

Repetitions-Übung 2 Schwingungen, Wellen, Optik

Aufgaben

1. Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob die folgende Aussage wahr oder falsch ist:
"Der Fresnel'sche Spiegelversuch zeigt auf, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter besitzt."

2. 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.

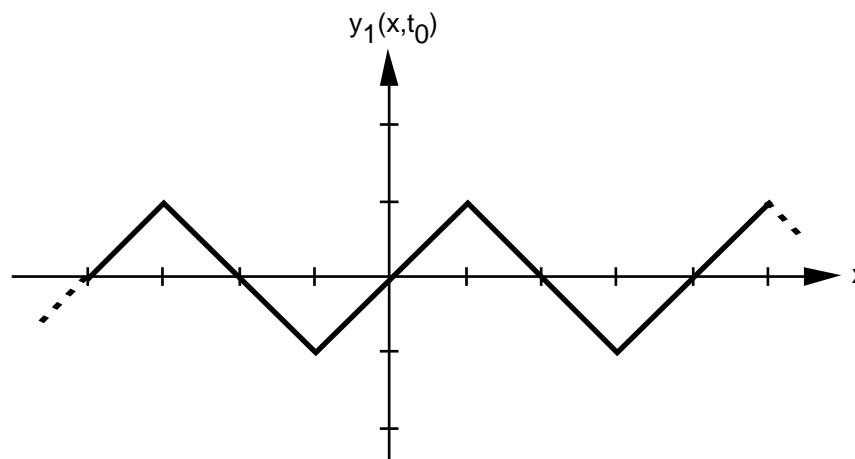
Ein Trompetenbauer macht die folgende Behauptung:
"Es ist möglich, eine Trompete zu bauen, bei welcher es zwei benachbarte Naturtöne gibt, die genau um einen Halbton auseinander liegen."

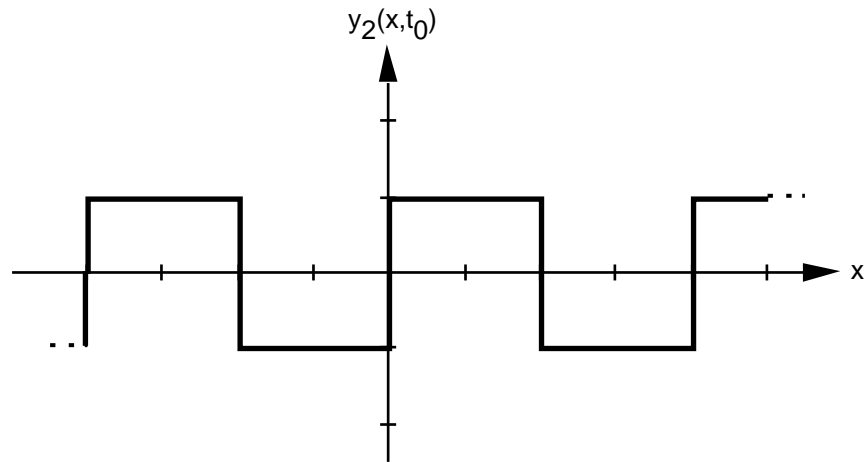
Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob diese Aussage wahr oder falsch ist.
3. Von einer Orgelpfeife kennt man die Frequenzen von drei Oberschwingungen:
 369 Hz 492 Hz 738 Hz

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.
4. 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.

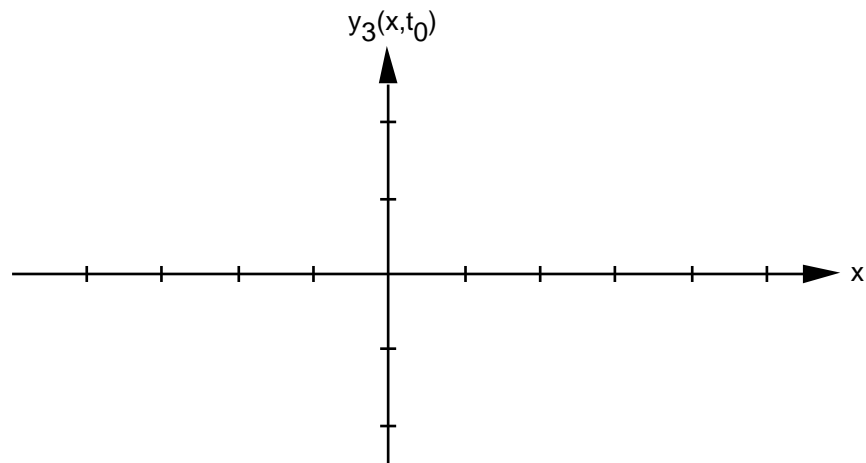
Die folgenden Grafiken zeigen die Momentaufnahmen der Wellen $y_1(x,t)$ und $y_2(x,t)$ zu einem bestimmten Zeitpunkt $t = t_0$:



