



Engaging Physics Tutoring

Clicker Runde

Lektion 10 – Schwingungen. Wellen.

Konzepte

Phase & Resonanz

- Die Phase φ_0 einer Schwingung $\cos(\omega t + \varphi_0)$ wird Anhand des Nulldurchlaufs bestimmt (2).
- Bei Resonanz ist die Phase zwischen treibender Kraft und Schwingung $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$. (5)
- Die Resonanzkurve zeigt das Verhältnis zwischen Amplitude der treibenden Schwingung und der Schwingungsamplitude des Systems für verschiedene Antriebsfrequenzen. (6)

Wellenformel

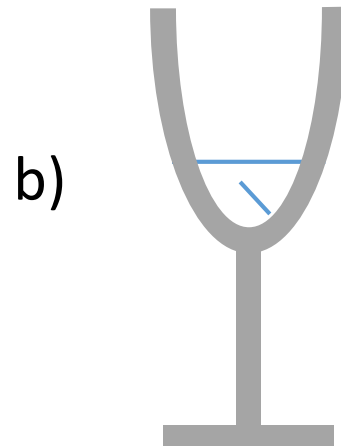
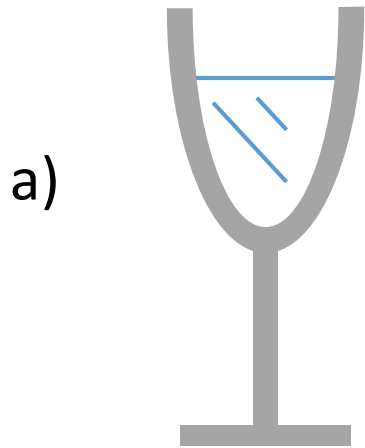
- Für Wellen gilt $c = \lambda \cdot f$, d.h. die Geschwindigkeit der Welle ist direkt proportional zur Frequenz bzw. der Wellenlänge. (7)

Interferenz

- Maximal destruktive Interferenz geschieht bei $(2n + 1) \cdot \lambda/2$ Gangunterschied oder π Phasenunterschied zwischen zwei Wellen. (3, 4)
- Eine Schwebung entsteht bei Interferenz von Wellen mit unterschiedlicher Frequenz. (8)

Frage 1

Wenn man mit nassen Fingern über den Rand eines Weinglases streicht, kann man das Glas zum «klingen» bringen. Wie muss das Glas gefüllt werden um den tiefsten Ton zu erzeugen?



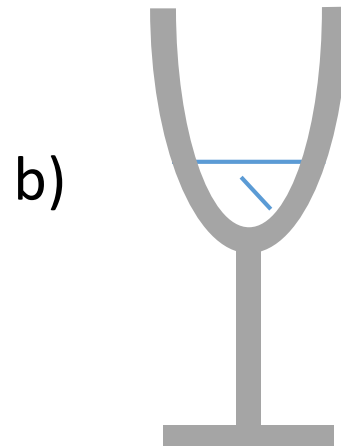
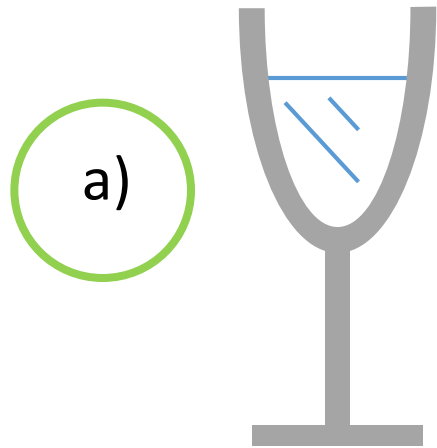
c) Egal, der Finger-Druck ist entscheidend



Frage 1

Das Glas schwingt mit dem Wasser zusammen. Analog zum Federpendel gilt dann $f_0 \propto \sqrt{\frac{D}{m}}$ wobei m nicht die genaue Masse des Wassers ist, aber die Trägheit des Glases+Wasser beschreibt. Da die Trägheit mit dem Wasser zunimmt, wird f_0 kleiner. Der Fingerdruck erhöht nur die Amplitude (Lautstärke).

Wenn man mit nassen Fingern über den Rand eines Weinglases streicht, kann man das Glas zum «klingen» bringen. Wie muss das Glas gefüllt werden um den tiefsten Ton zu erzeugen?

