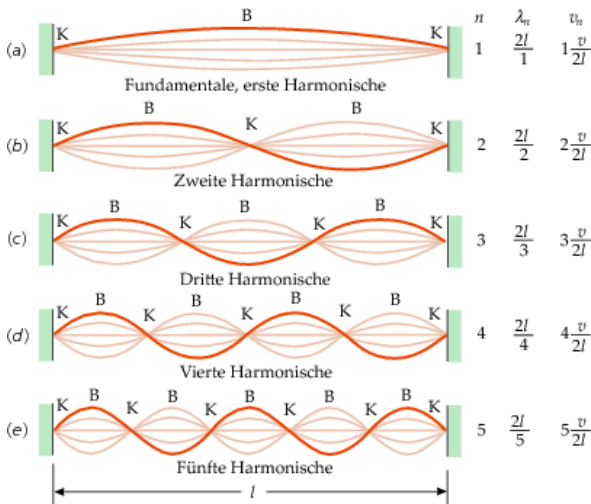




Long Spring

stehende Welle erzeugen



Was Du erhältst

Starterset

- 1.7m lange Stahlfeder, dehnbar bis 7m

Reflexion von Wellen und stehende Wellen [Quelle: Physikunterricht-online.de]

Ein besonderes Phänomen entsteht, wenn sich zwei Wellen gleicher Frequenz und Amplitude überlagern, die sich in **entgegengesetzte** Richtung ausbreiten.

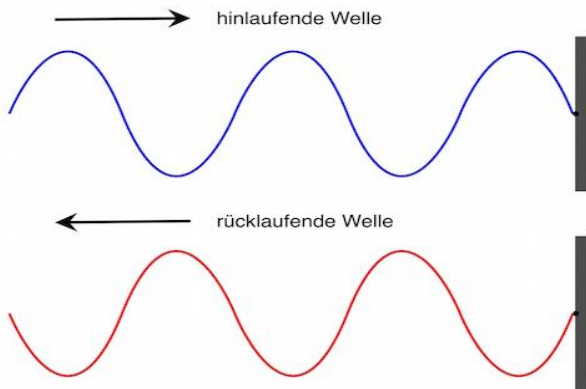
Am häufigsten tritt dieses Phänomen auf, wenn eine Welle *reflektiert* wird und sich so mit ihrer eigenen Reflexion überlagert.

Reflexion linearer Wellen

Die Reflexion einer linearen Welle lässt sich mit einem Seil oder einer langen Feder untersuchen. Dazu wird eine lange Feder an einem Gegenstand befestigt (oder festgehalten) und am anderen Ende eine Störung erzeugt, indem die Feder einmal schnell ausgelenkt wird.

Beobachtung:

Bei der Reflexion wird die Richtung der Auslenkung umgekehrt – aus einem Wellenberg wird ein Wellental und umgekehrt.



Man sagt, es tritt ein **Phasensprung** um 180° oder einer halben Wellenlänge auf.

Man bezeichnet eine solche Reflexion als **Reflexion am festen Ende** (da das gegenüberliegende Ende festgehalten wird).

Befestigt man das Ende der Feder nicht an einem festen Gegenstand, sondern an einem Faden, so dass das Ende der Feder frei ausschlagen kann, so tritt *kein* Phasensprung auf.

Bei einer solchen Reflexion spricht man von einer **Reflexion am losen (oder freien) Ende**.

Reflexion mit und ohne Phasensprung

Bei der **Reflexion am festen Ende** tritt bei der Reflexion ein **Phasensprung**

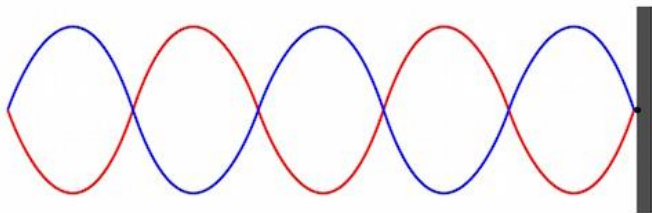
um π bzw. auf.

Bei der **Reflexion am losen (freien) Ende** gibt es **keinen Phasensprung**.

