

**Aufgabe 1: Akustik**

Rechts abgebildet sind zwei Stimmgabeln mit dem Kammerton a.

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

Beschreibe die Beobachtung (naja, das, was man hört).

*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  $2\pi$ , der Ton ist besonders laut) und regelmäßig destruktiv überlagern (Phasendifferenz ist ein ungeradzahliges Vielfaches von  $\pi$ , der Ton ist besonders leise). Dieses Phänomen heißt Schwebung.*

Nehmen wir an, dass die verstimmte Stimmgabel statt 440 Hz nun einen Ton mit 445 Hz abgibt. Berechne die Phasendifferenz nach  $2640^{-1} s$ .

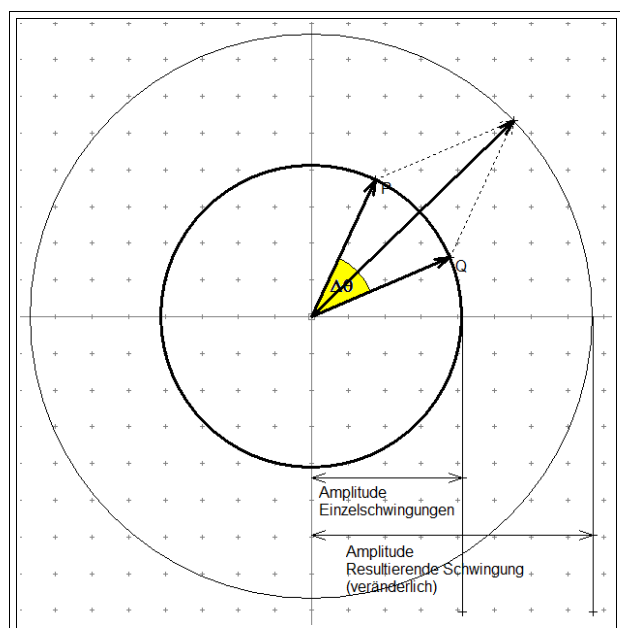
$$\text{Phasenwinkel: } \phi_1 = \omega \cdot t = 2\pi f \cdot t = 2\pi \cdot 440 \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{2640} s = \frac{1}{3}\pi \approx 1,0472 \text{ für die nicht verstimmte Gabel.}$$

$$\phi_2 = \omega \cdot t = 2\pi f_2 \cdot t = 2\pi \cdot 445 \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{2640} s = 1,0591 \Rightarrow \Delta\phi = 0,01190 = \mathbf{0,6818^\circ}$$

Benutze die Ergebnisse des vorigen Arbeitsauftrages und zeichne ein beschriftetes Zeigerdiagramm, das die Situation zum Zeitpunkt  $t_1 = 2640^{-1} s$  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.

*Wegen eines Fehlers in der Aufgabenstellung ist es nicht sinnvoll, das Diagramm mit dem berechneten Winkel zu zeichnen. Daher gibt es die Situation nur prinzipiell wieder.*

*Die Amplitude der resultierenden Schwingung oszilliert, da der resultierende Zeiger die Vektorsumme der beiden Zeiger der Einzelschwingungen ist und sich der Winkel zwischen diesen ständig verändert.*



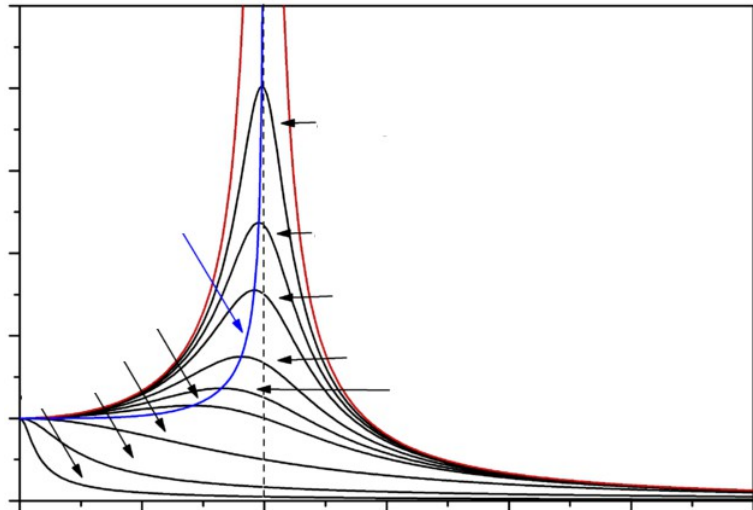
**1.2** Nun wird die Metallklammer wieder entfernt. In einem zweiten Versuch stehen beide Stimmgabeln nah beieinander und eine der beiden Stimmgabeln wird angeschlagen. Anschließend wird die Schwingung der Stimmgabel mit der Hand abrupt gestoppt.

