

Übung 1 Schwingungen und Wellen (1)

Lernziel

- Problemstellungen zu Schwingungen und Wellen analysieren und lösen können.

Aufgaben

1. Ein **U-förmiger Schlauch** ist etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Wenn man kurz in die eine Schlauchöffnung bläst, kann man beobachten, wie das Wasser hin- und herschaukelt.
 - a) Wie kommt diese Schaukelbewegung zu Stande? Welche Kräfte sind hier im Spiel?
 - b) Begründen Sie, dass die Auf- und Abbewegung des Wasserspiegels eine harmonische Schwingung ist.

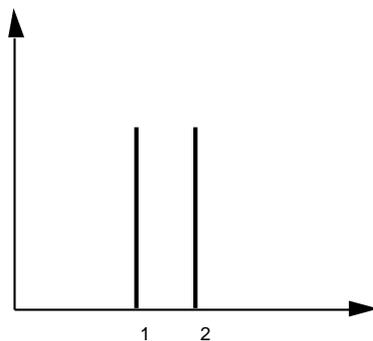
2. Aus einem **Fenster**, das 60 cm breit ist, dringt ein Ton mit einer Frequenz von 5.0 kHz. Eine Person, die in 10 m Entfernung parallel zur Fensterebene vorbeigeht, stellt abwechselnd Maxima und Minima der Lautstärke fest. Wie lässt sich diese Erscheinung erklären?

3. **Fledermäuse** sind nachtaktive Tiere. Um sich zu orientieren, senden sie Ultraschallsignale aus und empfangen mit ihren grossen Ohren das Echo. Mit Hilfe dieser Ultraschallortung können sie ziemlich genau rekonstruieren, wie ihre Umgebung aussieht.
 - a) Gewisse Fledermäuse erkennen ein Hindernis oder eine Beute aus 6 m Entfernung. Zur Entfernungsmessung dient der Zeitunterschied zwischen dem ausgesandten und dem empfangenen Signal. Wie gross ist der Zeitunterschied hier?
 - b) Die grosse Hufeisennase benützt Ultraschall der Frequenz 83 kHz. Welche Wellenlänge haben diese Schallwellen?
 - c) Am besten hört die Hufeisennase bei der Frequenz von 83 Hz. Wenn sie auf ein Objekt zufliegt, erhöht sich aber durch den Dopplereffekt die Frequenz des Schallsignals. Diesen Effekt berücksichtigt die Fledermaus, indem sie Schallwellen einer tieferen Frequenz aussendet, und zwar so, dass das Echo eine Frequenz von 83 kHz hat. Angenommen, die Fledermaus fliegt mit 15 km/h auf ein Objekt zu. Mit welcher Frequenz muss sie "senden"? Denken Sie daran, dass sich mit der Fledermaus Sender und Empfänger bewegen!

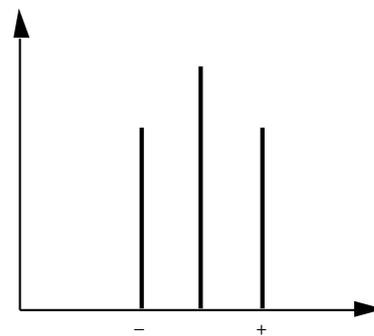
4.
 - a) **Erdbeben** können sich in der Erdkruste sowohl durch Longitudinalwellen als auch durch Transversalwellen ausbreiten. Hingegen lässt sich beobachten, dass die Ausbreitung tief im Erdinnern stets durch Longitudinalwellen erfolgt. Was lässt sich hieraus über den Zustand der Materie im Erdinnern schliessen?
 - b) Erdbeben können mit Seismometern nachgewiesen werden, die im Wesentlichen aus grossen aufgehängten Betonquadranten bestehen. Die Aufhängung dieser Pendel muss mit dem Untergrund fest verbunden sein. Der Betonklotz folgt dann der Bewegung des Untergrundes mit grosser Verzögerung. Zuerst werden die Längs- und dann die Querwellen registriert. Welche Entfernung hat ein Erdbebenzentrum, wenn zwischen dem Eintreffen der beiden Störungen 8 Minuten verstreichen und für die Ausbreitungsgeschwindigkeit gilt:
$$c_{\text{long}} = 10 \text{ km/s} \qquad c_{\text{trans}} = \frac{1}{\sqrt{3}} c_{\text{long}}$$
 - c) Nach dem Erdbeben vom 19.9.1985, das grosse Teile von Mexico City erschütterte, konnten abwechselnd Gebiete mit grosser bzw. kleiner Zerstörung festgestellt werden. Ausserdem erlitten Gebäude, die 5 bis 15 Stockwerke hoch waren, die grössten Schäden. Wie lassen sich diese Beobachtungen erklären?

