

Bei Schallwellen treten dieselben Wellenphänomene auf, die bereits von Wasser- oder Lichtwellen bekannt sind.

Schallgeschwindigkeiten verschiedener Medien:

$$c_{\text{Luft}} = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{\text{Helium}} = 1030 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{\text{Wasser}} = 1480 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c_{\text{Diamant}} = 18\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ein Sänger singt einen Ton der Frequenz $f = 440 \text{ Hz}$ und atmet dann Helium ein. Er singt den „gleichen Ton“ erneut. (Bei der Tonerzeugung durch die Stimmbänder erzeugt er aber lediglich einen Ton mit derselben Wellenlänge.)

Berechne die Frequenz des Tons in Helium.

2.2 Welleneigenschaften des Schalls

Reflexion und Brechung

Treffen Schallwellen auf die Grenzfläche zweier Medien, in denen sich der Schall unterschiedlich schnell ausbreitet, wird ein Teil der Welle reflektiert und der andere Teil der Welle gebrochen.

Hierbei gelten das Reflexions- und Brechungsgesetz:

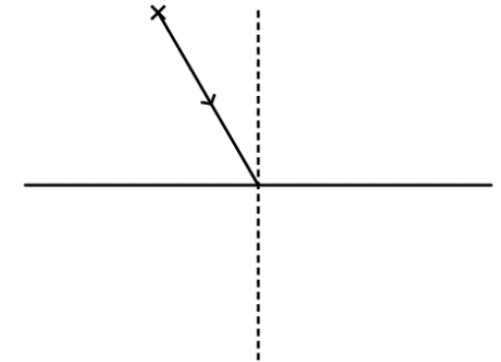
Reflexionsgesetz:

Brechungsgesetz:

⇒ Beim Übergang in ein Medium mit höherer Schallgeschwindigkeit wird die Schallwelle gebrochen.

Beim Übergang in ein anderes Medium ändert sich nur die

Diebleibt gleich.

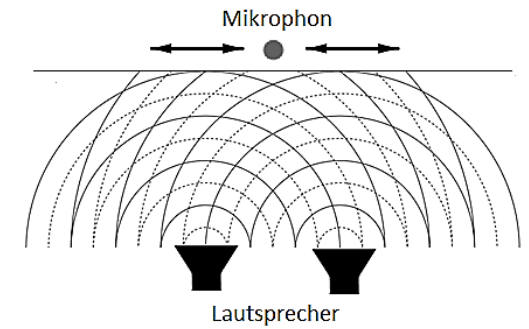


Übungsaufgabe: Sprechen mit Helium ••

Auch Schallwellen können interferieren. Bei zwei Lautsprechern ergibt sich exakt die gleiche Situation wie beim Doppelspalt-versuch.

Interferenz

Zwei Lautsprecher senden denselben Sinuston aus. Mit einem Mikrophon wird die Lautstärke gemessen.



Zwei Lautsprecher L_1 und L_2 haben einen Abstand von 4,0 m und erzeugen jeweils einen gleichphasigen sinusförmigen Ton mit der Frequenz f .

(Interferenzbedingungen siehe Kap. 1.8 Folie 2)

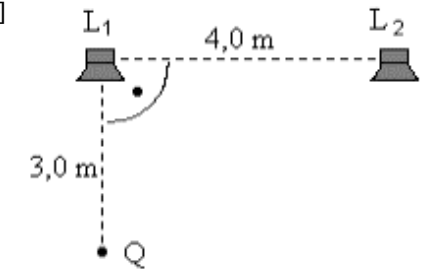
a) Erkläre, welche Art der Überlagerung in allen Punkten vorherrscht, die gleich weit von L_1 und L_2 entfernt sind.

b) Berechne die Wellenlänge für $f = 425 \text{ Hz}$.

c) Bestimme, welche Art der Überlagerung am Punkt Q bei der Frequenz $f = 425 \text{ Hz}$ vorliegt.

d) Berechne, bei welchen Frequenzen f am Punkt Q ein Inter-

Übungsaufgabe: Interferenz zweier Lautsprecher ●● [nach leifiphysik.de]



