Übung 3 Schwingungen und Wellen (3)

Lernziel

- Problemstellungen zu Schwingungen und Wellen analysieren und lösen können.

Aufgaben

1. Eine Trompete ist ein beidseits offenes Rohr, in welchem eine Luftsäule Eigenschwingungen ausführen kann.

   Das Anspielen eines Tones entspricht dem Anregen einer Eigenschwingung. Bei einer bestimmten Länge der Trompete können also nur bestimmte Töne gespielt werden, die sogenannten Naturtöne, nämlich der Grundton und die dazugehörigen Obertöne.

   Eine Tonleiter erstreckt sich über eine Oktave, welche in 12 Halbtonschritte unterteilt ist.
   Das Frequenzverhältnis zweier Töne, die um eine Oktave auseinander liegen, beträgt 2:1.

   Ein Trompetenbauer macht die folgende Behauptung:

   "Es ist möglich, eine Trompete zu bauen, bei welcher es zwei benachbarte Naturtöne gibt, die genau um einen Halbton auseinander liegen."

   Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob diese Aussage wahr oder falsch ist.

2. Von einer Orgelpfeife kennt man die Frequenzen von drei Oberschwingungen:

   369 Hz 492 Hz 738 Hz

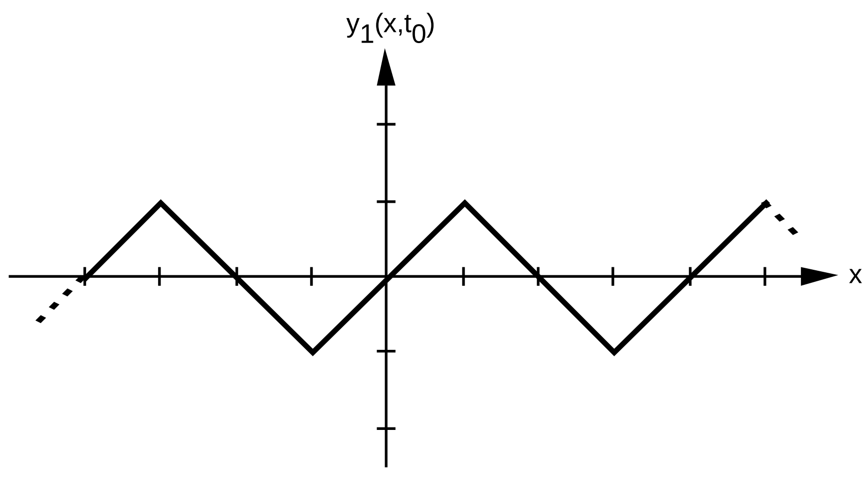
   Man weiss jedoch nicht, ob die drei Oberschwingungen aufeinander folgende Oberschwingungen sind (z.B. 3./4./5. OS).
   Es ist also möglich, dass es zwischen den drei gegebenen Frequenzen noch Frequenzen von weiteren Oberschwingungen hat.

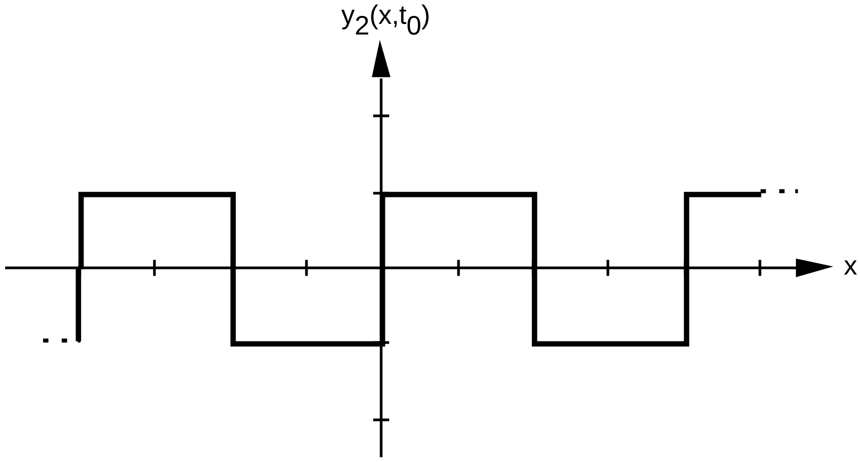
   Begründen Sie, dass es sich bei der Orgelpfeife nicht um eine einseitig offene Pfeife handeln kann, sondern dass sie entweder beidseits geschlossen oder beidseits offen sein muss.

