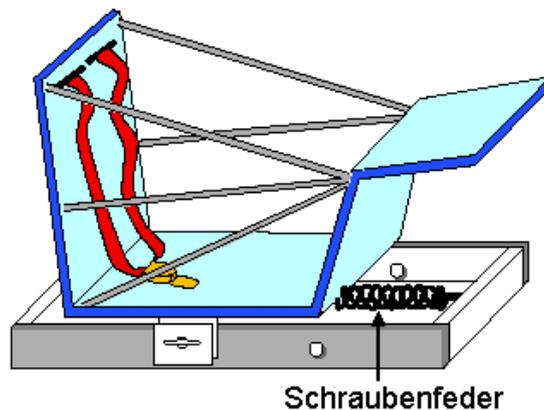


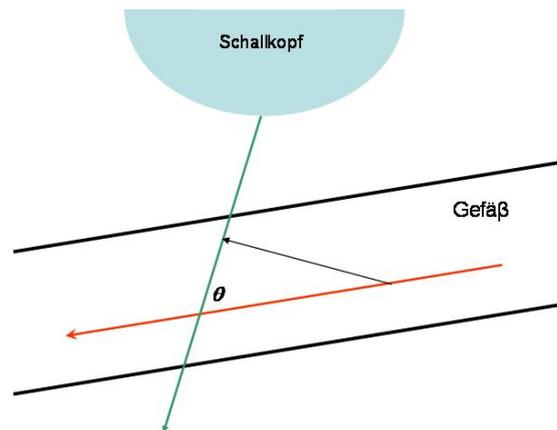
Thema: Schwingungen und Wellen

- 1) Wenn Delphine auf Beutezug gehen, nutzen sie ein Echolotverfahren mit Ultraschall, um ihre Beute zu lokalisieren.
Auf 100 m Entfernung kann der Delphin noch ein Objekt von 10 cm Größe wahrnehmen. Welche Laufzeit hatte die Schallwelle? (Es ist: $c_{H_2O} = 1483 \text{ m/s}$; Delphin und Beute bewegen sich während des Vorgangs nicht.)
- 2) Unter Schwerelosigkeit ist es überlebenswichtig, regelmäßig die Fitness der Astronauten zu überprüfen. Um das Gewicht eines Astronauten ohne Erdanziehung zu messen, bedient sich die NASA einer Art Federpendel, wobei der Astronaut im Sitz das schwingende Gewicht darstellt. Das in der Abbildung skizzierte "Body Mass Measurement Device" misst die Periodendauer T , um daraus die Masse des Astronauten zu bestimmen.
 - a) Wie groß ist T , wenn Sitz plus Astronaut 90 kg wiegen und die Federkonstante $k = 10^4 \text{ N/m}$ beträgt?
 - b) Welche Masse hat ein Astronaut, wenn die Schwingungsfrequenz 1,5 Hz beträgt und der Sitz 30 kg wiegt?



- 3)
 - a) Ein Patient mit entzündeten Nasennebenhöhlen erhält eine Mikrowellenbestrahlung. Das Mikrowellentherapiegerät sendet elektromagnetische Wellen mit einer Frequenz von etwa 2,45 GHz aus. Wie groß ist die Wellenlänge dieser Strahlung in der Luft?
 - b) Im menschlichen Gewebe beträgt die Schallgeschwindigkeit 1,5 km/s. Die Wellenlänge, mit der ein Schallkopf eines medizinischen Gerätes zur sonographischen Diagnostik Ultraschall emittiert, beträgt etwa $125 \mu\text{m}$. Mit welcher Frequenz sendet das Gerät Schallwellen aus?
- 4) Ultraschall wird in der medizinischen Diagnostik auch zur Untersuchung von z.B. Blutflüssen verwendet. Hierfür wird die Frequenzverschiebung gemessen, die von den

bewegten Erythrozyten hervorgerufen wird (Doppler-Effekt). Es werden zuerst Ultraschallwellen vom ruhenden Schallkopf auf die bewegten Erythrozyten hin und dann von den bewegten Erythrozyten an den ruhenden Schallkopf zurück gesendet. Es finden also zwei Doppler-Verschiebungen hintereinander statt. Wie groß ist die gemessene Frequenz, wenn das Ultraschallgerät mit einer Frequenz von 10 MHz unter einem Winkel von $\theta = 30^\circ$ (siehe Skizze) auf die Aorta einstrahlt, in welcher sich das Blut mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s bewegt? (Für den Fall des bewegten Senders kann die Näherungsformel aus der Vorlesung verwendet werden.)