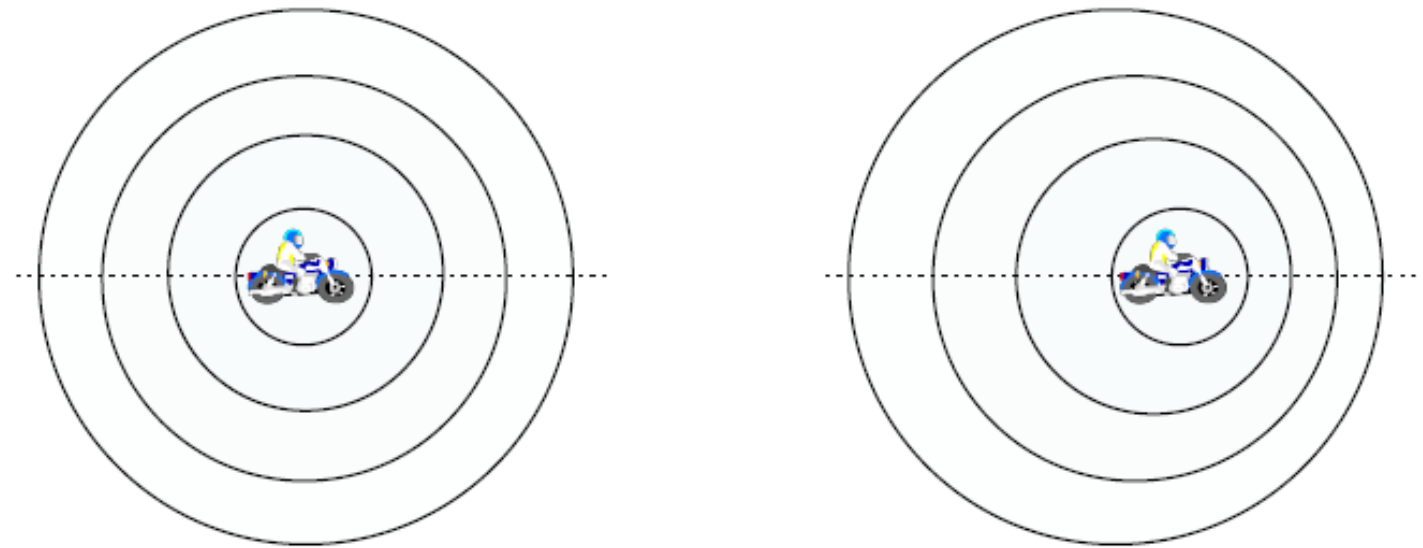
Du kennst es aus dem Straßenverkehr: Ein Einsatzfahrzeug mit Sirene fährt an dir vorbei. Die Tonhöhe des Martinshorns klingt höher, wenn sich das Fahrzeug nähert und tiefer, wenn es sich entfernt.

Anmerkung zur Zeichnung:
Die gezeichneten Kreise stellen Wellenfronten eines gleichen Schwingungszustands (z.B. „Berg“) dar.

Mit deinem Smartphone kannst du den Dopplereffekt ganz einfach nachweisen. Erzeuge dazu mit einem Sinusgenerator einen Ton und bewege dann das Smartphone möglichst schnell von dir weg und auf dich zu.

Auch in der Astrophysik ist der Dopplereffekt von Bedeutung. Bewegen sich Sterne auf uns zu oder von uns weg, so kommt es zu einer Wellenlängenveränderung des Lichts und damit zu einer Rot- bzw. Blauverschiebung. Darüber lässt sich sogar die Geschwindigkeit des Sterns berechnen.

Akustischer Dopplereffekt



Die Schallwellen breiten sich in alle Richtungen mit Geschwindigkeit (Schallgeschwindigkeit) aus, starten bei einem fahrenden Sender aber ständig von einer aus.

Vor dem Fahrzeug (A) werden die Wellen, die Wellenlänge λ_1 wird dort, die Frequenz f_1 wird, der Ton

Hinter dem Fahrzeug (B) werden die Wellen, die Wellenlänge λ_2 wird dort, die Frequenz f_2 wird, der Ton

Eine spannende Geschichte war die Entdeckung des Doppler-Effekts:

Der österreichische Physiker CHRISTIAN DOPPLER (1803 – 1853) hat im Jahre 1842 den Doppler-Effekt vorhergesagt. Nur drei Jahre später wurde er vom Niederländer CHRISTOPH BUYS BALLOT (1817 – 1890) experimentell nachgewiesen. Dazu stellte er Trompeter, die ein G spielten, auf einen mit $70 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ fahrenden Eisenbahnwagen. Neben der Bahnstrecke standen weitere Musiker, die die gehörte Tonhöhe bestimmen mussten. Diese war beim herannahenden Zug einen Halbton höher, beim sich entfernenden Zug tiefer.

Übungsaufgabe: Experimenteller Nachweis des Doppler-Effekts ●●

Für eine bewegte Schallquelle und einen ruhenden Beobachter gilt: $f' = f \cdot \frac{c}{c \pm v}$

Dabei ist f die ausgesandte Frequenz, f' die gehörte Frequenz, c die Schallgeschwindigkeit und v die Geschwindigkeit der Schallquelle (– wenn sich die Schallquelle auf den Beobachter zubewegt, + wenn sie sich wegbewegt.)

Rechne nach, dass die Angaben zum experimentellen Nachweis des Doppler-Effekts (linke Spalte) stimmig sind.

(Da eine Oktave aus zwölf Halbtönen besteht, erhöht sich die Frequenz mit jedem Halbton um den Faktor $\sqrt[12]{2}$.)