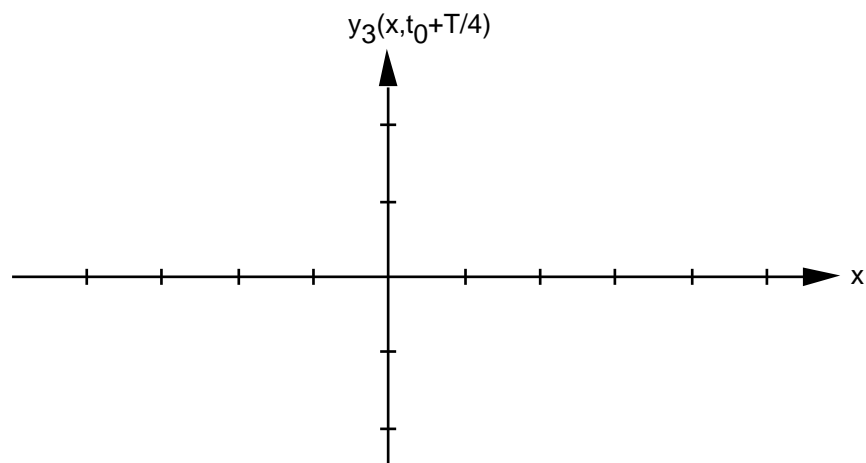


Eine dritte Welle $y_3(x,t)$ entsteht durch Überlagerung der beiden Wellen $y_1(x,t)$ und $y_2(x,t)$:
 $y_3(x,t) = y_1(x,t) + y_2(x,t)$

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

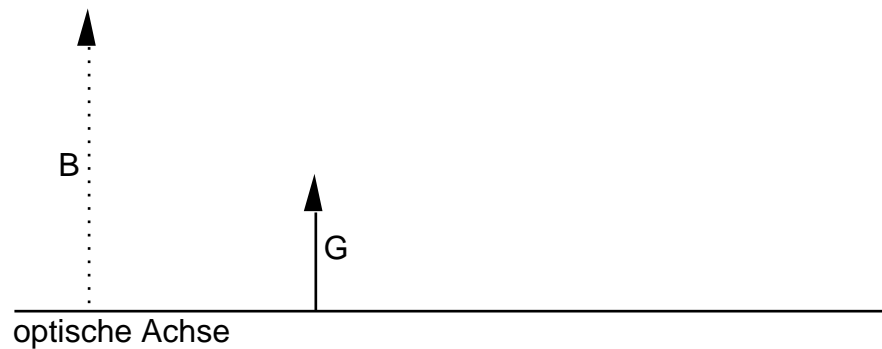


- b) Zeichnen Sie, wie die Welle $y_3(x,t)$ eine Viertel-Schwingungsdauer später aussieht.
 Gefragt ist also nach der Momentaufnahme der Welle $y_1(x,t)$ zum Zeitpunkt $t = t_0 + T/4$:



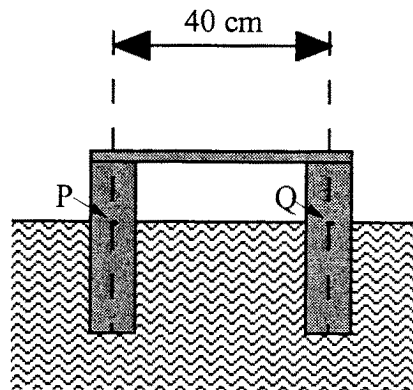
5. Das reelle Bild eines Gegenstandes liege 75 cm hinter einer Sammellinse und sei doppelt so gross wie der Gegenstand.
 Bestimmen Sie die Brennweite der Linse.

6. Von einem Gegenstand G wurde mit einer Sammellinse ein virtuelles Bild B erzeugt. Gezeichnet sind die Lage des Gegenstandes G sowie seines virtuellen Bildes B:



Bestimmen Sie in der obigen Zeichnung grafisch die Position der Sammellinse sowie die Brennweite der Linse.

7. 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?

8. Eine Dame steht in ihrem neuesten Kleid vor einem Spiegel.

Wie hoch muss der Spiegel sein, und wie hoch muss er auf aufgehängt sein, damit sich die Dame in voller Grösse darin betrachten kann? Hängen die gesuchten Grössen davon ab, wie weit sich die Dame vom Spiegel entfernt hinstellt?