3. Gegeben sind zwei lineare Wellen, eine Dreieckswelle $y_1(x,t)$ und eine Rechteckswelle $y_2(x,t)$.

   Beide haben die gleiche Wellenlänge und die gleiche Frequenz. Die Dreieckswelle breitet sich in positiver x-Richtung aus, die Rechteckswelle in negativer x-Richtung.

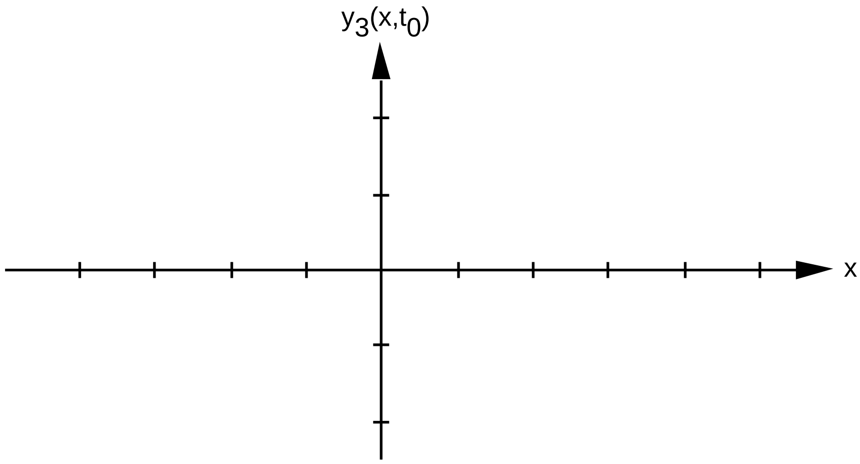
   Die folgenden Grafiken zeigen die Momentaufnahmen der Wellen $y_1(x,t)$ und $y_2(x,t)$ zu einem bestimmten Zeitpunkt $t = t_0$:



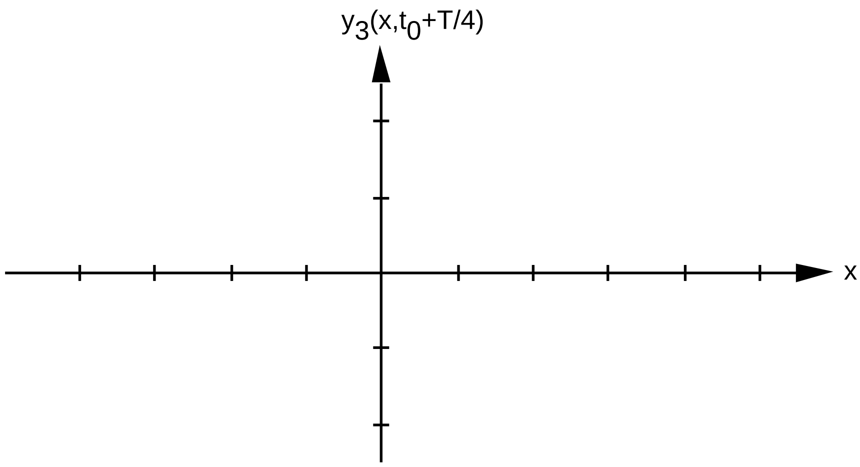


Eine dritte Welle $y_3(x,t)$ entsteht durch Überlagerung der beiden Wellen $y_1(x,t)$ und $y_2(x,t)$:
$y_3(x,t) = y_1(x,t) + y_2(x,t)$

a) Zeichnen Sie die Momentaufnahme der Welle $y_3(x,t)$ zum Zeitpunkt $t = t_0$:

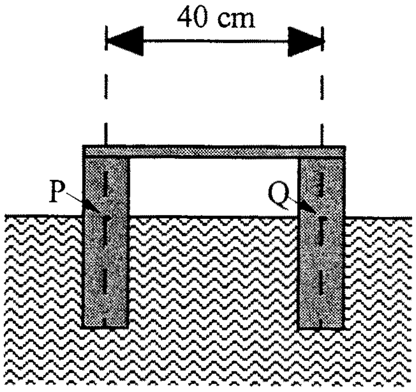


b) Zeichnen Sie, wie die Welle $y_3(x,t)$ eine Viertel-Schwingungsdauer später aussieht. Gefragt ist also nach der Momentaufnahme der Welle $y_1(x,t)$ zum Zeitpunkt $t = t_0+T/4$:



4. (siehe Seite 3)

4. Ein Schwimmkörper der Masse 0.100 kg besteht aus zwei im Abstand von 40 cm starr verbundenen Zylindern mit r = 1 cm Abstand.