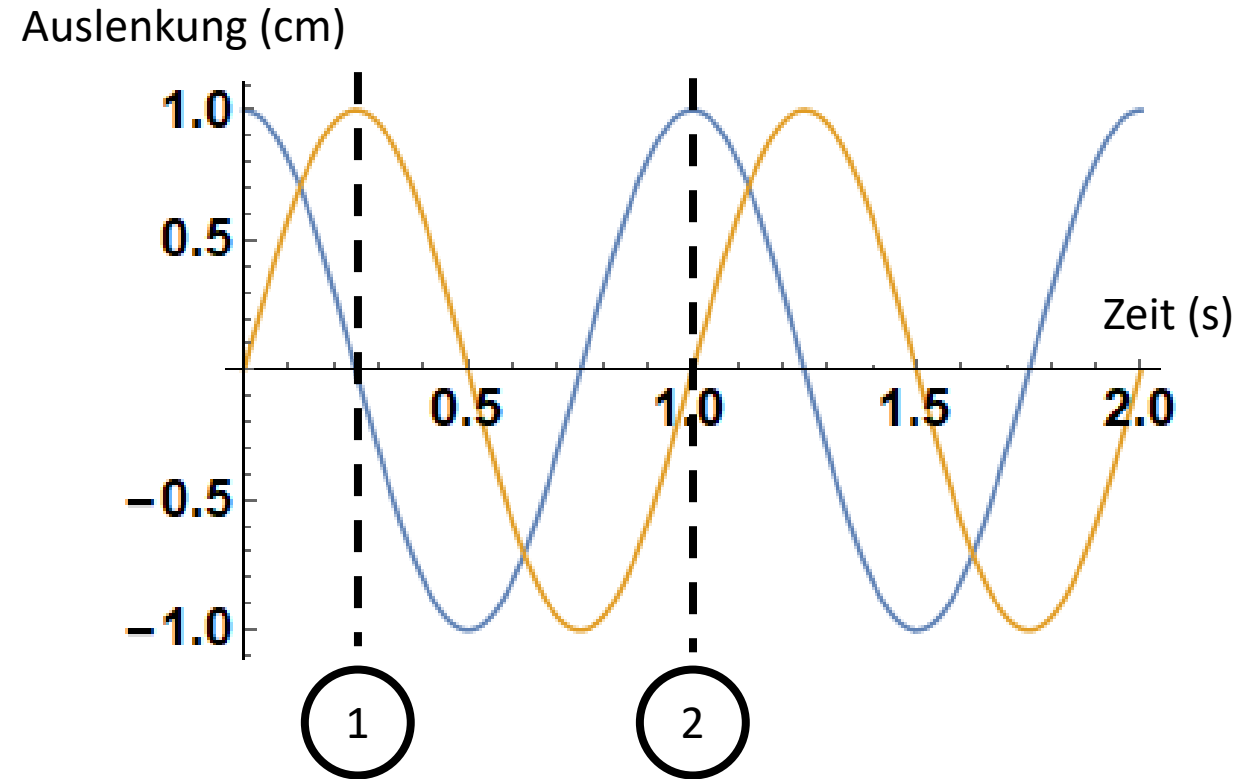


c) Egal, der Finger-Druck ist entscheidend



Frage 2

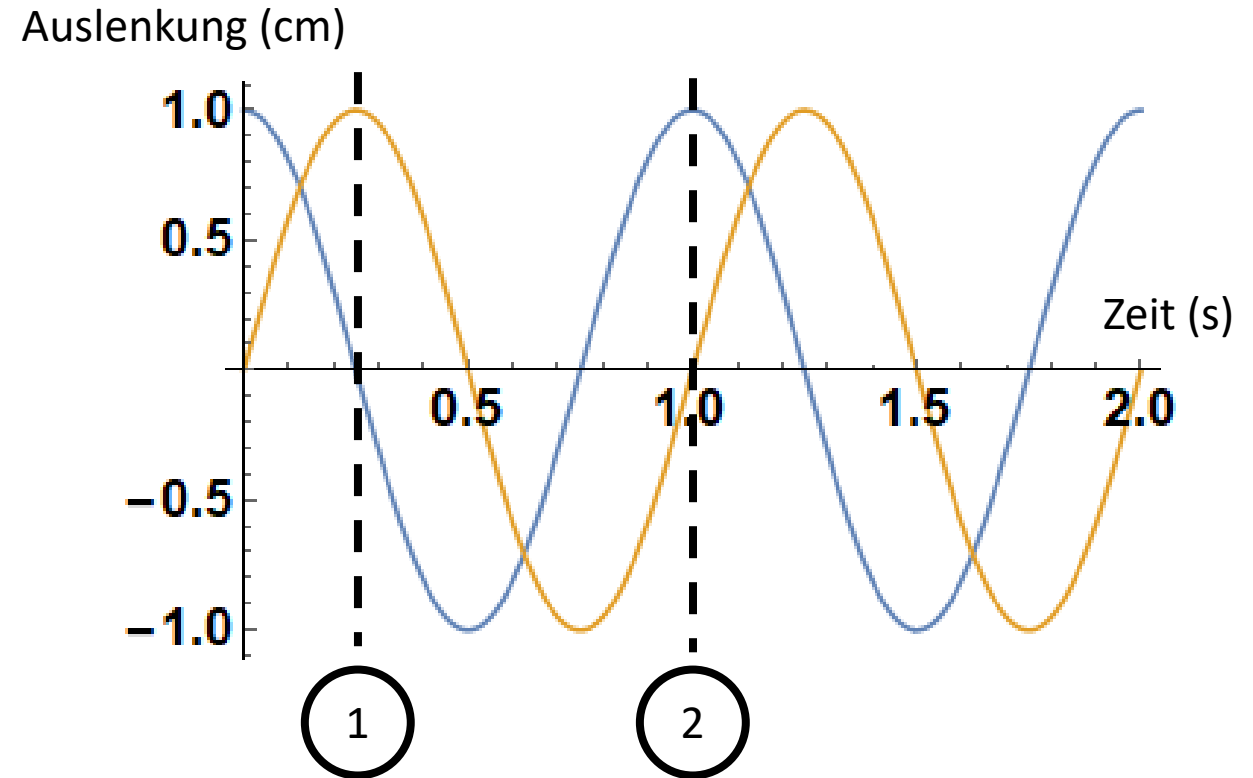
Gegeben sind eine Kosinus- und eine Sinus-Schwingung als $\cos(\omega t + \varphi_{Kos})$ & $\sin(\omega t + \varphi_{Sin})$
Welche Aussage stimmt?



- a) Am Zeitpunkt 1 gilt: $\varphi_{Kos} = 0$ & $\varphi_{Sin} = \frac{\pi}{2}$
- b) Am Zeitpunkt 1 gilt: $\varphi_{Kos} = -\frac{\pi}{2}$ & $\varphi_{Sin} = 0$
- c) Am Zeitpunkt 2 gilt: $\varphi_{Kos} = 0$ & $\varphi_{Sin} = 0$
- d) Am Zeitpunkt 2 gilt: $\varphi_{Kos} = \pi$ & $\varphi_{Sin} = -\pi$

Frage 2

