässt sich die Genauigkeit verbessern.

1.3a Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft – Schülermaterial (1)

Allgemeines

Fliegt ein Flugzeug schneller als der Schall, durchbricht es die Schallmauer und es gibt einen lauten Knall. Aber wie schnell ist der Schall eigentlich? Die Schallgeschwindigkeit kann man messen.

Zur Erinnerung: Bewegt sich ein Körper oder ein Signal gleichförmig (Richtung und Geschwindigkeit sind konstant), so berechnet sich dessen Geschwindigkeit aus dem Quotienten von Strecke und Zeit:

$$v = \frac{s}{t} \quad [Geschwindigkeit] = \frac{[Weg]}{[Zeit]}$$

Vorversuch-Beschreibung

Besorgt euch zwei Holzscheite und eine Stoppuhr. Stellt 2 Schüler im Abstand von 200m auf. Ein Schüler nimmt die beiden Scheite und schlägt sie aufeinander. Der andere startet die Stoppuhr wenn er sieht, dass die Scheite aufeinanderschlagen und stoppt sie, wenn er den Knall hört. Wiederholt den Versuch einige Male.

Vorversuch-Fragen

Warum kann man mit diesem Versuch die Schallgeschwindigkeit messen? Wie berechnet man die Schallgeschwindigkeit aus den Messwerten.

Vorversuch-Auftrag

Führt den Versuch einige male durch und berechnet jeweils die Schallgeschwindigkeit. Wie genau misst der Versuch? Wie hoch ist wohl die Schallgeschwindigkeit in Luft?

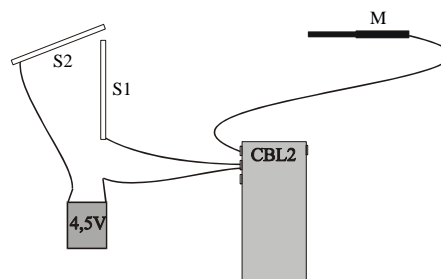
Experiment

Für manche Anwendungen (z.B. eine Delay PA; siehe Anwendungen) benötigt man die exakte Schallgeschwindigkeit. Diese variiert je nach Temperatur, Luftfeuchtigkeit, etc.. Deswegen wird man selten an zwei Tagen ein und dieselbe Geschwindigkeit messen. Für das Experiment benötigt ihr:

Benötigte Materialien

Diverses Stativmaterial
4,5 Volt Blockbatterie oder andere Spannungsquelle (4,5V einstellen)
Kabel und Krokodilklemmen
CBL2
CBL-Mikrofon
CBL-Spannungsmesser (mitgelieferte Klemmen)
Alternativ: **TI83plus**; TI84plus; TI92+; TI89; **TI Voyage 200**

Schematischer Aufbau



Abstand S1 zu M: 0,90m

Verständnisfragen

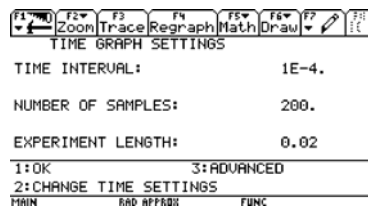
Warum kann man mit diesem Experiment die Schallgeschwindigkeit messen (Hinweis: Licht und Strom sind nahezu gleichschnell)?

Welche Messergebnisse erwartet ihr?

Wie kann man die Schallgeschwindigkeit aus den Messwerten berechnen?

1.3b Messung der Schallgeschwindigkeit in Luft – Schülermaterial (2)

Allgemeines	Bei dieser Versuchsanleitung gehen wir davon aus, dass du das CBL–Grundpraktikum absolviert hast. Falls du dich an einige Einstellungen nicht mehr erinnern kannst, nimm die Kurzbeschreibungen noch mal zur Hand. Sie werden dir helfen dich zu erinnern.
Durchführung	Der Spannungssensor bildet mit zwei Stativstangen (S1 und S2), einer Blockbatterie und dem CBL2 (Kanal 2) einen Stromkreis. Das Geräusch (der Knall) wird erzeugt, indem ihr mit der Stativstange S2 auf die Stativstange S1 schlägt (Gewalt ist nicht notwendig!). Durch Schließen des Stromkreises wird am CBL2 eine Spannung gemessen. Das Experiment wird beim Überschreiten einer bestimmten gemessenen Spannung gestartet. Parallel zur Spannung registriert das Mikrofon Schallsignale. Zur Kommunikation mit dem CBL2 wird das Programm DATAMATE benutzt.
Einstellungen in DATAMATE	Die Daten werden im TIME GRAPH Mode aufgenommen. Empfehlenswert sind die folgenden Einstellungen:



Einstellungen des Triggers zum Starten des Experiments:

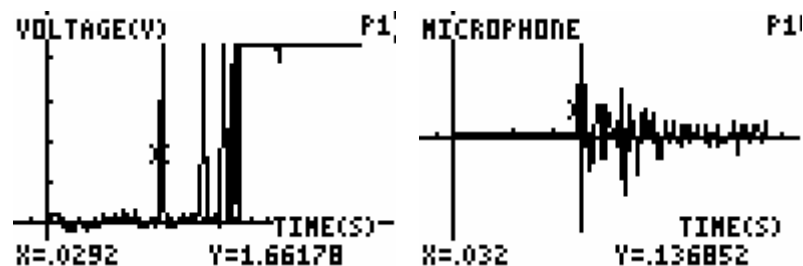
Trigger auf Kanal 2 setzen.

Increasing aktivieren.

Trigger Threshold auf 0,8 setzen.

Prestore in Percent auf 50 setzen.

Aufgabe 1	Führt das Experiment einige male durch und bestimmt jeweils die Schallgeschwindigkeit.
Aufgabe 2	Vergleicht mit euren Messwerten aus dem Vorversuch? Welche Messung ist wohl genauer? Begründe! Kann man die Genauigkeit noch verbessern?
Aufgabe 3	Jemand hat folgendes Wertepaar gemessen:



Bestimme die Schallgeschwindigkeit für diesen Fall ($s=97\text{cm}$) und vergleicht mit euren Messwerten. Bei welcher Messung war es wohl wärmer? Plant ein Experiment, um die Veränderung der Schallgeschwindigkeit bei Variation der Temperatur nachzuweisen.

Aufgabe 4	Das Experiment kann man so erweitern, dass man mit seiner Hilfe auch die Geschwindigkeit in Metallen und anderen Materialien bestimmen kann. Schallgeschwindigkeitsmessungen dieser Art werden bei zahlreichen Anwendungen verwendet (siehe Anwendungen). Erweitere das Experiment entsprechend und führe es durch.
-----------	---

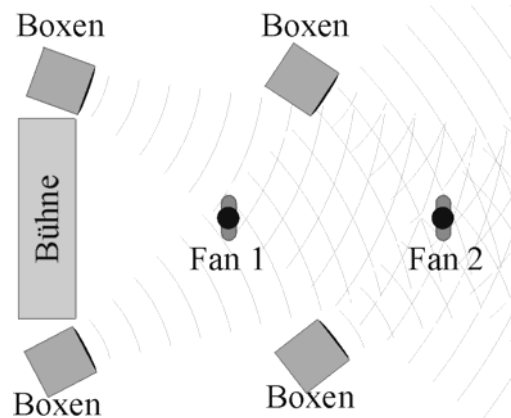
1.4 Anwendungen der Schallgeschwindigkeitsmessung

1.4a Beschallung großer Konzerte

Das Problem



Bei großen Konzerten reicht es häufig nicht, Lautsprecher nur neben der Bühne aufzustellen. Deswegen stellt man zusätzlich Boxen in den Zuschauerraum:



Gäbe man nun auf alle Boxen das gleiche Signal, so würde Fan 2 ein Echo hören. Er hört nämlich zuerst den Sound der hinteren und dann den der vorderen Boxen.

Die Lösung

Für dieses Problem gibt es eine einfache, aber elegante Lösung. Man verzögert das Signal elektronisch. Bei Kenntnis der Schallgeschwindigkeit muss lediglich der Abstand der vorderen und hinteren Boxen gemessen werden. Der Laufzeitunterschied lässt sich dann leicht ausrechnen. Ein nur schwer zu lösendes Abschirmungsproblem ist, dass Fan 1 ebenfalls ein Echo hört (Achtet bei eurem nächsten Rockkonzert darauf!).

1.4b Krankheitsdiagnose bei Bäumen

Das Problem



Häufig sieht man Bäumen nicht an, dass sie eine Krankheit haben oder sogar schon morsch sind. Bei besonders schwachen Bäumen reicht dann oft ein kleineres Unwetter aus, um sie zum Fall zu bringen. So schön Bäume am Rand von Straßen und Wegen auch sind: Nun werden sie gefährlich. Da man Bäume natürlich nach Möglichkeit nicht unnötig beschädigen möchte, benötigt man Methoden zur Messung des Zustands, welche auf die Beschädigung des Baums verzichten. Genau wie Gase und Metalle haben alle Holzarten unterschiedliche Geschwindigkeiten der Schallausbreitung. Dieses Phänomen kann man sich zu nutze machen.

Die Lösung

Man misst die Schallgeschwindigkeit im Stamm und schließt durch Vergleich der gemessenen Geschwindigkeit auf das Innere des Stamms. So können Krankheiten frühzeitig diagnostiziert und Bäume gezielt gefällt werden.

