

---

Abgabe: 2. Mai 2022

## Serie 08

### Aufgabe 1: Stimmen einer Geige

Um seine Geige zu stimmen, stimmt ein Geiger zunächst die a-Saite auf 440 Hz und streicht danach jeweils zwei nebeneinander liegende Saiten gleichzeitig, um eine Schwebung zu erzeugen. Wenn er die a- und die e-Saite gleichzeitig streicht, entsteht durch eine Schwebung ein Ton, der mit einer Frequenz von 3 Hz seine Lautstärke ändert. Die Schwebungsfrequenz nimmt zu, wenn die Zugkraft der e-Saite erhöht wird. Die e-Saite soll auf eine Frequenz von 660 Hz gestimmt werden.

- Wie entsteht die Schwebung bei 3 Hz? *Hinweis: Beim Streichen einer Geigensaite werden neben der Fundamentalschwingung auch höhere Harmonische angeregt.*
- Bei welcher Frequenz schwingt die e-Saite, wenn durch die Schwebung ein Ton entsteht, der mit einer Frequenz von 3 Hz seine Lautstärke ändert.
- Mit welcher Zugkraft sollte man die e-Saite idealerweise spannen, wenn die Beobachtung aus b) bei einer Zugkraft von 80 N auftritt?

### Aufgabe 2: Orgelpfeife

Eine Orgelpfeife hat eine Länge von 1.23 m.

- Die Orgelpfeife sei an beiden Enden offen und mit Luft gefüllt. Berechnen Sie die Frequenzen der ersten drei Harmonischen durch Berücksichtigung der Randbedingungen an die longitudinale Auslenkung der Luftmoleküle.
- Ein Ende der Orgelpfeife sei nun geschlossen. Wie verändert sich die Frequenz der Fundamentalschwingung?
- An welchem Ende der Orgelpfeife würde ein kleines, in die Pfeife eingebrachtes Mikrophon die höchste Lautstärke messen? Nehmen Sie hierzu an, dass die gemessene Lautstärke in guter Näherung nur vom Schalldruck abhängt.
- Die Pfeife sei nun wieder an beiden Enden offen und mit Helium durchflutet. Die dritte Harmonische hat dabei eine Frequenz von 1196 Hz. Berechnen Sie die Schallgeschwindigkeit in Helium.

### Aufgabe 3: Sprechrohr

Schallwellen können an einer Grenzschicht Totalreflexion erfahren, d.h. beim Übergang von einem Medium in das andere Medium werden die Wellen gänzlich reflektiert und es findet keine Brechung statt. Diesen Effekt nutzte man früher aus, um gesprochene Nachrichten mit Hilfe eines Sprechrohrs zu übermitteln,

z.B. auf einem Schiff. Welches Sprechrohr eignet sich am besten: ein Gummischlauch, ein Holzrohr oder ein Stahlrohr? Begründen Sie Ihre Wahl. Welche Form sollte das Sprechrohr haben? Die Schallgeschwindigkeit in Gummi ist  $v_s = 150 \text{ m/s}$ , in Holz  $v_s = 3300 \text{ m/s}$  und in Stahl  $v_s = 5850 \text{ m/s}$ .

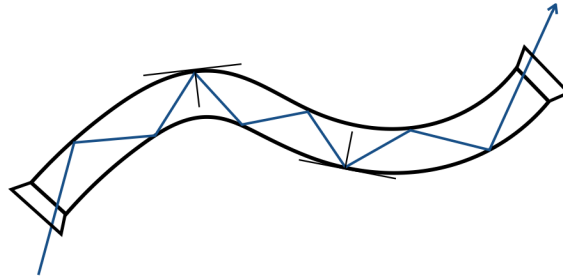


Abbildung 1: Sprechrohr

#### Aufgabe 4: Lautsprecher [ $\sum 11$ ]

Eine sich im Ursprung befindende punktförmige Schallquelle sendet einen Ton der Frequenz  $f = 343 \text{ Hz}$  in Richtung der positiven  $x$ -Achse aus. Eine zweite, identische punktförmige Schallquelle befindet sich im Abstand  $d = 10 \text{ m}$  entfernt auf der  $x$ -Achse (Koordinate  $x = 10 \text{ m}$ ,  $y = 0$ ) und sendet einen Ton der gleichen Amplitude  $A$ , gleicher Frequenz  $f$  und gleicher Phase  $\phi$  in Richtung der negativen  $x$ -Achse, siehe Abbildung 2 i).

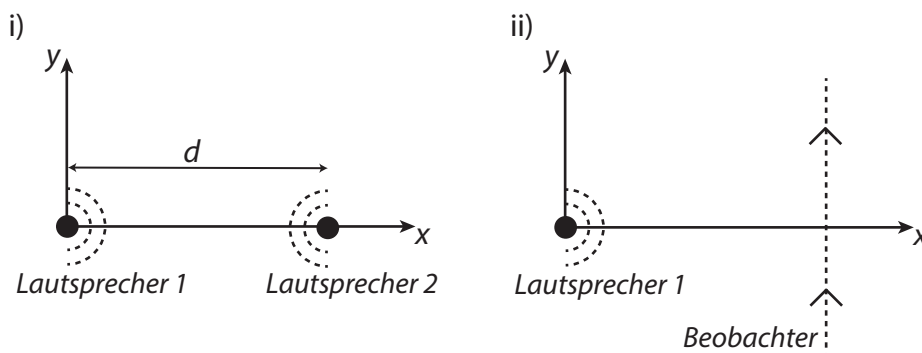


Abbildung 2: Lautsprecher

- Wie viele Intensitätsminima entstehen auf der Verbindungslinie zwischen beiden Lautsprechern? Die Schallgeschwindigkeit beträgt  $v_s = 343 \text{ m/s}$ . [2]
- Welche Intensitätsminima sind am ausgeprägtesten, d.h. bei welchen  $x$ -Koordinaten haben die Minima auf der Verbindungslinie zwischen beiden Lautsprechern die geringste Intensität? Argumentieren Sie qualitativ, indem Sie berücksichtigen, dass die Amplitude einer Schallwelle im 3-dimensionalen Raum mit zunehmendem Abstand zu ihrer Quelle abnimmt. [2]
- Welche Phase  $\phi \in [0, 2\pi)$  müsste der zweite Ton haben, damit er an der Position  $x = 5.1 \text{ m}$  destruktiv mit dem ersten Ton interferiert? Die Phase des Tons des ersten Lautsprechers sei Null. Verwenden Sie, dass die Auslenkung der von Lautsprecher 1 und 2 ausgesandten Schallwellen proportional zu  $\sin(kx - \omega t)$  bzw. zu  $\sin(k(d - x) - \omega t + \phi)$  ist. [4]

- d) Lautsprecher 2 sei nun entfernt und eine Person bewege sich mit einer Geschwindigkeit von 5 m/s entlang einer Geraden parallel zur y-Achse in positive Richtung, siehe Abbildung 2 ii). Geben Sie die von der Person wahrgenommene Frequenz für folgende Grenzwerte der Position der Person an:  $y \rightarrow -\infty$ ,  $y = 0$ ,  $y \rightarrow +\infty$ . [3]