Gegeben sind eine Kosinus- und eine Sinus-Schwingung als $\cos(\omega t + \varphi_{Kos})$ & $\sin(\omega t + \varphi_{Sin})$
Welche Aussage stimmt?

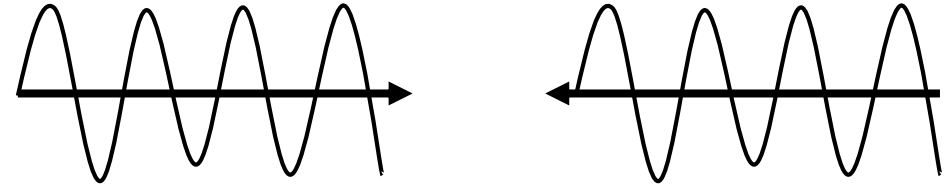


- a) Am Zeitpunkt 1 gilt: $\varphi_{Kos} = 0$ & $\varphi_{Sin} = \frac{\pi}{2}$
- b) Am Zeitpunkt 1 gilt: $\varphi_{Kos} = -\frac{\pi}{2}$ & $\varphi_{Sin} = 0$
- c) Am Zeitpunkt 2 gilt: $\varphi_{Kos} = 0$ & $\varphi_{Sin} = 0$
- d) Am Zeitpunkt 2 gilt: $\varphi_{Kos} = \pi$ & $\varphi_{Sin} = -\pi$

Die Phasen von beiden Schwingungen sind gleich! → Antwort c)
Wären beide als Sinus deklariert, wäre b) richtig.