Beschreibe die Beobachtung und benenne das zugrundeliegende physikalische Phänomen.

*Die zweite Stimmgabel beginnt zu schwingen. Das Phänomenen heißt Resonanz.*

**1.3** Das Bild rechts zeigt ein unbeschriftetes Diagramm.

Erkläre, was auf diesem Diagramm dargestellt ist. Dazu gehört auch: Was zeigen die Koordinatenachsen an? Was ist der Unterschied zwischen den verschiedenen Kurven? Was gibt die gestrichelte Linie an? Wie nennt man das Phänomen für die oberste Kurve?



*Dargestellt ist die Amplitude der erzwungenen Schwingung (y-Achse) gegen die Frequenz der Anregungsschwingung (genauer gegen den Quotienten aus Anregungsschwingung und Eigenschwingung des angeregten Oszillators (x-Achse)).*

*Die unterschiedlichen Kurven geben den Grad der Dämpfung an, wobei gilt: Je „höher“ die Kurve, desto kleiner die Dämpfung.*

*Die gestrichelte Linie gibt die Eigenfrequenz an. (Genauer: Den Wert 1 beim Quotienten).*

*Die oberste Kurve zeigt den Fall ohne Dämpfung. Das Phänomenen heißt Resonanzkatastrophe.*

## **Aufgabe 2: Wellenphänomene**

In der folgenden Tabelle sind verschiedene Wellenphänomene aufgelistet. In der zweiten Spalte sind Beobachtungen / Situationen / Fragestellungen aufgelistet, die möglicherweise mit den Phänomenen in der ersten Spalte zu erklären sind.

Zeichne für jede dieser Erklärungsmöglichkeiten eine Verbindungslinie zwischen der Beobachtung und dem Phänomen, das diese Beobachtung erklärt. Bearbeite den Arbeitsauftrag auf diesem Blatt. Benutze idealerweise ein Lineal und keinen Bleistift.

Dabei ist zu beachten:

- Es gibt möglicherweise Phänomene, die mehrere Beobachtungen erklären.
- Es gibt möglicherweise Phänomene, die keine der Beobachtungen erklären.
- Es gibt möglicherweise Beobachtungen, die durch kein Phänomen in der ersten Spalte erklärt werden. In diesem Fall die Beobachtung durchstreichen.
- Es gibt möglicherweise mehrere Phänomene, die in Frage kommen. In diesem Fall genügt es, eine der möglichen Verbindungen einzuzeichnen.

Phänomen	Beobachtung
Dopplereffekt	Ein Prisma spaltet weißes Licht in seine Bestandteile auf.
Resonanz	Wie funktioniert 3D-Kino heutzutage? <del>Wenn man lange auf eine rote Fläche schaut und anschließend die Augen schließt, sieht man die Farbe Grün.</del>
Dispersion	Der Einsturz der Takoma-Bridge.
Schwebung	Der enge Strahl einer Taschenlampe erleuchtet den gesamten Raum, der zuvor dunkel war.
Polarisation	Warum ist der Himmel blau? Eine Mutter stößt ihr Kind auf einer Schaukel an.
Beugung	Die Entstehung eines Regenbogens. Soldaten dürfen nicht im Gleichschritt über eine Fußgängerbrücke laufen.
Huygen'sches Prinzip	Das Licht der meisten Galaxien ist ins Rote verschoben. <del>Zuerst sieht man den Blitz, anschließend hört man den Donner. (Außer, man wird vom Blitz getroffen)</del> <del>Nichts ist schneller als Lichtgeschwindigkeit.</del>
Streuung	Ein Krankenwagen fährt mit laufender Sirene vorbei. Wie entsteht eine gerade Wellenfront? Ein Kamerafilter sorgt dafür, dass weniger reflektiertes Licht auf das Bild gelangt.

