

Aufgabe 1: Akustik

Rechts abgebildet sind zwei Stimmgabeln mit dem Kammerton a.

Mit Hilfe einer Metallklammer wird eine der beiden Stimmgabeln leicht verstimmt. Beide Stimmgabeln werden gleichzeitig gleich stark angeschlagen.

Es ist ein Ton zu hören, dessen Lautstärke in einer bestimmten Frequenz lauter und leiser wird.

Erkläre die Beobachtung. Benenne dabei auch das zugrundeliegende physikalische Phänomen.

Die Einzelwellen der Stimmgabel überlagern sich. Da sie nicht die gleiche Frequenz haben, ändert sich ständig die Phasendifferenz. Dies führt dazu, da sie sich regelmäßig konstruktiv überlagern (Phasendifferenz ist ein Vielfaches von 2π , der Ton ist besonders laut) und regelmäßig destruktiv überlagern (Phasendifferenz ist ein ungeradzahliges Vielfaches von π , der Ton ist besonders leise). Dieses Phänomen heißt Schwebung.

Nehmen wir an, dass die verstimmte Stimmgabel statt 440 Hz nun einen Ton mit 442 Hz abgibt. Berechne die Phasendifferenz nach $t_1 = 0,1 \text{ s}$.

Phasenwinkel:

1. Nicht verstimmte Gabel:

$$\phi_1 = \omega_1 \cdot t_1 = 2 \pi f_1 \cdot t_1 = 2 \pi \cdot 440 \frac{1}{\text{s}} \cdot 0,1 \text{ s} = 88 \pi = 15840^\circ \quad (\text{Das entspricht genau 44 Umläufen}).$$

2. Verstimmte Gabel:

$$\phi_2 = \omega_2 \cdot t_1 = 2 \pi f_2 \cdot t_1 = 2 \pi \cdot 442 \frac{1}{\text{s}} \cdot 0,1 \text{ s} = 88,4 \pi = 15912^\circ \quad (\text{Das entspricht 44,2 Umläufen}).$$

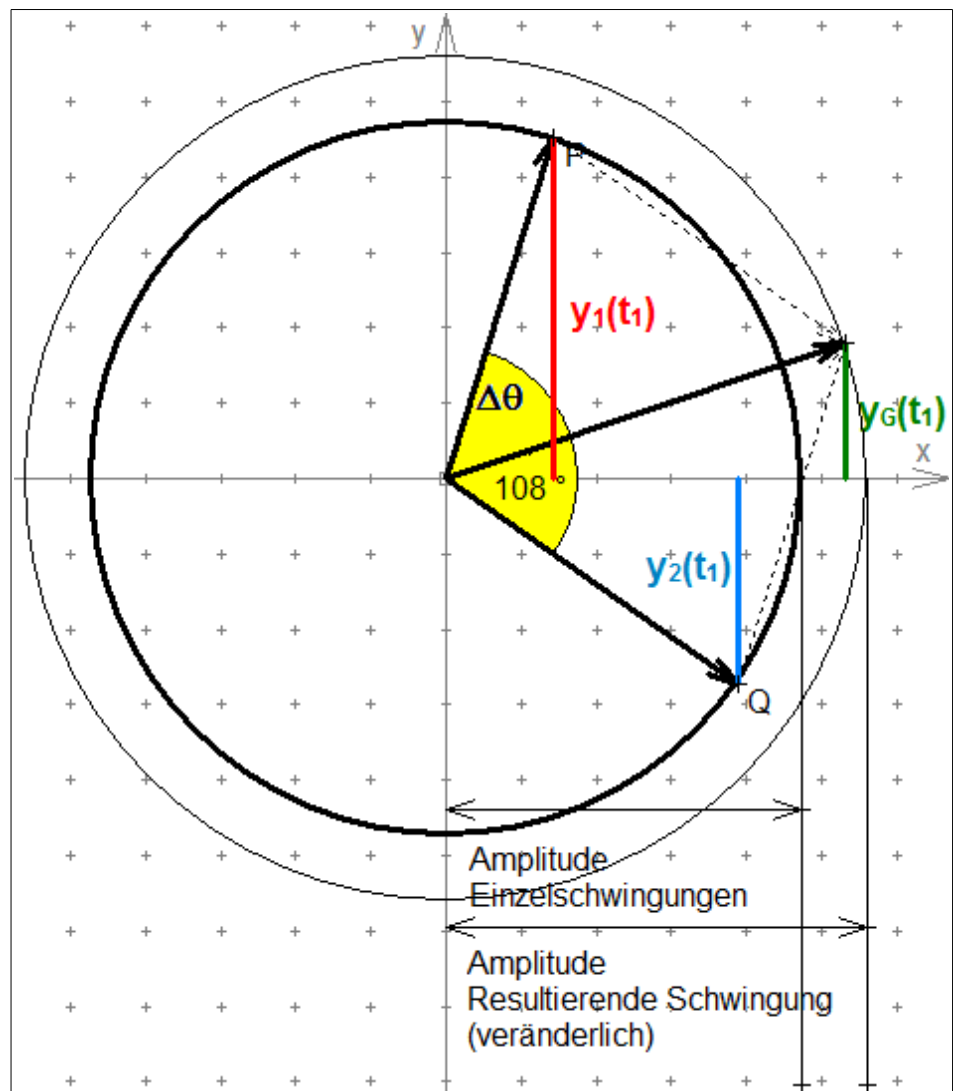
$$\Rightarrow \Delta \phi = 89 \pi - 88,4 \pi = 0,6 \pi = 108^\circ$$