Frage 3

Welchen Unterschied in der Pfadlänge müssen zwei Wellen haben, damit sie destruktiv interferieren?



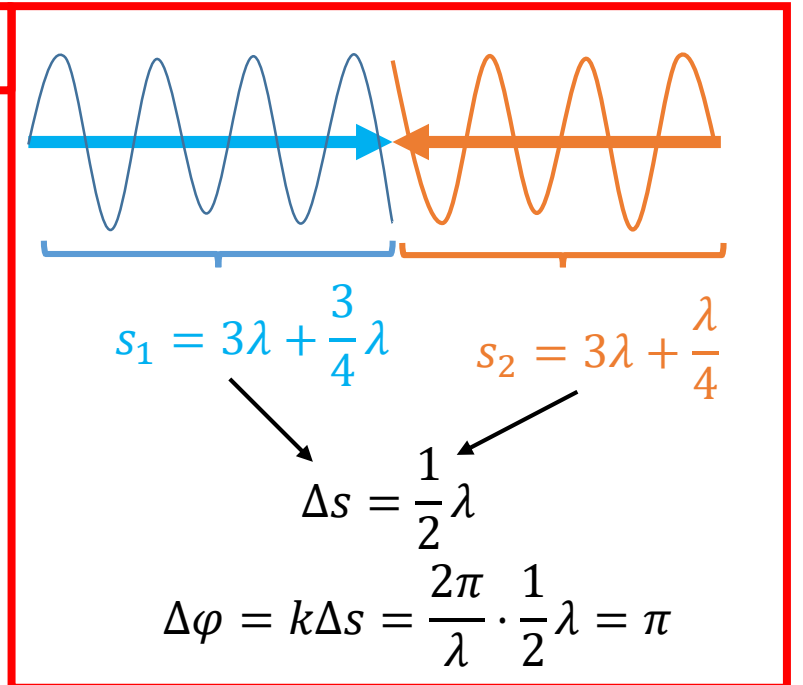
- a) $(2n + 1) \cdot \lambda/2$
- b) $n\lambda/2$
- c) So, dass sich die Phase um π unterscheidet
- d) a und c

Frage 3

Welchen Unterschied in der Pfadlänge müssen zwei Wellen haben, damit sie destruktiv interferieren?

- a) $(2n + 1) \cdot \lambda/2$
- b) $n\lambda/2$
- c) So, dass sich die Phase um π unterscheidet
- d) a und c

Beispiel

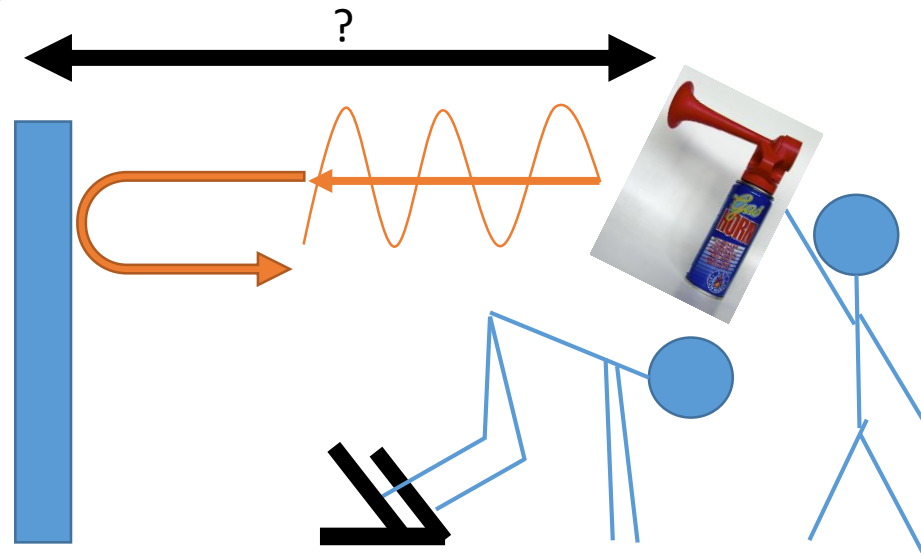


Frage 4



Mujinga ist bereit am Start. Als Startsignal erklingt ein Ton mit 825 Hz. Aber Mujinga rührt sich nicht! Fatalerweise wurde der Ton an der Wand hinter ihr reflektiert, sodass er genau an ihrer Stelle destruktiv interferiert. Wie weit ist die Wand von Mujingas Ohr entfernt? Tipp: der Ton hat eine Wellenlänge von 0.4 m.

