Wie schnell ist der Schall?

Physik 10 · Kapitel 3 · Stunde 49 · Skript

Name: Klasse: Datum:

Kapitel-Fall „Konzert in der neuen Aula“ Beim Soundcheck klatscht jemand auf der Bühne kräftig in die Hände. Von der 25 m entfernten Rückwand hallt es zurück. Wie lange braucht der Schall dafür – und wie schnell ist er überhaupt? (erfundener Fall, Beispielwerte)

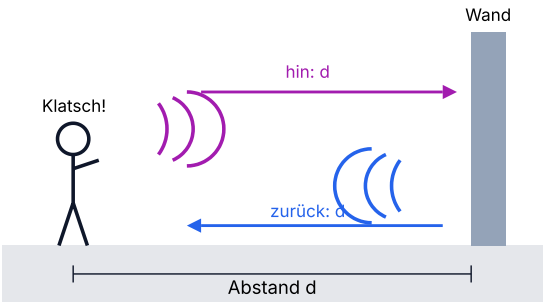
1 Schall braucht Zeit

Bei einem Gewitter sieht man den Blitz sofort, den Donner hört man erst später. Licht ist so schnell, dass es praktisch ohne Verzögerung ankommt. Schall dagegen braucht für einen Kilometer etwa drei Sekunden. Die **Schallgeschwindigkeit** c gibt an, welchen Weg der Schall in einer Sekunde zurücklegt. Wie jede Geschwindigkeit berechnet man sie als Quotient aus Weg und Zeit.

Trifft Schall auf eine große Wand, wird er zurückgeworfen. Ist die Wand weit genug entfernt, hört man ihn getrennt als **Echo**. Bei der **Echomethode** läuft der Schall vom Klatschen zur Wand und wieder zurück. Er legt also den doppelten Abstand 2d zurück. Die Zeit dafür heißt **Laufzeit**.

$$c = s : t \quad \cdot \quad \text{Echo: } c = 2d : t$$

- c Schallgeschwindigkeit in m/s
- s Schallweg in m
- d Abstand zur Wand in m
- t Laufzeit in s



WORTSPEICHER

Schallgeschwindigkeit: Geschwindigkeit, mit der sich Schall in einem Stoff ausbreitet; in Luft bei 20 °C etwa 343 m/s

Echo: an einer Wand oder einem Hindernis reflektierter Schall, der getrennt vom Original zu hören ist

Laufzeit: Zeit, die der Schall für einen bestimmten Weg braucht

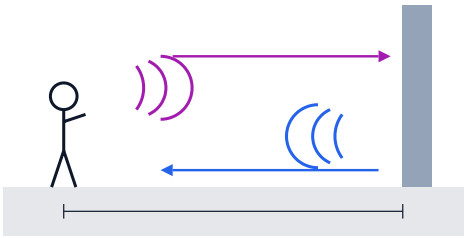
Echomethode: Messverfahren: Der Schall läuft zur Wand und zurück; es gilt c = 2 · d : t

Messabweichung: Unterschied zwischen Messwert und wahrem Wert; zufällig (z. B. Reaktionszeit) oder systematisch

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

2 🔬 Messprotokoll: Schallgeschwindigkeit in Luft

Material: zwei Holz- oder Klatschbretter, Maßband (50 m), Stoppuhr, Thermometer.



Sicherheit: Nie direkt neben dem Ohr einer anderen Person klatschen; keine Knallkörper. Nur auf dem vereinbarten Gelände unter Aufsicht, nicht an Straßen. Es gelten die Anweisungen der Lehrkraft, die Gefährdungsbeurteilung der Schule und die RiSU.

Durchführung (Klatsch-Rhythmus): Abstand d zur Wand abmessen. Klatschen und auf das Echo hören. Dann so klatschen, dass jedes Echo genau mit dem nächsten Klatschen zusammenfällt. Dann ist die Zeit zwischen zwei Klatschern gleich der Laufzeit. Eine zweite Person stoppt 20 Intervalle. t = Zeit : 20. Jede Messung zweimal.

d in m	2d in m	Messung 1: 20 t in s	Messung 2: 20 t in s	t in s	c = 2d : t in m/s
50	100				
75	150				
100	200				

Lufttemperatur: _____ °C · **Ergebnis:** _____

Andere Methode: Zwei Mikrofone stehen im Abstand s. Ein Messgerät oder eine App mit akustischer Stoppuhr startet beim ersten und stoppt beim zweiten Signal. Damit lassen sich auch sehr kurze Laufzeiten messen.

TIPP
Erst langsam klatschen, dann den Rhythmus anpassen.

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

3 Auswertung: Ist der Schall gleich schnell?

Je weiter die Wand entfernt ist, desto länger dauert es bis zum Echo. Ist der Quotient aus Schallweg und Laufzeit bei allen Abständen gleich, sind Weg und Zeit **proportional**. Der Schall breitet sich dann gleichförmig aus, und der Quotient ist die Schallgeschwindigkeit. Im Weg-Zeit-Diagramm liegen die Messpunkte auf einer Ursprungsgeraden.

Anleitung: 1. Schallweg 2d berechnen. 2. Laufzeit t = Zeit : Anzahl der Intervalle. 3. Quotient 2d : t für jede Zeile. 4. Sind die Quotienten fast gleich, gilt 2d ~ t. 5. Mittelwert bilden und Antwortsatz schreiben.