Zahlenangaben:

Die Körpergrösse (vom Boden bis zur Frisuroberkante) beträgt 170 cm.

Die Augenhöhe liegt 20 cm unterhalb der Frisuroberkante.

9. Ein Südseefischer geht mit der Harpune in einer schönen, sonnendurchfluteten und klaren Lagune auf Fischfang. Er entdeckt einen grossen Fisch, der 1.5 m unter der Wasseroberfläche schwimmt. Der Fischer, dessen Auge 1.6 m über der Wasseroberfläche ist, sieht den Fisch unter dem Winkel 66° (zur Horizontalen).

In welche Richtung (zur Horizontalen) muss er mit der Harpune zielen, wenn er den Fisch treffen will?

10. Eine planparallele Glasplatte wird mit schwarzem Papier so abgedeckt, dass nur zwei schmale parallele Spalten frei bleiben. Nun lässt man einen monochromatischen Lichtstrahl so durch den einen Spalt einfallen, dass er nach der Reflexion an der hinteren Plattenfläche durch den anderen Spalt wieder austritt.

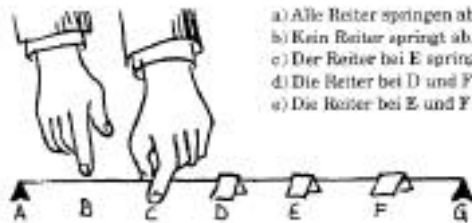
Bestimmen Sie den dafür notwendigen Einfallswinkel in Abhängigkeit der Plattendicke D , dem Brechungsindex n des Glases und dem Spaltenabstand d .

11. Aufgaben aus:

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

PLING

Eine Gitarrensaiten 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.

EINE LUPE IM WASCHBECKEN

Wenn eine Lupe unter Wasser gehalten wird, ist ihre Vergrößerungswirkung

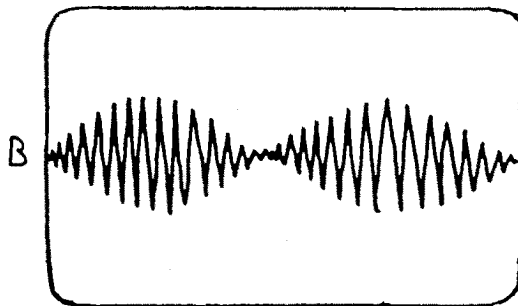
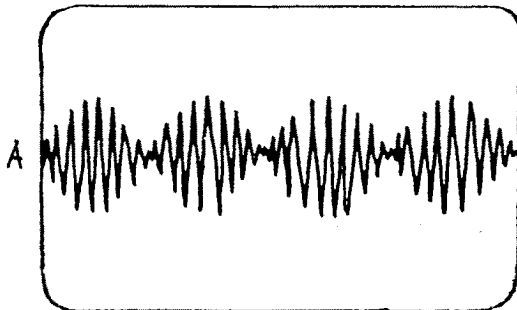
- a) erhöht
- b) gleich groß wie ohne Wasser
- c) verringert



SCHWEBUNGEN

Zwei verschiedene Noten ertönen zur gleichen Zeit. Ihre Töne addieren sich, und die Summe wird auf einem Oszilloskop gezeigt (Bild A). Dann ertönen zwei andere Noten, deren Summe auf dem Oszilloskop (Bild B) gezeigt wird. Aus den beiden Bildern können wir erkennen, daß die im Bild A gezeigten Töne

- a) in der Frequenz dichter beieinander liegen
- b) in der Frequenz weiter voneinander entfernt liegen
- c) in der Frequenz genauso dicht nebeneinander liegen wie die Töne aus Anzeige B
- d) mit den Frequenzen in Anzeige B identisch sind
- e) Es gibt keine Möglichkeit, aus diesen Bildern zu erkennen, welches Paar Töne in der Frequenz am dichtesten beieinander liegt.