- a) 1.2 m
- b) 1.3 m
- c) 1.4 m
- d) 2.0 m



Frage 4

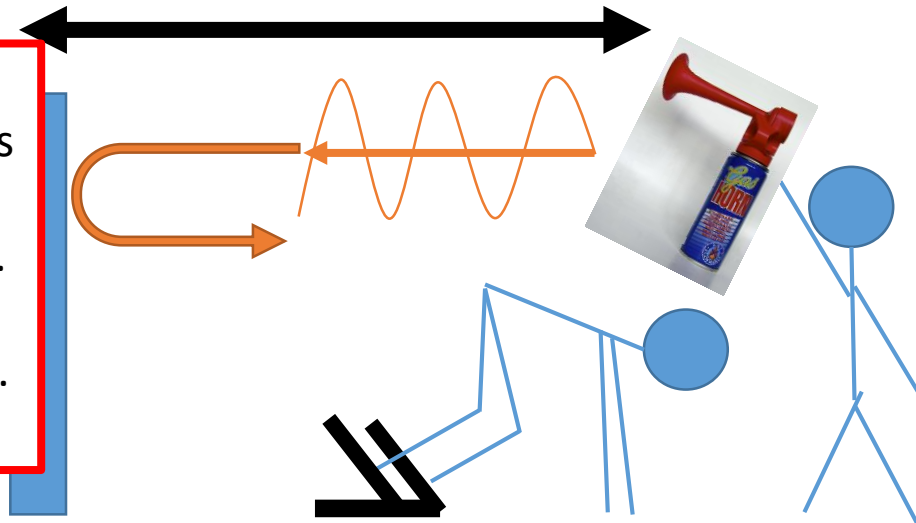


Mujinga ist bereit am Start. Als Startsignal erklingt ein Ton mit 825 Hz. Aber Mujinga rührt sich nicht! Fatalerweise wurde der Ton an der Wand hinter ihr reflektiert, sodass er genau an ihrer Stelle destruktiv interferiert. Wie weit ist die Wand von Mujingas Ohr entfernt? Tipp: der Ton hat eine Wellenlänge von 0.4 m.

- a) 1.2 m
- b) 1.3 m**
- c) 1.4 m
- d) 2.0 m

Der Weg hin und zu rück muss ein vielfaches der Wellenlänge + eine halbe Wellenlänge sein.

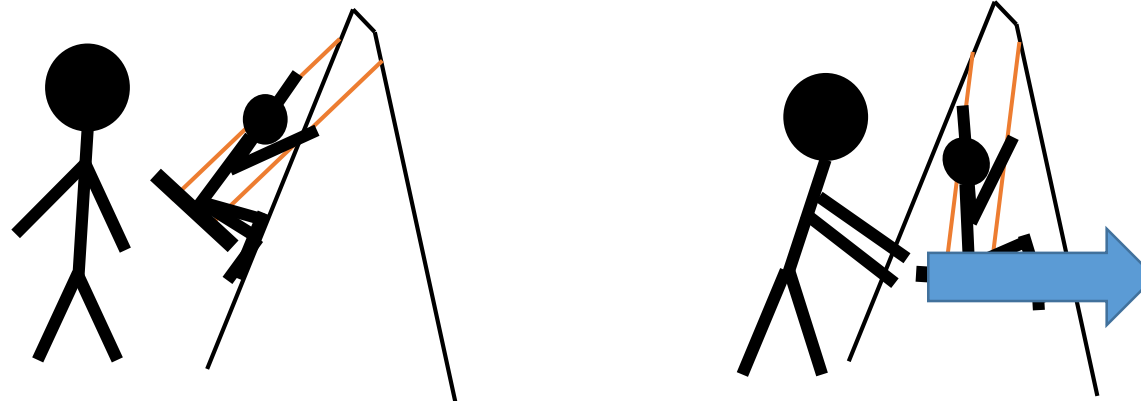
$\rightarrow 2.6\text{m}/0.4\text{m} = 6 + 0.5.$
 $\rightarrow \text{b)}$



