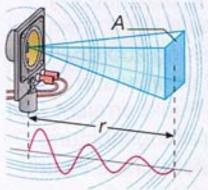
Wellen: Arbeitsauftrag 1

Begründen sie, dass die im Text angegebene Beziehung für die Energie gilt!



1 Wellenenergie im Medium

Energie einer Welle

Wellen transportieren Energie, denn mit ihrer Ausbreitung werden immer neue Punkte des Mediums zum Oszillator. In einer harmonischen Welle hat jeder Oszillator die Energie $E = 2\pi^2 m f^2 s_M^2$.

Die Gesamtenergie der Welle ist dann die Summe der Energiebeträge aller n beteiligten Oszillatoren:

$$E_{ges} = 2\pi^2 f^2 s_M^2 \cdot (m_1 + m_2 + m_3 + \ldots + m_n)$$
$$= 2\pi^2 f^2 s_M^2 \cdot M$$

M ist die Gesamtmasse des Teiles im Medium, der von der Welle erfasst wird.

Die Energie einer Welle wächst mit dem Quadrat von Frequenz und Amplitude.

Eine punktförmige Quelle sendet Wellen in alle Richtungen. In der Zeitspanne $\Delta t = r/c$ gibt sie in die Kugel mit dem Volumen $V = 4/3\,\pi r^3$ und der Masse $M = \varrho \cdot V$ (ϱ ist die Dichte des Mediums) die Energie

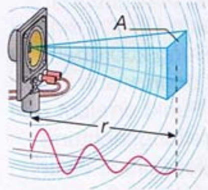
$$E = 8/3\,\pi^3 \varrho r^3 f^2 s_M^2$$

ab. Solange Frequenz und Amplitude konstant bleiben, ändert sie sich nicht. Der gleiche Energiebetrag muss daher die Kugel durch ihre Oberfläche verlassen. Deren Oberfläche nimmt quadratisch mit dem Radius r der Kugel zu. Die Energie der Welle sinkt daher, bezogen auf die Oberfläche, mit der Entfernung von der Quelle. Da Frequenz und Wellenlänge der Welle konstant bleiben, muss ihre Amplitude abnehmen (Abb. ► 1).

Die Amplitude einer Welle nimmt quadratisch mit der Entfernung zur Quelle ab.

Wellen: Arbeitsauftrag 1

Begründen sie, dass die im Text angegebene Beziehung für die Energie gilt!



1 Wellenenergie im Medium

Energie einer Welle

Wellen transportieren Energie, denn mit ihrer Ausbreitung werden immer neue Punkte des Mediums zum Oszillator. In einer harmonischen Welle hat jeder Oszillator die Energie $E = 2\pi^2 m f^2 s_M^2$.

Die Gesamtenergie der Welle ist dann die Summe der Energiebeträge aller n beteiligten Oszillatoren:

$$E_{ges} = 2\pi^2 f^2 s_M^2 \cdot (m_1 + m_2 + m_3 + \ldots + m_n)$$
$$= 2\pi^2 f^2 s_M^2 \cdot M$$

M ist die Gesamtmasse des Teiles im Medium, der von der Welle erfasst wird.

Die Energie einer Welle wächst mit dem Quadrat von Frequenz und Amplitude.

Eine punktförmige Quelle sendet Wellen in alle Richtungen. In der Zeitspanne $\Delta t = r/c$ gibt sie in die Kugel mit dem Volumen $V = 4/3\,\pi r^3$ und der Masse $M = \varrho \cdot V$ (ϱ ist die Dichte des Mediums) die Energie

$$E = 8/3\,\pi^3 \varrho r^3 f^2 s_M^2$$

ab. Solange Frequenz und Amplitude konstant bleiben, ändert sie sich nicht. Der gleiche Energiebetrag muss daher die Kugel durch ihre Oberfläche verlassen. Deren Oberfläche nimmt quadratisch mit dem Radius r der Kugel zu. Die Energie der Welle sinkt daher, bezogen auf die Oberfläche, mit der Entfernung von der Quelle. Da Frequenz und Wellenlänge der Welle konstant bleiben, muss ihre Amplitude abnehmen (Abb. ► 1).