Der Körper wird, ausgehend von seiner Ruhe-Eintauchtiefe, symmetrisch etwas tiefer eingetaucht. Nach dem Loslassen führt er eine annähernd harmonische Schwingung aus.

Eine Berechnung, die Sie nicht ausführen müssen, würde ergeben, dass die Schwingungsdauer 1.1 s beträgt.

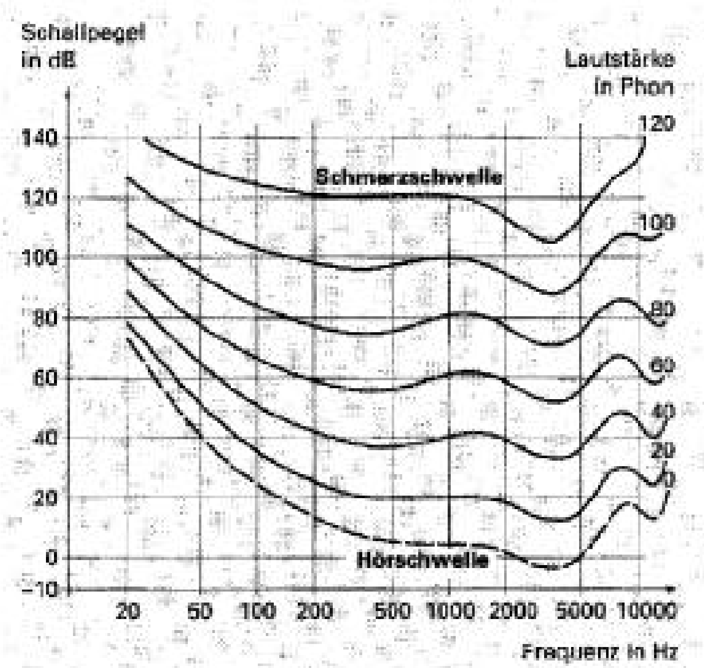
Durch die Bewegung des Körpers werden an der Wasseroberfläche Kreiswellen erzeugt. Diese Wellen gehen vereinfacht betrachtet von den Punktquellen P und Q aus und breiten sich mit der Geschwindigkeit 0.25 m/s aus.

Wie viele ruhige Wasserstellen (Interferenzminima) würde man antreffen, wenn man mit einem Schiff den Schwimmkörper einmal umkreiste?

5. Ein als punktförmige Schallquelle betrachteter Lautsprecher strahlt mit einer Schallleistung von 10 W in alle Richtungen gleichverteilt einen Ton der Frequenz 5 kHz ab.

Bestimmen Sie die Lautstärke im Abstand 20 m vom Lautsprecher.

Der Zusammenhang zwischen der Lautstärke und dem Schallpegel ist in der folgenden Grafik angegeben:

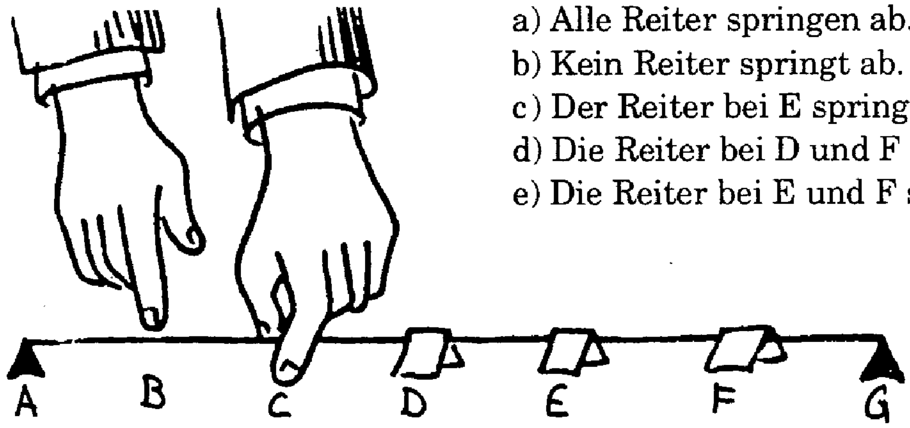


6. (siehe Seite 4)

6. Aufgabe aus:
Epstein, L.C.: Epsteins Physikstunde. 3. Auflage, Birkhäuser, Basel 1002, ISBN 3-7643-2771-5

PLING

Eine Gitarrensaite ist zwischen die Punkte A und G gespannt. Die Saite wird mit den Punkten B, C, D, E, F in gleiche Intervalle unterteilt. An den Punkten D, E und F werden Papierreiter auf die Saite gelegt. Die Saite wird an C festgehalten und an B gezupft. Was geschieht?



a) Alle Reiter springen ab.
b) Kein Reiter springt ab.
c) Der Reiter bei E springt ab.
d) Die Reiter bei D und F springen ab.
e) Die Reiter bei E und F springen ab.

