

Übung 10 Wellen Stehende Wellen, Eigenschwingungen

Lernziele

- verstehen, dass sich auf einem endlichen Wellenträger nur bei bestimmten Frequenzen eine stehende Welle bzw. eine Eigenschwingung bildet.
- den Zusammenhang zwischen der Länge eines Wellenträgers und den Wellenlängen bzw. Frequenzen der möglichen Eigenschwingungen verstehen und anwenden können.

Aufgaben

Experimente: Erzeugung von Eigenschwingungen

1. *Federseil*

Im Unterrichtszimmer L28 befindet sich ein Federseil. Es ist an einem Ende fest montiert.

- a) Nehmen Sie das andere Ende in Ihre Hand. Erzeugen Sie durch Auf- und Abbewegungen der Hand eine Welle auf dem Federseil.
- b) Überzeugen Sie sich davon, dass sich auf dem Federseil nur bei bestimmten Frequenzen eine stehende Welle ausbildet.
- c) Erzeugen Sie die Grundwelle und mindestens die ersten zwei Oberwellen.
- d) Überlegen Sie sich, ob das Ende des Federseils, das Sie in der Hand halten als offenes oder als festes Ende des Wellenträgers zu betrachten ist.

2. *Kundt'sches Rohr* (August Kundt, 1839-1894)

Im Praktikumsraum L26 ist das sogenannte Kundt'sche Rohr aufgebaut. Es besteht aus einem Glasrohr, welches feinverteiltes, trockenes Korkmehl enthält. Das Glasrohr ist auf einer Seite durch einen Stöpsel verschlossen. Am offenen Ende befindet sich das Mikrofon eines Tongenerators.

Wird mit Hilfe eines Tongenerators ein Ton (harmonische Schallwelle) erzeugt, so beginnt das Korkmehl leicht zu vibrieren. Bei bestimmten Frequenzen bewegt es sich besonders stark: es entstehen regelmässige Staubfiguren (sog. Kundt'sche Staubfiguren). Diese hängen wie folgt mit den stehenden Wellen im Glasrohr zusammen:

Das Korkmehl wird dort weggeblasen, wo sich die Luftteilchen besonders stark bewegen, also in den Schwingungs- oder Bewegungsbäuchen der stehenden Schallwelle.

Es bilden sich dort kleine Staubhäufchen, wo sich die Luftteilchen nicht bewegen, also in den Schwingungs- oder Bewegungsknoten der Schallwelle.

- a) Verändern Sie am Drehknopf des Tongenerators langsam die Frequenz des erzeugten Tones. Beobachten Sie dabei das Korkmehl im Glasrohr.
- b) Überzeugen Sie sich davon, dass bei bestimmten Frequenzen eine stehende Schallwelle entsteht.
- c) Erzeugen Sie mindestens zwei verschiedene Eigenschwingungen.
- d) Messen Sie bei einer Eigenschwingung mit einem Massstab den Abstand der Schwingungsknoten, und bestimmen Sie daraus die Wellenlänge von Schallwellen.

3. *Chladni'sche Klangfiguren* (Ernst Chladni, 1756-1827)

(siehe Seite 2)

3. *Chladni'sche Klangfiguren* (Ernst Chladni, 1756-1827)

Im Praktikumsraum L27 befindet sich eine waagrecht montierte, quadratische Glasplatte, die mit feinverteiltem Sand bedeckt ist. Daneben liegt auf dem Tisch ein Violinbogen.

- a) Streichen Sie mit dem Violinbogen über den Rand der Glasplatte. Versuchen Sie, mindestens eine Eigenschwingung der Glasplatte anzuregen.
- b) Beobachten Sie das Verhalten des Sandes auf der Glasplatte. Das entstehende Sandmuster macht die zur entsprechenden Eigenschwingung gehörenden Knoten und Bäuche sichtbar.
- c) Wiederholen Sie a) und b) mit der runden Glasplatte.

Zusammenhang zwischen der Länge des Wellenträgers und den Wellenlängen bzw. Frequenzen der Eigenschwingungen

4. Im Unterricht wurde gezeigt, wie man stehende Wellen bzw. Eigenschwingungen auf einem endlichen Wellenträger zeichnerisch darstellen kann.