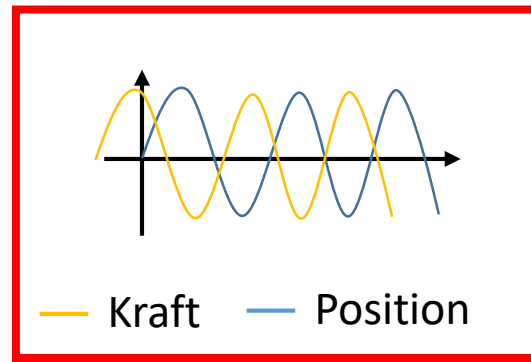
Frage 5

Mein kleiner Neffe kann noch nicht selber schaukeln, deshalb schubse ich seine Schaukel an. Am besten schubse ich immer genau dann, wenn er sich durch die Ruhelage der Schaukel nach vorne bewegt. Welche relative Phase haben dann meine Schubser und seine momentane Position in der Schaukelbewegung?

- a) $\Delta\varphi = 0$
- b) $\Delta\varphi = \pi/2$
- c) $\Delta\varphi = \pi$
- d) $\Delta\varphi = 2\pi$



Frage 5



Maximale Kraft ist immer dann, wenn die Auslenkung minimal ist. Skizzenhaft sähe es so aus:

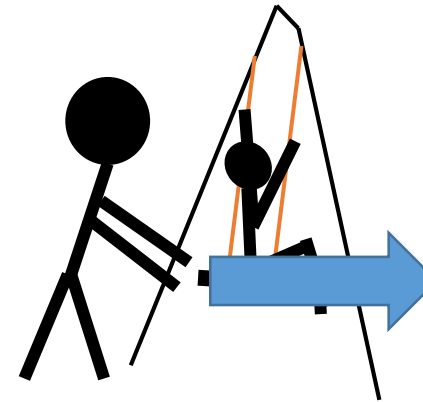
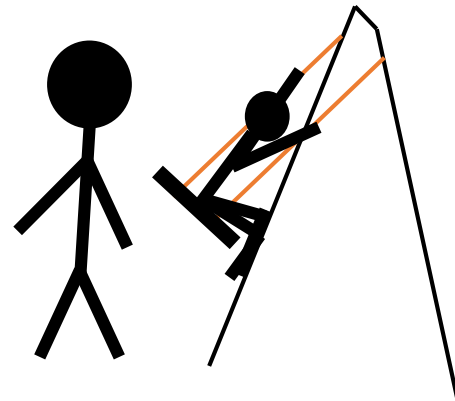
Mein kleiner Neffe kann noch nicht selber schaukeln, deshalb schubse ich seine Schaukel an. Am besten schubse ich immer genau dann, wenn er sich durch die Ruhelage der Schaukel nach vorne bewegt. Welche relative Phase haben dann meine Schubser und und seine momentane Position in der Schaukelbewegung?

a) $\Delta\varphi = 0$

b) $\Delta\varphi = \pi/2$

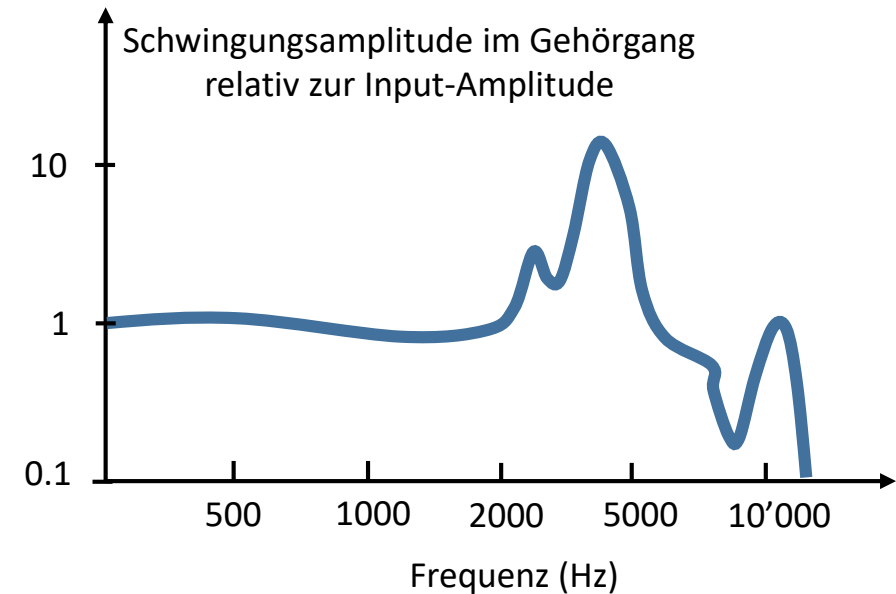
c) $\Delta\varphi = \pi$

d) $\Delta\varphi = 2\pi$



Frage 6

Gezeigt ist das Resonanzverhalten des Gehörganges für unterschiedliche Tonhöhen. Was zeigt diese Grafik?