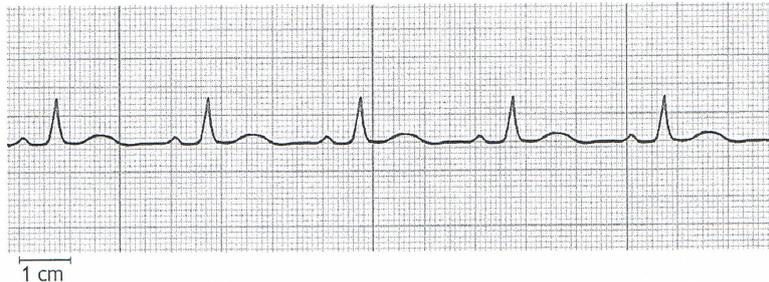


- 5) Das menschliche Gehör ist in dem Frequenzbereich am empfindlichsten, der in etwa der (kleinsten) Eigenfrequenz des äußeren Gehörgangs entspricht.
 - a) Berechnen Sie diese Frequenz unter der Annahme, dass der äußere Gehörgang als akustischer Hohlraumresonator angesehen werden kann, welcher die Form eines langen, dünnen Rohrs hat. Dabei ist ein Ende des Resonators offen und eines geschlossen. Die Länge der Luftsäule im Gehörgang betrage 2,9 cm.
 - b) Wenn es mit dem Alter zu einem Hörverlust gegenüber einem gesunden Gehör von 3 dB auf dem rechten Ohr kommt, um welchen Faktor wird dann die Hörschwelle I_0 zu höheren Intensitäten I verschoben?
 - c) Das Ohr kann in einem extremen Lautstärkebereich arbeiten, der von $L_1 = 0$ Phon bis $L_2 = 130$ Phon reicht. Berechnen Sie die Schallintensitäten I_1 und I_2 für die Frequenz $f = 1$ kHz für beide Extremfälle. (Die Hörschwelle liegt bei $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$).
- 6) Ein einzelner Sänger eines Chores hat eine Lautstärke von $L_1 = 72$ Phon. Im gesamten Chor sind 100 Sänger. Um wie viel Phon ist der gesamte Chor lauter als der einzelne Sänger?

- 7) Das Elektrokardiogramm (EKG) eines Patienten wird auf einem Papierstreifen aufgezeichnet, der mit einer Geschwindigkeit von 30 mm/s unter den Schreibstiften hindurchtransportiert wird. Die R-Zacken erscheinen in regelmäßigem Abstand von 12 mm auf dem Papier. Wie groß ist die Herzfrequenz?

(A) 60 min^{-1} (B) 90 min^{-1} (C) 120 min^{-1} (D) 150 min^{-1} (E) 180 min^{-1}

- 8) Bestimmen Sie die Herzfrequenz bei dem (repräsentativen) Ausschnitt des Elektrokardiogramms (EKG) eines Patienten, das mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 50 mm/s aufgezeichnet wurde:



(A) 50 min^{-1} (B) 80 min^{-1} (C) 100 min^{-1} (D) 120 min^{-1} (E) 140 min^{-1}

- 9) Myosin ist im Muskel an der Umwandlung von chemischer Energie in Kraft und Bewegung beteiligt. In einem einfachen mechanischen Modell kann man sich das Myosin-Molekül als eine (Ideal dem Hooke'schen Gesetz gehorchende) Feder mit einer Federkonstante von $5.0 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ vorstellen, die durch chemische Prozesse bis zu einer Auslenkung von 5 nm gespannt wird. Etwa wie groß ist dann die (Spann-) Energie in dem gespannten Myosin-Molekül?

(A) $6.3 \cdot 10^{-20} \text{ Nm}$ (B) $1.2 \cdot 10^{-19} \text{ Nm}$ (C) $6.3 \cdot 10^{-14} \text{ Nm}$
 (D) $2.5 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}$ (E) $2.5 \cdot 10^{-8} \text{ Nm}$

- 10) Welche Wellenlänge haben Schallwellen einer Frequenz von 500 kHz in Wasser (Schallgeschwindigkeit in Wasser: $c_W \approx 1500 \text{ m/s}$)?

(A) 3 mm (B) 5 mm (C) 3 cm (D) 5 cm (E) 15 cm