Erstellen Sie eine Zeichnung für die Grundschwingung und die ersten vier Oberschwingungen einer Orgelpfeife für die drei nachfolgend beschriebenen Fälle i), ii) und iii):

- i) Die Orgelpfeife ist beidseitig geschlossen.
- ii) Die Orgelpfeife ist beidseitig offen.
- iii) Die Orgelpfeife ist einseitig offen.

5. Die Wellenlängen bzw. die Frequenzen der Eigenschwingungen auf einem Wellenträger der Länge L seien wie folgt bezeichnet:

	Wellenlänge	Frequenz
Grundschwingung	λ_0	f_0
1. Oberschwingung	λ_1	f_1
2. Oberschwingung	λ_2	f_2
3. Oberschwingung	λ_3	f_3
...		
n. Oberschwingung	λ_n	f_n

Lösen Sie mit Hilfe Ihrer Zeichnungen aus der Aufgabe 4 für alle drei möglichen Fälle i), ii), iii) die Aufgaben a), b), c).

- i) Der Wellenträger hat beidseitig ein festes Ende.
 - ii) Der Wellenträger hat beidseitig ein offenes Ende.
 - iii) Der Wellenträger hat auf der einen Seite ein festes und auf der anderen Seite ein offenes Ende.
- a) Drücken Sie durch eine Formel die Grundwellenlänge λ_0 und die Grundfrequenz f_0 durch die Länge L des Wellenträgers und die Ausbreitungsgeschwindigkeit c aus.
 - b) Drücken Sie durch eine Formel die Wellenlänge λ_n und die Frequenz f_n der n-ten Oberschwingung durch n , die Länge L des Wellenträgers und die Ausbreitungsgeschwindigkeit c aus.
 - c) Drücken Sie durch eine Formel die Wellenlänge λ_n bzw. die Frequenz f_n der n-ten Oberschwingung durch n und die Grundwellenlänge λ_0 bzw. die Grundfrequenz f_0 aus.

Lösungen

1.
 - a) ...
 - b) ...
 - c) ...
 - d) festes Ende

2.
 - a) ...
 - b) ...
 - c) ...
 - d) ...

3.
 - a) ...
 - b) ...
 - c) ...

4.
 - i) ...
 - ii) ...
 - iii) ...

5.
 - a)
 - i) $0 = 2L$ $f_0 = \frac{c}{2L}$
 - ii) $0 = 2L$ $f_0 = \frac{c}{2L}$
 - iii) $0 = 4L$ $f_0 = \frac{c}{4L}$
 - b)
 - i) $n = \frac{2}{n+1} L$ $f_n = \frac{n+1}{2} \frac{c}{L}$
 - ii) $n = \frac{2}{n+1} L$ $f_n = \frac{n+1}{2} \frac{c}{L}$
 - iii) $n = \frac{4}{2n+1} L$ $f_n = \frac{2n+1}{4} \frac{c}{L}$
 - c)
 - i) $n = \frac{1}{n+1} 0$ $f_n = (n+1) f_0$
 - ii) $n = \frac{1}{n+1} 0$ $f_n = (n+1) f_0$
 - iii) $n = \frac{1}{2n+1} 0$ $f_n = (2n+1) f_0$

6.
 - a)

offene Pfeife:	$L = 65.2 \text{ cm}$
einseitig geschlossene Pfeife:	$L = 32.6 \text{ cm}$
 - b)

offene Pfeife:	1. OS $f_1 = 528 \text{ Hz}$
	2. OS $f_2 = 792 \text{ Hz}$
	3. OS $f_3 = 1056 \text{ Hz}$
einseitig geschlossene Pfeife:	1. OS $f_1 = 792 \text{ Hz}$
	2. OS $f_2 = 1320 \text{ Hz}$
	3. OS $f_3 = 1848 \text{ Hz}$

7.
 - a) 3. OS, 4. OS, 5. OS
 - b) $L = 1.48 \text{ m}$

8.
 - a) transversale Schwingungen
 - b) 1. Oberschwingung
 - c) $c = \lambda \cdot f = 1 \text{ km} \cdot 1 \text{ Hz} = 1 \text{ km/s}$
 - d) ...