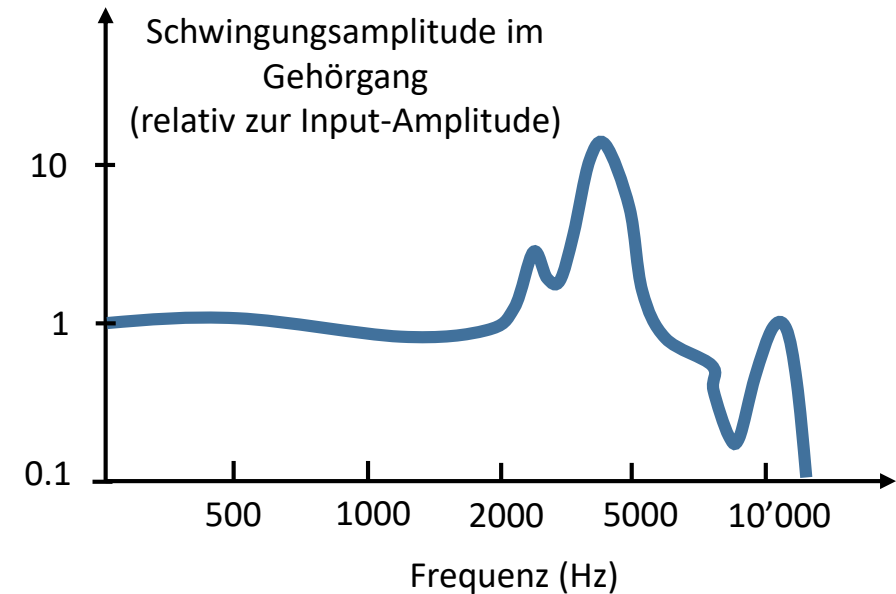


Angepasst von D. Begault, L. Trejo, 3-D sound for virtual reality and multimedia. (2000).

- a) Ein Ton bei 4000 Hz muss 10 mal lauter sein, als eine Schwingung bei 500 Hz damit man ihn hört.
- b) Der Gehörgang schwingt ungefähr gleichschnell im Bereich 500 - 2000 Hz.
- c) Im Bereich um 5000 Hz ist der Gehörgang besonders unempfindlich.
- d) Töne um 3000 Hz schwingen im Gehörgang stärker als Töne um 10'000 Hz.

Frage 6

Gezeigt ist das Resonanzverhalten des Gehörganges für unterschiedliche Tonhöhen. Was zeigt diese Grafik?



Angepasst von D. Begault, L. Trejo, 3-D sound for virtual reality and multimedia. (2000).

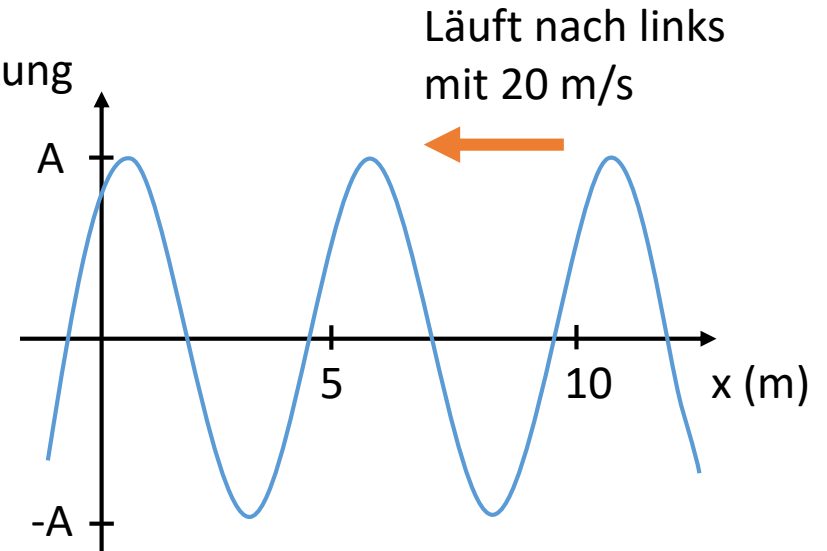
- a) Ein Ton bei 4000 Hz muss 10 mal lauter sein, als eine Schwingung bei 500 Hz damit man ihn hört.
- b) Der Gehörgang schwingt ungefähr gleichschnell im Bereich 500 - 2000 Hz.
- c) Im Bereich um 5000 Hz ist der Gehörgang besonders unempfindlich.
- d) Töne um 3000 Hz schwingen im Gehörgang stärker als Töne um 10'000 Hz.