5. Mit Hilfe der beiden **Ohren** können wir feststellen, aus welcher Richtung ein Geräusch kommt. Zudem spielen die Ohrmuscheln, die den Schall reflektieren und sammeln, beim Erkennen der Richtung eine wesentliche Rolle. Das Richtungshören ist übrigens wichtig, wenn wir uns bei Hintergrundlärm unterhalten wollen.
Bei Frequenzen von bis zu 1000 Hz orten wir die Richtung der Schallquelle auch dadurch, dass das Signal nicht genau gleichzeitig bei beiden Ohren ankommt. Die Ohren registrieren eine Phasendifferenz zwischen den links bzw. rechts eintreffenden Schallwellen.
- Wie gross ist der Zeitunterschied zwischen dem Eintreffen des Schalls beim rechten bzw. linken Ohr, wenn der Schall seitlich von rechts kommt?
 - Bei welcher Frequenz beträgt der Unterschied zwischen den links bzw. rechts eintreffenden Schallwellen genau eine Wellenlänge?
 - Weshalb ist es für uns unmöglich, unter Wasser die Richtung einer Schallquelle anzugeben?
 - Bei Frequenzen von über 4000 Hz kann die Schallquelle mit dem Unterschied im Pegel zwischen den links und rechts eintreffenden Signalen geortet werden. Bei sehr hohen Frequenzen kann die Differenz bis zu 30 dB betragen. Wie gross ist der Intensitätsunterschied?
6. Eine **Hundepfeife** erzeugt einen sehr hohen, für Menschen unhörbaren Ton mit einer Frequenz von etwa 25 kHz. Wie lang ist die Pfeife, wenn sie als beidseitig offene Röhre betrachtet werden kann?
7. Die beiden Abbildungen zeigen die **Spektren von Schwingungen**, die aus zwei bzw. drei Sinusschwingungen verschiedener Frequenzen zusammengesetzt sind. Zeichnen Sie für beide Fälle den Schwingungsverlauf in Abhängigkeit von der Zeit auf.

a)



b)



Quelle

Dreyer, H.P. et al.: Phänomene, Sabe, Zürich 2000, ISBN 3-252-07209-2
(1: 3.1 102, 2: 3.2 108, 3: 3.2 103, 4: 3.2 106, 5: 3.3 101, 6: 3.3 105, 7: 3.3 106)

Lösungen

1. a) ...
Die resultierende Kraft entspricht der Gewichtskraft einer Wassersäule der Höhe h .
b) ...

2. Beugung: Interferenz von Elementarwellen

3. a) $t = 0.04 \text{ s}$
b) $\lambda = 4.0 \text{ mm}$
c) $f_0 = 81 \text{ kHz}$

4. a) nicht fest
b) $d = 6550 \text{ km}$
c) stehende Wellen

5. a) $t = 0.44 \text{ ms}$
b) $f = 2.3 \text{ kHz}$
c) Schallgeschwindigkeit c höher unter Wasser
 c höher λ kleiner
d) Faktor 1000

6. $l = 6.8 \text{ mm}$

7. a) $y(t) = A \left(\sin(\omega_1 t) + \sin(\omega_2 t) \right) = 2A \sin \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t \cos \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t$
Schwebung

b) $y(t) = A_1 \left(\sin((\omega - \Delta\omega)t) + \sin((\omega + \Delta\omega)t) \right) + A_2 \sin(\omega t) = \left(A_2 + 2A_1 \cos(\Delta\omega t) \right) \sin(\omega t)$
Schwingung, deren Amplitude mit der Frequenz $\Delta\omega$ moduliert ist.