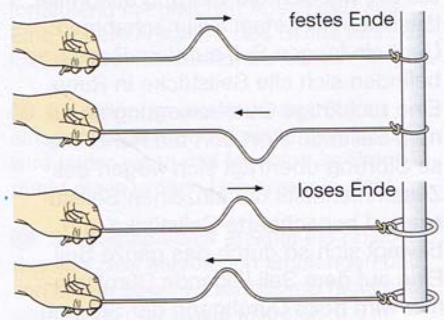
Die Amplitude einer Welle nimmt quadratisch mit der Entfernung zur Quelle ab.

Wellen: Arbeitsauftrag 2
Erläutern sie ihren Mitschülern in einer kurzen Präsentation
Den Unterschied zwischen der Reflexion an einem festen bzw.
losen Ende. Kann man die Beobachtung auch mit dem Begriff
der Phase beschreiben? Bauen sie den beschriebenen Versuch auf!

Die Reflexion von Wellen

Eine Wasserwelle, die auf den Beckenrand trifft, wird teilweise zurückgeworfen. Eine Welle auf einem Seil oder einer Schraubenfeder läuft bis zum Ende und kehrt dort um. Man beobachtet:
Treffen Wellen auf eine Grenzfläche, so werden sie dort reflektiert.

Mit Seilwellen lässt sich die Reflexion beispielhaft untersuchen (Abb. ▶ 2). Es zeigt sich dabei, dass man unterscheiden muss, ob sich das reflektierende Ende frei bewegen kann oder ob ein festes Ende vorliegt:
Bei einem festen Ende wird ein Berg als Tal und ein Tal als Berg reflektiert.
Bei einem losen Ende wird ein Berg als Berg und ein Tal als Tal reflektiert.

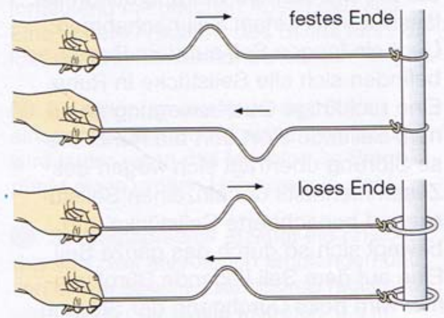


2 Zur Reflexion von Seilwellen

Die Reflexion von Wellen

Eine Wasserwelle, die auf den Beckenrand trifft, wird teilweise zurückgeworfen. Eine Welle auf einem Seil oder einer Schraubenfeder läuft bis zum Ende und kehrt dort um. Man beobachtet:
Treffen Wellen auf eine Grenzfläche, so werden sie dort reflektiert.

Mit Seilwellen lässt sich die Reflexion beispielhaft untersuchen (Abb. ▶ 2). Es zeigt sich dabei, dass man unterscheiden muss, ob sich das reflektierende Ende frei bewegen kann oder ob ein festes Ende vorliegt:
Bei einem festen Ende wird ein Berg als Tal und ein Tal als Berg reflektiert.
Bei einem losen Ende wird ein Berg als Berg und ein Tal als Tal reflektiert.



2 Zur Reflexion von Seilwellen

Wellen: Arbeitsauftrag 2
Erläutern sie ihren Mitschülern in einer kurzen Präsentation
Den Unterschied zwischen der Reflexion an einem festen bzw.
losen Ende. Kann man die Beobachtung auch mit dem Begriff
der Phase beschreiben? Bauen sie den beschriebenen Versuch auf!

Wellen: Arbeitsauftrag 3

Bereiten sie eine kurze Präsentation zum Dopplereffekt vor!

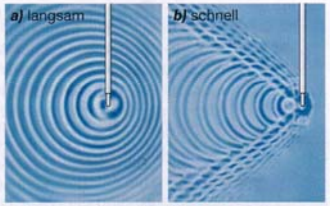
Der Dopplereffekt

VERSUCHE

An einer Stelle lassen sich herannahende und sich entfernende Fahrzeuge an der Tonhöhe ihrer Fahrgeräusche unterscheiden. Christian Doppler untersuchte 1842 als erster diesen Effekt.

