

# EINFÜHRUNG: STEHENDE WELLEN

- Physik Q2
- sp, 2017-05-04

## PHYSIK Q2: STEHENDE WELLEN I

- Gitarrenseite: an beiden Enden ein festes Ende → Folgerung für Ausbreitung der Welle?
- Beispiel: Länge  $l = 65 \text{ cm} = 0,65 \text{ m}$ .
- Auslenkung  $y$  an der Stelle  $x=0 \text{ cm}$  bzw.  $x=65 \text{ cm}$  ist  $y=0 \text{ cm}$  (→ *Knoten*).



## STEHENDE WELLEN II

- Saite in der Mitte anschlagen → es breitet sich je eine Welle nach links & nach rechts aus
- Was passiert am Ende? → Die Wellen werden reflektiert!
- Dann begegnen sich 2 Wellen *gleicher Amplitude* und *gleicher Wellenlänge* (!)



## STEHENDE WELLEN III

- Was passiert? → Überlagerung der beiden Wellen
- Man bezeichnet diese Überlagerung als **stehende Welle**
- Wellenlänge  $\lambda$  der stehenden Welle  $\lambda = 2 \cdot L = 2 \cdot 0,65m = 1,30m$  (Warum?)



# STEHENDE WELLEN IV

- Mit  $c = \lambda \cdot f$  ergibt sich über die Schallgeschwindigkeit  $c = 343 \text{ m/s}$  für die Frequenz  $f = 263,85 \text{ Hz}$ .
- Problem: Der Ton A hat die *Frequenz*  $f_A = 110 \text{ Hz}$ .
- Lösung?



# STEHENDE WELLEN V

- Verwende statt der Schallgeschwindigkeit die
- Spannung  $T$  (= Kraft!) der Saite sowie die
- lineare Dichte  $\mu$
- → Grundfrequenz einer Saite (Gleichung **1**):

$$f_1 = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \cdot \frac{1}{2L}$$

## BEISPIEL 1

Mit dem Ausdruck (2) für die lineare Dichte  $\mu$

$$\mu = \frac{m}{L}$$

ergibt sich für die A-Saite ( $f_A = 110$  Hz) mit  $L = 0,65$  m und

$$m = 2,86 \text{ g für } \mu = 4,4 \times 10^{-3} \text{ kg/m.}$$

- Eingesetzt in die Gleichung (1) erhalten wir für die Spannung  $T \approx 90$  N. Das macht bei 6 Saiten übrigens ca. 500 N!



## BEISPIEL 2

- Greife die A-Saite im 5. Bund. →  $L$  wird verkürzt auf  $\frac{3}{4}$  der ursprünglichen Länge →  $0,75 \cdot 0,65 \text{ m} = 0,4875 \text{ m}$ .
- Mit  $\mu = 4,4 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$  und  $T \approx 90 \text{ N}$  ergibt sich die Grundfrequenz  $f \approx 146,69 \text{ Hz}$ .
- Das entspricht dem Ton  $d \dots$



# KNOTEN AUF EINER SAITE

- Eine stehende Welle kann sich auf einer Saite auch ausbilden, wenn wir drei (, vier, fünf) **Knoten** auf die Saite verteilen.
- Es ergeben sich die sog. **Eigenfrequenzen**  $f$  mit  $f_n = n \cdot f_1$  ( $f_1$ : Grundfrequenz) und

$$f_1 = \frac{c}{2L}$$

- Für die Wellenlänge  $\lambda_n$  mit  $n=1, 2, 3, \dots$  gilt:

$$\lambda_1 = \frac{2L}{n}$$

## BEISPIEL 3

- $n=1$ : Grundton der Saite.  $\rightarrow$  A-Saite  $\rightarrow f = 110$  Hz,  $\lambda = 2 \cdot 0,65$  m = 1,3 m.
- **erste** Eigenfrequenz  $n=2$ :  $\frac{1}{2} \cdot 0,65$  m = 0,325 m  $\rightarrow$  12. Bund (*Flageolet-Ton*)  $\rightarrow \lambda_2 = 0,65$  m,  $f_2 = 2 \cdot f_1 = 220$  Hz.
- **zweite** Eigenfrequenz  $n=3$   $\rightarrow$  Zwischenfrequenz  $\rightarrow$  Ton  $e'$
- **dritte** Eigenfrequenz  $n=4$ :  $\lambda_4 = 0,325$  m, da  $L = \frac{1}{4} \cdot 0,65$  m = 0,1625 m;  
Eigenfrequenz  $f_4 = 4 \cdot 110$  Hz = 440 Hz ( $\rightarrow$  *Kammerton a'!*)

# ENDE

- Präsentation erstellt mit [Reveal.js](#)
- Präsentation online: kommt noch ...