Musterbeispiel (Beispielmesswerte mit Laufzeit-Messgerät, 20 °C):

d in m	2d in m	t in s	2d : t in m/s
20	40	0,116	345
40	80	0,234	342
60	120	0,349	344
80	160	0,467	343
100	200	0,582	344

Beispiel für eine Zeile: d = 40 m → 2d = 80 m; c = 80 m : 0,234 s ≈ 342 m/s.

Antwortsatz: Die Quotienten liegen alle bei etwa 343 m/s. Weg und Laufzeit sind proportional; die Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt bei 20 °C etwa 343 m/s.

TIPP
Echo: immer 2d!

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

4 Temperatur, Stoff und Messgenauigkeit

In wärmerer Luft bewegen sich die Teilchen schneller und geben die Schwingung schneller weiter. Näherungsweise gilt:

$$c \approx (331 + 0{,}6 \cdot \vartheta)\ \text{m/s}$$

ϑ	Lufttemperatur in °C (Zahlenwert)
$331\ \text{m/s}$	Schallgeschwindigkeit bei 0 °C
$0{,}6$	Zunahme in m/s je Grad

Bei 0 °C ist der Schall also etwa 331 m/s schnell, bei 20 °C etwa 343 m/s. In Flüssigkeiten und Festkörpern sind die Teilchen viel stärker aneinander gekoppelt. Deshalb ist der Schall dort deutlich schneller. Im luftleeren Raum gibt es keinen Schall, weil der Wellenträger fehlt.

Stoff	Schallgeschwindigkeit	Quelle
Luft, 0 °C	331 m/s	TU Dresden, planet-schule
Luft, 20 °C	343 m/s	planet-schule
Wasser, 20 °C	1484 m/s	planet-schule
Beton	3600–3900 m/s	Uni Greifswald
Stahl	5920 m/s	Uni Greifswald

Beim Stoppen von Hand drückt man etwa 0,1 bis 0,3 s zu früh oder zu spät. Ein einzelnes Echo bei 50 m dauert nur 0,29 s – die Messung wäre sehr ungenau. Beim Klatsch-Rhythmus stoppt man 20 Intervalle; die Reaktionszeit verteilt sich auf 20 Laufzeiten. Ein großer Abstand und ein genau gemessener Abstand machen das Ergebnis zuverlässiger.

Merke: Schall in Luft (20 °C): etwa 343 m/s. Echomethode: c = 2d : t. Wärmer → schneller; in Wasser und Festkörpern ist Schall viel schneller als in Luft.

TIPP
0,6 m/s mehr pro Grad

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

5 Aufgaben

Deine Stufe: Jede Aufgabe ist gekennzeichnet. G Grundlage · S Standard · E Experte.
Grundlage: Aufgaben 1, 2 und 4 · **Standard:** Aufgaben 1 bis 5 · **Experte:** Aufgaben 1 bis 6. In der interaktiven Übung stellst du dieselbe Stufe oben über die Schalter „Grundlage – Standard – Experte“ ein.

Aufgabe 1 G · Du stehst 50 m vor einer Wand. Das Echo kommt nach 0,29 s zurück. Berechne die Schallgeschwindigkeit. *(Hilfe: Abschnitt 1)*
Schallweg = _____ · c = _____

Aufgabe 2 G · Zwischen Blitz und Donner vergehen 4,5 s. Wie weit ist das Gewitter entfernt (c = 343 m/s)? *(Hilfe: Abschnitt 1)*

Aufgabe 3 S · Werte die Messreihe aus Abschnitt 3 aus: Berechne die fünf Quotienten 2d : t und ihren Mittelwert. Formuliere den Zusammenhang zwischen Schallweg und Laufzeit. *(Hilfe: Abschnitt 3, Musterbeispiel)*

TIPP
Bei jeder Aufgabe steht, welcher Abschnitt hilft.

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

Aufgabe 4 G · Finde den Fehler im Protokoll und berichtige ihn: *„d = 50 m, t = 0,29 s, also c = 50 m : 0,29 s ≈ 172 m/s.“ (Hilfe: Abschnitte 1 und 3)*

Aufgabe 5 S · Kapitel-Fall: Die Rückwand der Aula ist 25 m von der Bühne entfernt (20 °C). Berechne, nach welcher Zeit das Echo zurückkommt. Wie weit müsste die Wand entfernt sein, damit das Echo erst nach 0,5 s eintrifft? *(Hilfe: Abschnitte 1 und 3)*

Aufgabe 6 E · a) Eine Messreihe ergibt c ≈ 337 m/s. Bestimme die Lufttemperatur. b) Begründe, warum die Messung eines einzelnen Echos bei 20 m Abstand mit der Handstoppuhr unbrauchbar ist, und nenne eine bessere Methode. c) An eine 500 m lange Stahlschiene wird geschlagen. Berechne, wie viel später der Schall durch die Luft ankommt als durch den Stahl. *(Hilfe: Abschnitt 4)*

★ **Vertiefung** Miss zu Hause bei einem Gewitter die Zeit zwischen Blitz und Donner. Faustregel: Sekunden durch 3 ergibt die Entfernung in Kilometern. Prüfe die Regel mit c = 343 m/s. (Bei Gewitter im Haus bleiben!)

HAUSAUFGABE
Aufgabe 4 und eine weitere Aufgabe deiner Stufe.

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.