Lösungen

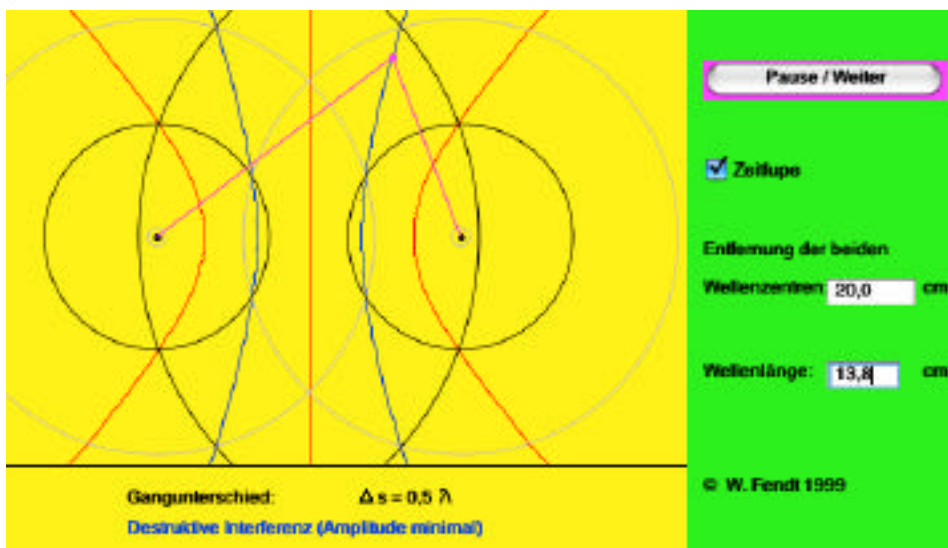
- Die Aussage ist falsch.
- Das Gleichungssystem

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

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.

- Bei einem einseitig offenen Rohr ist es nicht möglich, dass eine Eigenschwingung die doppelte Frequenz hat als eine andere Eigenschwingung ($738 \text{ Hz} = 2 \cdot 369 \text{ Hz}$).
- ...
 - ...
- $f = 0.25 \text{ m}$
- ...
- 4 Interferenzmaxima bei einem vollständigen Umgang
(siehe Grafik, Quelle: <http://www.zum.de/ma/fendt/phd/interferenz.htm>)



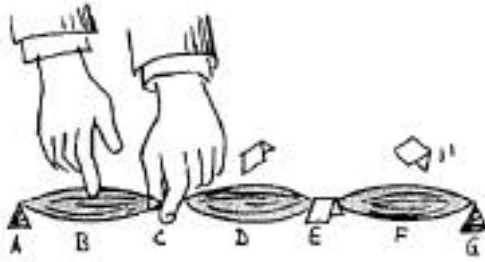
Hinweis:

Der reale Abstand der Wellenzentren beträgt zwar $d = 40 \text{ cm}$ und die wahre Wellenlänge beträgt $\lambda = 27.5 \text{ cm}$. Die Lage der Interferenzmaxima und -minima ist jedoch gleich wie in der Grafik dargestellt (für $d = 20 \text{ cm}$ und $\lambda = 13.8 \text{ cm}$).

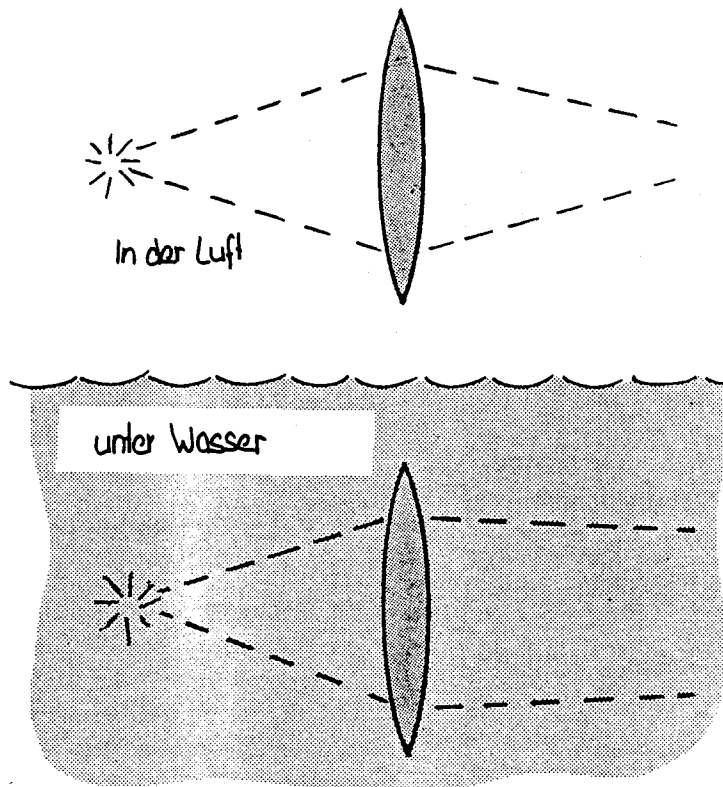
- Der Spiegel muss 85 cm hoch sein, und dessen Unterkante muss 75 cm über dem Boden liegen. Die Spielmasse sind unabhängig von der Distanz der Dame zum Spiegel.
- 69° ($n_{\text{Luft}} = 1$, $n_{\text{Wasser}} = 1.33$)
- $\sin(\theta) = \frac{dn}{\sqrt{4D^2 + d^2}}$

11.