① Auf einem kleinen Wagen ist ein tönender Lautsprecher befestigt. Der Wagen bewegt sich zunächst auf ein Mikrofon zu, dann von ihm weg. Bei konstanter Frequenz des vom Lautsprecher erzeugten Tones mit $f = 10\,000$ Hz wird im ersten Fall $f' = 10\,006$ Hz, im zweiten Fall $f'' = 9\,994$ Hz beim Mikrofon registriert.

② Ein verschieden schnell bewegter Stift taucht periodisch in eine Wasseroberfläche ein. Abb. ▸ 1 zeigt das Ergebnis.



1 Verschieden schnell bewegte Erreger

Bewegte Sender oder Empfänger von Wellen

Frequenzänderungen, die bei bewegten Sendern oder Empfängern von Wellen zu beobachten sind, werden als ***Dopplereffekt*** bezeichnet.

Bei einem mit eingeschalteter Sirene herannahenden Polizeiauto wird ein höherer Ton wahrgenommen, als bei einem ruhenden bzw. einem sich entfernenden Auto. Da die Schallquelle mit unveränderter Frequenz Wellen aussendet, muss ihr Bewegungszustand eine Rolle bei der Änderung der beobachteten Frequenz spielen.

Zur Erklärung wird angenommen, dass sich ein Sender S mit der Geschwindigkeit v zwischen zwei ruhenden Beobachtern B_1 und B_2 bewegt (Abb. ▸ 2a). Den Beobachter B_1, auf den sich der Sender zubewegt, erreichen aufeinander folgende Wellenfronten in kürzeren Abständen als bei ruhendem Sender. In jeder Periode bewegt sich S um die Strecke $v \cdot T = v/f$ in Richtung nach B_1. Dabei bezeichnen T die Dauer der Periode und f die Frequenz der Welle. Die nächste Periode beginnt näher an B_1. B_1 beobachtet also gegenüber der ursprünglichen Wellenlänge $\lambda = c/f$ eine um v/f verkürzte Wellenlänge λ':

$\lambda' = \lambda - v/f$

Entfernt sich der Sender vom Beobachter, so erhöht sich die Wellenlänge λ'' um diese Strecke v/f, also:

$\lambda'' = \lambda + v/f$

Bewegt sich ein Sender auf einen ruhenden Beobachter zu, so vergrößert sich die Frequenz von f auf f':

$$f' = \frac{c}{\lambda'} = f \cdot \frac{c}{c-v}$$

Bewegt sich der Sender vom ruhenden Beobachter weg, so verringert sich die Frequenz von f auf f'':

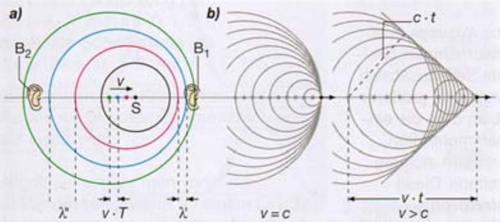
$$f'' = \frac{c}{\lambda''} = f \cdot \frac{c}{c+v}$$

Bei ruhendem Sender und bewegtem Beobachter ergeben ähnliche Überlegungen

für Annäherung: $f' = f \cdot (c+v)/c$

für Entfernen: $f'' = f \cdot (c-v)/c$

Bewegt sich der Sender schneller als die Ausbreitungsgeschwindigkeit c der Wellen, so treffen beim Empfänger, nachdem sich der Sender bereits vorbeibewegt hat, zu Beginn gleichzeitig sehr viele Wellenfronten ein, sie bilden den ***Mach'schen Kegel*** (Abb. ▸ 2b). Er tritt als Bugwelle von Schiffen oder als Überschallknall von Flugzeugen auf.



2 Wellenfronten bewegter Sender

Wellen: Arbeitsauftrag 3

Bereiten sie eine kurze Präsentation zum Dopplereffekt vor!