- a) Nein, es ist genau umgekehrt: der Gehörgang reagiert mit 10 mal grösserer Schwingungsamplitude!
- b) Nein, die Geschwindigkeit der Schwingung hängt mit der Frequenz zusammen und die ist ja grösser bei 2000 Hz.
- c) Nein, es ist genau das Gegenteil (siehe a))
- d) Ja, die Schwingungsamplitude relativ zur Input-Amplitude ist bei 3000 Hz grösser als bei 10'000 Hz

Frage 7

Wie gross ist die Frequenz der Welle?

- a) 0.25 Hz
- b) 2 Hz
- c) 4 Hz
- d) Nicht genug Angaben



Frage 7

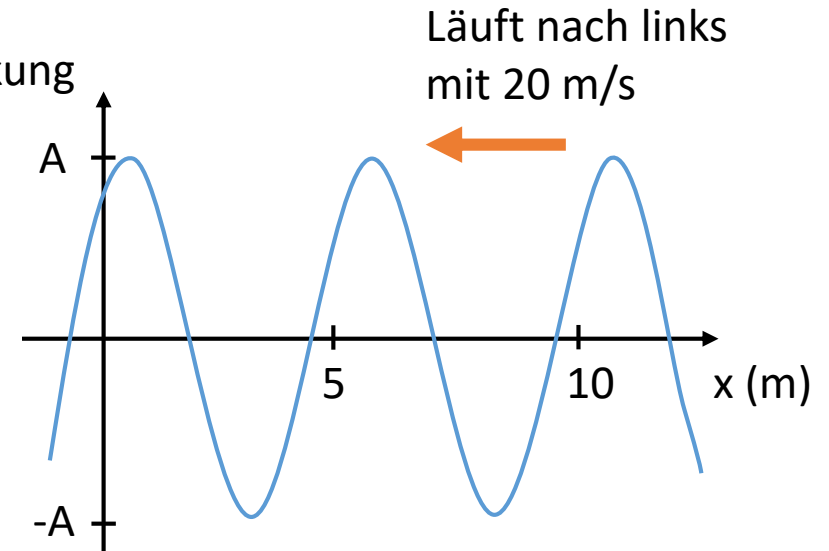
Wie gross ist die Frequenz der Welle? Auslenkung

a) 0.25 Hz

b) 2 Hz

c) 4 Hz

d) Nicht genug Angaben



$$c = \lambda \cdot f$$

λ kann abgelesen werden \rightarrow 5 m

c ist gegeben \rightarrow 20 m/s

$\rightarrow f = 4$ Hz

Frage 8

Was ist der fundamentale Unterschied wenn zwei Wellen gleicher Frequenz interferieren oder zwei Wellen unterschiedlicher Frequenz interferieren.

- a) Bei unterschiedlicher Frequenz können die Wellen nicht interferieren.
- b) Bei unterschiedlicher Frequenz entstehen stehende Wellen.
- c) Nur bei gleicher Frequenz ist die Energie erhalten.
- d) Nur bei gleicher Frequenz bleibt die Schwingungs-Amplitude konstant.

Frage 8

- a) Solange sich Wellen überlagern können, können sie interferieren
- b) Stehende Wellen entstehen bei gleicher Frequenz
- c) Energieerhaltung ist unabhängig von der Frequenz
- d) Richtig: bei Interferenz mit unterschiedlichen Frequenzen entsteht eine Schwebung (periodische Änderung der Amplitude)

Was ist der fundamentale Unterschied wenn zwei Wellen gleicher Frequenz interferieren oder zwei Wellen unterschiedlicher Frequenz oszillieren.

- a) Bei unterschiedlicher Frequenz können die Wellen nicht interferieren.
- b) Bei unterschiedlicher Frequenz entstehen stehende Wellen.
- c) Nur bei gleicher Frequenz ist die Energie erhalten.
- d) Nur bei gleicher Frequenz bleibt die Schwingungs-Amplitude konstant.