A: Nach 0,1 s beträgt die Phasendifferenz 108°.

Benutze die Ergebnisse des vorigen Arbeitsauftrages und zeichne ein beschriftetes Zeigerdiagramm, das die Situation zum Zeitpunkt $t_1 = 0,1\text{ s}$ wiedergibt und erkläre damit, wie die resultierende Schwingung zustande kommt. Wenn du im vorigen Arbeitsauftrag keine plausiblen Ergebnisse hast, zeichne das Zeigerdiagramm so, dass es die Situation prinzipiell wiedergibt.

Aufgabe 2: Schwebung

Werden zwei Stimmgabeln gleichzeitig angeschlagen, so hört man vier Schwebungen pro Sekunde. Die eine Stimmgabel hat die Frequenz 396 Hz. Die Frequenz der zweiten Stimmgabel ist unbekannt. Klebt man ein kleines Stück Kaugummi an die zweite Stimmgabel, so wird die Schwebungsfrequenz größer. Berechne die Frequenz der zweiten Stimmgabel.



Die Schwebungsfrequenz von 4 Schwingungen pro Sekunde entspricht genau der Differenz der beiden Einzelfrequenzen der beiden Stimmgabeln. Da die eine eine Schwingungsfrequenz von 396 Hz aufweist, kann die gesuchte Frequenz der zweiten Stimmgabel entweder 392 Hz oder 400 Hz betragen. Die zusätzliche Masse des Kaugummis wird während der Schwingung ständig beschleunigt. Aufgrund der Trägheit der Masse muss die Schwingung deshalb langsamer ablaufen als ohne zusätzliche Masse, d.h. die Frequenz wird kleiner. Der Frequenzunterschied zwischen Stimmgabel mit und ohne Kaugummi ist also $\Delta f < 0$. Die Frequenz der Stimmgabel mit Kaugummi beträgt also $392\text{ Hz} + \Delta f$ oder $400\text{ Hz} + \Delta f$. Die neue Schwebung ist größer als 4 Hz. Also gilt $396\text{ Hz} - (392\text{ Hz} + \Delta f) > 4\text{ Hz} \Leftrightarrow 4\text{ Hz} - \Delta f > 4\text{ Hz} \Leftrightarrow -\Delta f > 0 \Leftrightarrow \Delta f < 0$ oder $(400\text{ Hz} + \Delta f) - 396\text{ Hz} > 4\text{ Hz} \Leftrightarrow 4\text{ Hz} + \Delta f > 4\text{ Hz} \Leftrightarrow \Delta f > 0$. Die erste Ungleichung ist wahr und die zweite Ungleichung ist unwahr.

A: Die Frequenz der zweiten Stimmgabel beträgt 392 Hz.