Wie schnell ist der Schall?

Physik 10 · Kapitel 3 · Stunde 49 · Lösung

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)

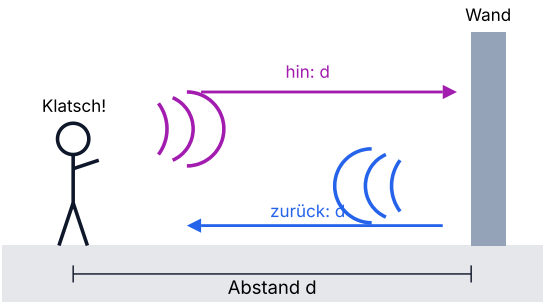
1 Schall braucht Zeit

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

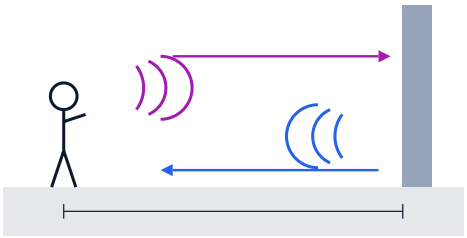
Echomethode: Messverfahren: Der Schall läuft zur Wand und zurück; es gilt c = 2 · d : t

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:**

Die Quotienten sind etwa gleich, c ≈ 340 m/s (bei 20 °C erwartet: 343 m/s).

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 = **2 · 50 m = 100 m** · c = **100 m : 0,29 s ≈ 345 m/s**

Aufgabe 2 G · Zwischen Blitz und Donner vergehen 4,5 s. Wie weit ist das Gewitter entfernt (c = 343 m/s)? *(Hilfe: Abschnitt 1)*
s = c · t = 343 m/s · 4,5 s ≈ 1544 m, also etwa 1,5 km. Das Licht des Blitzes kommt praktisch sofort an.

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)*
345 · 342 · 344 · 343 · 344 m/s; Mittelwert ≈ 343 m/s. Die Quotienten sind konstant, also ist der Schallweg proportional zur Laufzeit; c ≈ 343 m/s.

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)*

Der Schall läuft hin und zurück, der Weg ist 2d = 100 m. Richtig: c = 100 m : 0,29 s ≈ 345 m/s.

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)*

t = 2 · 25 m : 343 m/s ≈ 0,146 s. Für 0,5 s: d = 343 m/s · 0,5 s : 2 ≈ 86 m. Das kurze Echo der Aula verschmilzt mit dem Original zum Nachhall.

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)*

a) ϑ = (337 − 331) : 0,6 = 10 °C. b) Laufzeit 40 m : 343 m/s ≈ 0,12 s, Reaktionszeit 0,1 bis 0,3 s – genauso groß. Besser: Klatsch-Rhythmus über 20 Intervalle oder zwei Mikrofone mit Messgerät. c) Luft 500 : 343 ≈ 1,46 s, Stahl 500 : 5920 ≈ 0,08 s; Unterschied ≈ 1,37 s.

★ **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.

