

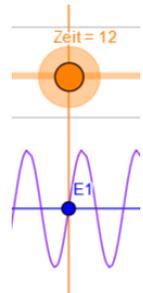
Erklärung des Phänomens Schwebung– Lösungshinweise

[...]

2. Beobachten Sie die Zeigerbilder, während Sie die Zeit einmal von 0 bis zum Maximalwert durchlaufen lassen. Überprüfen Sie, ob die Zeigerdrehung richtig herum erfolgt und ob die Beziehung zwischen Zeiger und Sinuskurve stimmt. Überprüfen Sie außerdem, ob der am Schieberegler angezeigte Wert für die Periodendauer T_1 der Sinuskurve entspricht.

Es wird eine Schwingung in Abhängigkeit der Zeit an einem festen Ort betrachtet. Gemäß Vereinbarung rotieren die Zeiger entgegen dem Uhrzeigersinn. Die Höhe der Zeigerspitze und die Elongation haben stets dieselbe Höhe; beispielsweise werden Nulldurchgänge von der „3-Uhr“- bzw. „9-Uhr“-Stellung des Zeigers repräsentiert.

Die Periodendauer für 10 vollständige Zeigerdrehungen beträgt 12 s, somit stimmt der voreingestellte Wert am Schieberegler damit überein.



3. Finden Sie heraus, welche der beiden voreingestellten Schwingungen die größere Frequenz hat, also zu einem höheren Ton gehört.

Nach der bereits bekannten Beziehung $f = \frac{1}{T}$ gilt: Je kleiner die Periodendauer T , desto größer ist die Frequenz f . Demnach ist der 2. Ton (rot) etwas höher.

4. Versuchen Sie zu verstehen, wie es zu dem schwarzen Zeiger im unteren Zeigerbild kommt. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit Ihren Kenntnissen über die Addition von Kräften. Beobachten Sie den schwarzen Summenzeiger, während Sie die Zeit durchlaufen lassen. Beschreiben Sie Ihre Beobachtung.

Der schwarze Zeiger ergibt sich durch die vektorielle Addition des roten und des blauen Zeigers. Der rote und der blaue Zeiger spannen ein Parallelogramm auf, mit dem man die Lage und Länge des schwarzen Zeigers ermitteln kann (vgl. Mittelstufe: Kräfteparallelogramm).

In dem voreingestellten Beispiel rotieren der rote und der blaue Zeiger unterschiedlich schnell, aber jeweils mit konstanter Zeigerlänge (Amplitude). Der schwarze Zeiger hingegen rotiert mit periodisch zu- und abnehmender Länge.

Schalten Sie nun den unteren Graphen ein.

5. Erläutern Sie, bei welchen Zeigerkonstellationen der Ton besonders laut bzw. leise ist.

Die Zeigerlänge kann als Maß für die Lautstärke betrachtet werden. Der Ton ist besonders laut, wenn der rote und der blaue Zeiger in die gleiche Richtung zeigen, also die beiden Schwingungen gleichphasig sind. Es entsteht ein Summenzeiger mit maximaler Länge. In dem schwarzen Graphen erkennt man in diesem Fall eine große Amplitude. Entsprechend ist der Ton besonders leise, wenn die zugrunde liegenden Schwingungen gegenphasig verlaufen, also die Zeiger entgegengesetzt sind. Der schwarze Summenzeiger besitzt (nahezu) die Länge 0. Dazu passend zeigt der schwarze Graph verschwindende Amplituden.

6. Prüfen Sie die Behauptung: Die Frequenz der Schwebung ergibt sich aus der Differenz der beiden zugrunde liegenden Frequenzen.

Die Frequenz der Schwebung kann aus der Periodendauer der Schwebung bestimmt werden, zum Beispiel aus dem zeitlichen Abstand zwischen zwei leisen (stillen) Zuständen.

Beispiel

$T_1 = 1,20 \text{ s}$ und $T_2 = 1,05 \text{ s}$ ergeben eine Schwebungsfrequenz Differenz von

$$f_s = \left| \frac{1}{1,20 \text{ s}} - \frac{1}{1,05 \text{ s}} \right| \approx 0,12 \text{ Hz}$$

Messung von 3 aufeinanderfolgenden „Minima“: $3T = (29,4 - 4,2) \text{ s}$, womit sich $f \approx 0,12 \text{ Hz}$ berechnen lässt. Die Behauptung kann an diesem Beispiel bestätigt werden.

Allgemein gilt für die Schwebungsfrequenz: $f_s = |f_1 - f_2|$.