Lösungen

1. Das Gleichungssystem

$$f_1 = n \cdot f_0$$
$$f_2 = (n+1) \cdot f_0$$
$$f_2 = \sqrt[12]{2} \cdot f_1$$

ergibt die Lösung n = 16.95

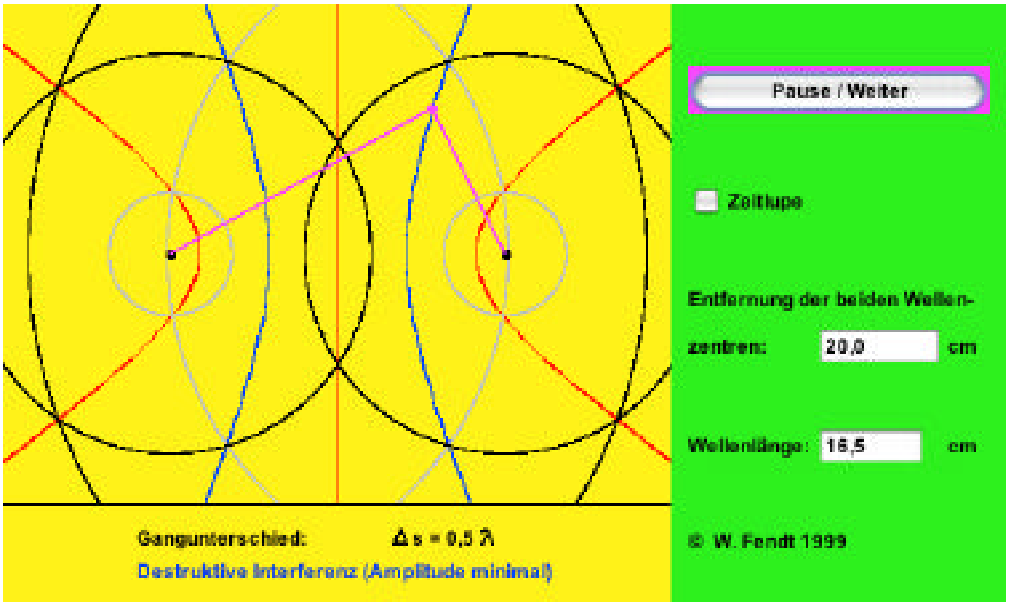
Damit die beiden Naturtöne genau einen Halbton auseinander liegen, müsste n eine ganze Zahl sein. Es ist Ermessenssache, ob für die praktische Anwendung 16.95 genügend nahe bei 17 liegt.

2. Bei einem einseitig offenen Rohr ist es nicht möglich, dass eine Eigenschwingung die doppelte Frequenz hat als eine andere Eigenschwingung (738 Hz = 2·369 Hz).

3. a) An jedem Ort x überlagern sich (Addition) die Elongationen der beiden Wellen y_1 und y_2.

   b) In der Zeit T/4 hat sich die Welle y_1 um eine x-Einheit (1 Strich = 1 Einheit) nach rechts bewegt, die Welle y_2 um eine x-Einheit nach links.
   Die so verschobenen Wellen müssen an jeder Stelle x überlagert werden (analog zu a)).

4. 4 Interferenzmaxima bei einem vollständigen Umgang
(siehe Grafik, Quelle: http://www.zum.de/ma/fendt/ph14d/interferenz.htm)



Hinweis:
Der reale Abstand der Wellenzentren beträgt zwar d = 40 cm und die wahre Wellenlänge beträgt λ = 33 cm. Die Lage der Interferenzmaxima und -minima ist jedoch gleich wie in der Grafik dargestellt (für d = 20.0 cm und λ = 16.5 cm).

5. Schallpegel L = 93 dB
Lautstärke (bei 5 kHz) ≈ 100 Phon

6. (siehe Seite 6)

6.

ANTWORT: PLING Die Antwort ist: d. In diesem Fall sagt ein Bild mehr als 1000 Worte. Die Skizze zeigt, wie die Saite vibriert und welche Reiter abspringen.