Lösungen der interaktiven Übung

Alle drei Stufen · Grundlage G · Standard S · Experte E

Hauptübung Messreihe auswerten – Echo-Messreihe

Stufe	Messreihe	Ergebnis
G	Eine Gruppe hat an fünf Wandabständen die Laufzeit des Echos gemessen. Der Schall legt dabei den Weg 2d (hin und zurück) zurück. Setze alle Messpunkte (t waagerecht, 2d senkrecht). Lies dann ab: Welchen Weg legt der Schall in 0,5 s zurück? (in m, ganze Zahl) *Messwerte (t | 2d):* (0,12 | 40) · (0,23 | 80) · (0,35 | 120) · (0,47 | 160) · (0,58 | 200)	**2d ≈ 172 m** Weg und Zeit sind proportional: In 0,5 s legt der Schall etwa 172 m zurück, in 1 s etwa 343 m.
S	Diese Gruppe hat ein Laufzeit-Messgerät benutzt. Berechne für jede Messung den Quotienten 2d : t (ganze Zahl), setze alle Punkte und gib den Mittelwert an – das ist die Schallgeschwindigkeit. *Messwerte (t | s) → Quotient:* (0,116 | 40) → 344,83 · (0,234 | 80) → 341,88 · (0,349 | 120) → 343,84 · (0,467 | 160) → 342,61 · (0,582 | 200) → 343,64	**c ≈ 343 m/s** Der Quotient ist konstant: Der Schall breitet sich gleichförmig aus. c ≈ 343 m/s passt zu einer Lufttemperatur von etwa 20 °C.
E	Eine Messreihe mit großen Abständen. Berechne die Quotienten 2d : t, setze die Punkte und bestimme aus dem Mittelwert c die Lufttemperatur mit c ≈ (331 + 0,6 · ϑ) m/s. (ϑ in °C, ganze Zahl) *Messwerte (t | s) → Quotient:* (0,297 | 100) → 336,7 · (0,594 | 200) → 336,7 · (0,89 | 300) → 337,08 · (1,186 | 400) → 337,27 · (1,484 | 500) → 336,93	**ϑ ≈ 10 °C** Bei etwa 10 °C ist der Schall rund 6 m/s langsamer als bei 20 °C (Beispielmesswerte).

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

Simulation · 🔬 Messplatz – Echo-Messplatz

Stufe	Aufgabe	Lösung
G	Stelle d = 50 m und ϑ = 20 °C ein und miss mit dem Laufzeit-Messgerät. Wie groß ist die Laufzeit? (in s, 2 Nachkommastellen)	**0,29 s** Die Animation läuft in Zeitlupe; angezeigt wird die echte Laufzeit.
G	Berechne aus deiner Messung die Schallgeschwindigkeit c = 2d : t. (in m/s, ganze Zahl)	**343 m/s**
G	Miss bei d = 20 m dreimal mit der Stoppuhr von Hand. Was stellst du fest?	**Die Werte schwanken stark; c ist sehr ungenau.** Die Laufzeit (0,12 s) ist kaum größer als die Reaktionszeit.
S	Kapitel-Fall: Die Rückwand der Aula ist 25 m von der Bühne entfernt (20 °C). Nach welcher Zeit kommt das Echo zurück? (in s, 3 Nachkommastellen)	**0,146 s** Ein so kurzes Echo hört man nicht getrennt – es verlängert den Nachhall.
S	Stelle ϑ = 0 °C ein, miss bei d = 50 m und berechne c. (in m/s, ganze Zahl)	**331 m/s**
S	Vergleiche 0 °C und 30 °C bei gleichem Abstand. Was gilt?	**Bei 30 °C kommt das Echo früher zurück – der Schall ist schneller.**
E	Bei ϑ = 30 °C und d = 100 m: Welche Laufzeit zeigt das Messgerät? (in s, 3 Nachkommastellen)	**0,573 s**
E	Eine Gruppe misst bei d = 50 m mit dem Messgerät t = 0,300 s. Welche Lufttemperatur hatte sie? (in °C, ganze Zahl)	**4 °C** Prüfe mit der Simulation: Bei 5 °C misst du 0,299 s.

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

Simulation · 🔬 Messplatz – Echo-Messplatz (Fortsetzung)

Stufe	Aufgabe	Lösung
E	Warum ist die Klatsch-Rhythmus-Methode mit Handstoppuhr trotzdem brauchbar?	**Man stoppt 20 Echo-Intervalle auf einmal; die Reaktionszeit verteilt sich auf 20 Laufzeiten.**

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

Fehlertext · Protokoll – Fehler im Messprotokoll

Stufe	Text mit Berichtigung
G	Wir standen 50 m vor der Schulwand und haben geklatscht. Das Echo kam nach 0,29 s zurück. Der Schall hat dabei ~~50 m~~ **100 m** zurückgelegt. Die Schallgeschwindigkeit ist der Quotient aus ~~Zeit und Weg~~ **Weg und Zeit**. Ergebnis: c = 100 m : 0,29 s ≈ ~~29 m/s~~ **345 m/s**.
S	Bei der Echomethode gilt c = ~~d : t~~ **2d : t**. Unsere Quotienten waren alle etwa gleich groß, also sind Weg und Laufzeit ~~umgekehrt proportional~~ **proportional**. Die Punkte im Diagramm liegen auf einer ~~Parabel~~ **Ursprungsgeraden**.
E	Mit der Handstoppuhr ist die Messung bei 20 m Abstand sehr ~~genau~~ **ungenau**, weil die Laufzeit nur etwa 0,12 s beträgt und die Reaktionszeit ~~klein~~ **ähnlich groß** ist. Bei 0 °C ist der Schall ~~schneller~~ **langsamer** als bei 20 °C. In Stahl breitet sich der Schall ~~langsamer~~ **schneller** aus als in Luft.