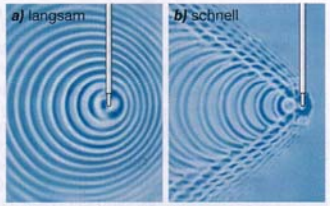
Der Dopplereffekt

VERSUCHE

An einer Stelle lassen sich herannahende und sich entfernende Fahrzeuge an der Tonhöhe ihrer Fahrgeräusche unterscheiden. Christian Doppler untersuchte 1842 als erster diesen Effekt.

① Auf einem kleinen Wagen ist ein tönender Lautsprecher befestigt. Der Wagen bewegt sich zunächst auf ein Mikrofon zu, dann von ihm weg. Bei konstanter Frequenz des vom Lautsprecher erzeugten Tones mit $f = 10\,000$ Hz wird im ersten Fall $f' = 10\,006$ Hz, im zweiten Fall $f'' = 9\,994$ Hz beim Mikrofon registriert.

② Ein verschieden schnell bewegter Stift taucht periodisch in eine Wasseroberfläche ein. Abb. ▸ 1 zeigt das Ergebnis.



1 Verschieden schnell bewegte Erreger

Bewegte Sender oder Empfänger von Wellen

Frequenzänderungen, die bei bewegten Sendern oder Empfängern von Wellen zu beobachten sind, werden als ***Dopplereffekt*** bezeichnet.

Bei einem mit eingeschalteter Sirene herannahenden Polizeiauto wird ein höherer Ton wahrgenommen, als bei einem ruhenden bzw. einem sich entfernenden Auto. Da die Schallquelle mit unveränderter Frequenz Wellen aussendet, muss ihr Bewegungszustand eine Rolle bei der Änderung der beobachteten Frequenz spielen.

Zur Erklärung wird angenommen, dass sich ein Sender S mit der Geschwindigkeit v zwischen zwei ruhenden Beobachtern B_1 und B_2 bewegt (Abb. ▸ 2a). Den Beobachter B_1, auf den sich der Sender zubewegt, erreichen aufeinander folgende Wellenfronten in kürzeren Abständen als bei ruhendem Sender. In jeder Periode bewegt sich S um die Strecke $v \cdot T = v/f$ in Richtung nach B_1. Dabei bezeichnen T die Dauer der Periode und f die Frequenz der Welle. Die nächste Periode beginnt näher an B_1. B_1 beobachtet also gegenüber der ursprünglichen Wellenlänge $\lambda = c/f$ eine um v/f verkürzte Wellenlänge λ':

$\lambda' = \lambda - v/f$

Entfernt sich der Sender vom Beobachter, so erhöht sich die Wellenlänge λ'' um diese Strecke v/f, also:

$\lambda'' = \lambda + v/f$

Bewegt sich ein Sender auf einen ruhenden Beobachter zu, so vergrößert sich die Frequenz von f auf f':

$$f' = \frac{c}{\lambda'} = f \cdot \frac{c}{c-v}$$

Bewegt sich der Sender vom ruhenden Beobachter weg, so verringert sich die Frequenz von f auf f'':

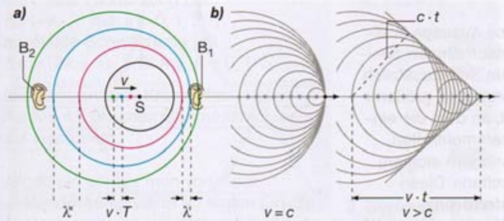
$$f'' = \frac{c}{\lambda''} = f \cdot \frac{c}{c+v}$$

Bei ruhendem Sender und bewegtem Beobachter ergeben ähnliche Überlegungen

für Annäherung: $f' = f \cdot (c+v)/c$

für Entfernen: $f'' = f \cdot (c-v)/c$

Bewegt sich der Sender schneller als die Ausbreitungsgeschwindigkeit c der Wellen, so treffen beim Empfänger, nachdem sich der Sender bereits vorbeibewegt hat, zu Beginn gleichzeitig sehr viele Wellenfronten ein, sie bilden den ***Mach'schen Kegel*** (Abb. ▸ 2b). Er tritt als Bugwelle von Schiffen oder als Überschallknall von Flugzeugen auf.



2 Wellenfronten bewegter Sender