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



ANTWORT: EINE LUPE IM WASCHBECKEN Die Antwort ist: c. Sie könnten die Antwort auf diese Frage herausfinden, indem Sie tatsächlich eine Lupe unter Wasser halten und nachsehen, welche Änderungen auftreten. Versuchen Sie es! Wir wissen, daß eine Lupe Lichtstrahlen bricht, um zu vergrößern. Sie bricht die Lichtstrahlen wegen der Krümmung der Linse und weil die Lichtgeschwindigkeit im Glas geringer ist als die Lichtgeschwindigkeit in der Luft. Die Geschwindigkeitsänderung erzeugt die Brechung. Im Wasser ist das Licht jedoch bereits verlangsamt. Beim Eintritt in das Glas wird es noch weiter verlangsamt, aber die Geschwindigkeitsänderung ist nicht mehr so stark. Daher ist unter Wasser die Brechung geringer und damit auch die Wirkung der Linse geringer. Wenn die Lichtgeschwindigkeit im Wasser genauso langsam wäre wie die Lichtgeschwindigkeit im Glas, würde die Linse die Strahlen überhaupt nicht brechen. Sie würden einfach gerade hindurchlaufen, genau wie durch ein Fenster – flaches Glas fokussiert Licht nicht, daher haben Fenster kein Vergrößerungsvermögen.



ANTWORT: SCHWEBUNGEN Die Antwort ist: b. Um das zu verstehen, müssen wir die beiden rechts abgebildeten Meßlatten betrachten. Die Markierungen auf Meßlatte I haben etwas größere Zwischenräume als die Markierungen auf Meßlatte II. Bei A stimmen die Markierungen miteinander überein, weiter unten bei B jedoch nicht mehr. Bei C stimmen sie wieder überein, da II um eine volle Markierung zurückgefallen ist. Wenn die Markierungen bei A, C und E übereinstimmen, werden sie als in Phase oder synchronisiert bezeichnet. Bei B und D sind sie nicht in Phase oder nicht synchronisiert.

Kurzes Nachdenken zeigt, daß die Markierungen um so häufiger wieder zusammentreffen, je größer die Differenz der Zwischenräume ist. Sind die Zwischenräume fast gleich groß, treffen die Markierungen an weniger, weiter voneinander entfernten Stellen zusammen. Haben die Markierungen auf beiden Meßlatten die gleichen Abstände, so bleibt ihre Synchronisation immer gleich – entweder stimmen sie überall überein oder nirgends. Wir wollen jetzt die Markierungen auf den Meßlatten zur Darstellung einer Schallwelle verwenden. Die Markierungen sollen die Hochdruckteile der Welle (Verdichtungen) und die Mitte des Raums zwischen den Markierungen die Niederdruckteile der Welle (Verdünnungen) darstellen. Wir erkennen, daß die Frequenz von Welle II höher ist als die Frequenz von Welle I, da die Markierungen oder Wellen bei II häufiger als bei I auftreten.

I und II stellen also ein Paar von Tönen dar. Wenn sie zusammen angeschlagen würden, träten konstruktive Interferenzen bei A, C und E und destruktive Interferenzen bei B und D auf, wo hoher und niedriger Druck zusammenkommen und sich aufheben. Daher wäre an den Punkten A, C und E der Schall laut und an B und D leise. Der Gesamtschall würde pulsieren oder vibrieren. Dieses Vibrieren wird Schwebung genannt; man kann es häufig bei einem Flugzeug mit zwei Motoren oder bei einem zweimotorigen Boot hören. Wenn die Motoren genau gleich laufen, gibt es keine Schwebungen, wenn einer aber etwas schneller als der andere läuft, hat er eine geringfügig höhere Frequenz als der andere, so daß Schwebungen auftreten. Wenn die Differenz der Frequenzen steigt, steigt die Schwebungsfrequenz. In Bild A treten die Schwebungen doppelt so häufig auf wie in Bild B, der Unterschied der Tonfrequenz in A ist also doppelt so groß wie der in Bild B. Die Töne aus Bild B liegen daher in der Frequenz dichter zusammen.