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

Rechnen mit Zufallswerten – Mit Laufzeiten rechnen

Stufe	Aufgabentyp	Lösungsweg
G	$c = 2d : t$	doppelten Abstand durch Laufzeit
G	$s = c \cdot t$	Geschwindigkeit mal Zeit
S	$d = c \cdot t : 2$	Weg $c \cdot t$ halbieren
S	$c \approx 331 + 0{,}6 \cdot \vartheta$	Temperatur in °C einsetzen
E	$\Delta t = s : c_1 - s : c_2$	zwei Laufzeiten, Differenz
E	$d = c \cdot t : 2$ im Wasser	Schallgeschwindigkeit des Wassers verwenden

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

Abschlusstest

Nr.	Frage	Lösung
G1	Bei der Echomethode legt der Schall den Weg … zurück.	**2 · d (hin und zurück)**
G2	2d = 100 m, t = 0,29 s: c in m/s (ganze Zahl)?	**345 m/s**
G3	Schall in Luft bei 20 °C etwa …	**343 m/s**
G4	Blitz und Donner 3 s: Entfernung in m (343 m/s)?	**1029 m**
G5	Ein Echo ist …	**reflektierter Schall**
G6	Im Weg-Zeit-Diagramm liegen die Messpunkte auf einer …	**Ursprungsgeraden**
G7	Warum misst man besser mit großem Wandabstand?	**Die Laufzeit ist größer als die Reaktionszeit.**
G8	Fachlich richtig:	**„Schall braucht Zeit, um sich auszubreiten.“**
S1	Echo nach 0,4 s (343 m/s): Wandabstand in m (1 Nachkommastelle)?	**68,6 m**
S2	c bei 0 °C in m/s?	**331 m/s**
S3	c bei 25 °C nach c ≈ 331 + 0,6 · ϑ in m/s?	**346 m/s**
S4	Sind alle Quotienten 2d : t fast gleich, dann …	**sind Weg und Zeit proportional**
S5	In Wasser ist Schall etwa … so schnell wie in Luft.	**4-mal**
S6	Aula-Rückwand 25 m: Echo nach … s (343 m/s, 3 Nachkommastellen)?	**0,146 s**
S7	Die Reaktionszeit beim Stoppen ist eine …	**zufällige Messabweichung**
S8	Fachlich richtig:	**„Bei höherer Lufttemperatur breitet sich Schall schneller aus.“**

BEWERTUNG

8 Aufgaben je Stufe, je 1 Punkt. Ab 6 Punkten: Abzeichen und Zertifikat der Stufe.

MERKHILFE

Echo: c = 2d : t
Luft 20 °C: 343 m/s

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

Abschlusstest (Fortsetzung)

Nr.	Frage	Lösung
E1	Gemessen c = 337 m/s: ϑ in °C (ganze Zahl)?	**10 °C**
E2	Stahlschiene 500 m: Laufzeitunterschied Luft – Stahl in s (2 Nachkommastellen)?	**1,37 s**
E3	Echolot: Echo nach 0,1 s (Wasser 1484 m/s): Tiefe in m (1 Nachkommastelle)?	**74,2 m**
E4	Reaktionszeit ± 0,2 s auf 20 Intervalle: Unsicherheit je Intervall in s?	**0,01 s**
E5	Am schnellsten ist Schall in …	**Stahl**
E6	Im Vakuum breitet sich Schall …	**nicht aus**
E7	Messung mit Handstoppuhr bei d = 20 m ist unbrauchbar, weil …	**die Laufzeit (0,12 s) so groß ist wie die Reaktionszeit**
E8	Fachlich richtig:	**„Je fester und steifer der Stoff, desto schneller ist der Schall in der Regel.“**

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