**Aufgabe 3: Dopplereffekt**

**3.1.** Eine Raupe kriecht zwischen den Gleisen auf einer Bahnschwelle. Es fährt eine pfeifende Lokomotive (1500 Hz) mit einer Geschwindigkeit von 120 km/h vorbei. Bestimme die Frequenz des Tones, den die Raupe

**3.1.1** ... vor dem Vorbeifahren der Lokomotive hört.

*Bewegter Sender, ruhender Empfänger:*

$$f_E = \frac{f}{1 - \frac{u}{v_p}} = \frac{1500 \text{ Hz}}{1 - \frac{120 \text{ m s}^{-1}}{3,6 \cdot 340 \text{ m s}^{-1}}} = \frac{1500 \text{ Hz}}{\frac{46}{51}} = 1663,04 \text{ Hz}$$

**A: Die Raupe hört einen Ton mit 1663 Hz.**

**3.1.2** ... nach dem Vorbeifahren der Lokomotive hört.

$$f_E = \frac{f}{1 + \frac{u}{v_p}} = \frac{1500 \text{ Hz}}{1 + \frac{120 \text{ m s}^{-1}}{3,6 \cdot 340 \text{ m s}^{-1}}} = \frac{1500 \text{ Hz}}{\frac{56}{51}} = 1366,07 \text{ Hz}$$

**A: Die Raupe hört einen Ton mit 1366 Hz.**

**3.2** Eine mit 400Hz schwingende Stimmgabel wird in einen tiefen Schacht geworfen. Wie weit ist die Stimmgabel gefallen, wenn oben eine Frequenz zu hören ist, die sich um 10% von der ursprünglichen Frequenz unterscheidet?

*Bewegter Sender, ruhender Empfänger:*

$$f_E = \frac{f}{1 + \frac{u}{v_p}} \quad \text{Dabei ist: } f_E = 400 \text{ Hz} \cdot 0,9 = 360 \text{ Hz} \quad f = 400 \text{ Hz} \quad v_p = 340 \text{ m/s}$$

$$\Leftrightarrow 1 + \frac{u}{v_p} = \frac{f}{f_E} \Leftrightarrow \frac{u}{v_p} = \frac{f}{f_E} - 1 \Leftrightarrow u = v_p \cdot \left( \frac{f}{f_E} - 1 \right)$$

$$\text{Mit Zahlen: } u = 340 \text{ m s}^{-1} \cdot \left( \frac{400 \text{ Hz}}{360 \text{ Hz}} - 1 \right) = 37,78 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Freier Fall: } v = g \cdot t = u \Leftrightarrow t = \frac{u}{g} = \frac{37,78 \text{ m s}^{-1}}{9,81 \text{ m s}^{-2}} = 3,85 \text{ s}$$

$$s = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2} \cdot (3,85 \text{ s})^2 = 72,74 \text{ m}$$

Allerdings ist der Schall auch noch eine Zeitlang unterwegs, bis man oben den Ton hört:

$$\text{Geradlinige, unbeschleunigte Bewegung: } s = v \cdot t \Leftrightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{72,74 \text{ m}}{340 \text{ m s}^{-1}} = 0,21 \text{ s}$$

Insgesamt ist die Stimmgabel also  $3,85 \text{ s} + 0,21 \text{ s} = 4,06 \text{ s}$  gefallen. In der Zeit hat sie den Weg

$$s = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2} \cdot (4,06 \text{ s})^2 = 81,01 \text{ m} \text{ zurückgelegt.}$$

**A: Die Stimmgabel ist 81 m weit gefallen.**