Stehende Wellen

Erzeugt man in der Feder kontinuierlich und gleichmäßig Schwingungen, die sich als Welle innerhalb der Feder ausbreiten, überlagert sich die hinlaufende Welle mit der reflektierten Welle. Dabei addieren sich, wie im Abschnitt *Interferenz* beschrieben, die Auslenkungen an jedem Punkt. Bei bestimmten Frequenzen kommt es dabei zu *stehenden Wellen*:

Stehende Welle



Es bilden sich Bereiche, in denen die Auslenkung maximal schwankt (**Schwingungsbäuche**) und Bereiche, in denen die Auslenkung ständig Null ist (**Schwingungsknoten**).

Da sich die Knoten und Bäuche nicht bewegen, sondern immer an der gleichen Stelle bleiben, spricht man von **stehenden Wellen**.

Benachbarte Knoten haben einen Abstand von einer halben Wellenlänge ($\lambda/2$).

Voraussetzung für die Entstehung stehender Wellen

Stehende Wellen entstehen nur bei bestimmten Frequenzen. Diese hängen von der Länge des Systems (in diesem Beispiel von der Länge der Feder) ab.

Bei Schwingungszuständen, in denen sich stehende Wellen bilden, spricht man von **Eigenschwingungen des Systems**. Die einfachste Form entsteht bei der kleinsten Frequenz und heißt **Grundschiwingung**. Die Eigenschwingungen, die bei höheren Frequenzen entstehen, nennt man **Oberschwingungen**.

Damit eine stehende Welle entsteht, muss eine bestimmte Anzahl an Wellenlängen (bzw. Bruchteilen einer Wellenlänge) auf die Länge des Systems passen.

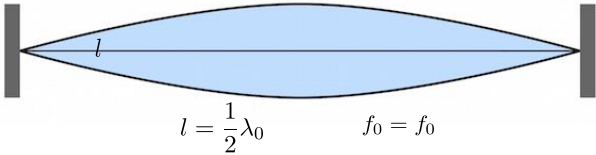
Je nach Bedingung (festes oder loses Ende), ergeben sich so die möglichen Eigenschwingungen.

Eigenschwingungen eines Wellenträgers mit zwei festen Enden

Die folgenden Abbildungen zeigen die Bedingungen für das Entstehen einer stehenden Welle bei zwei festen Enden. Der Abstand der beiden festen Enden entspricht der Länge l des Systems:

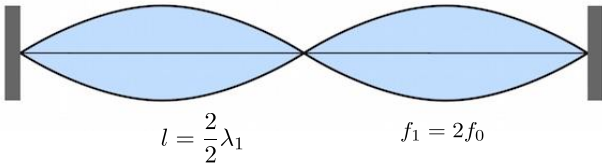
Grundschiwingung

Es gilt: $\lambda_0 = 2 \cdot l$



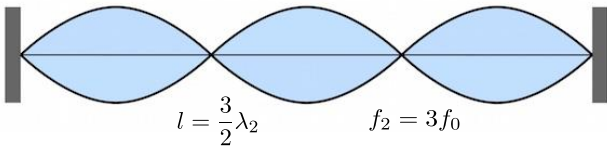
1. Oberschiwingung

Es gilt: $\lambda_1 = l = \frac{2 \cdot l}{2}$



2. Oberschiwingung

Es gilt: $\lambda_2 = \frac{2 \cdot l}{3}$



Allgemein gilt: Die Bedingung für stehende Wellen bei zwei festen Enden lautet:

n. Oberschwingung: $\lambda_n = \frac{2 \cdot l}{n + 1} \quad n = 0, 1, 2, \dots$

Die gleichen Bedingungen gelten auch bei **zwei freien Enden**.

Eigenschwingungen eines Wellenträgers mit einem festen und einem freien Ende

Für ein festes und ein freies Ende ergeben sich folgende Bedingungen:

Grundschiwingung: $\lambda_0 = 4 \cdot l$

1. Oberschwingung: $\lambda_1 = \frac{4 \cdot l}{3}$

2. Oberschwingung: $\lambda_2 = l = \frac{4 \cdot l}{5}$

n. Oberschwingung. $\lambda_n = l = \frac{4 \cdot l}{5} \quad \text{mit } n = 0, 1, 2, \dots$

Allgemein lassen sich die Bedingungen folgendermaßen zusammenfassen:

Bedingungen für die Ausbildung stehender Wellen

Bei zwei gleichen Enden:

$$\lambda_n = \frac{2l}{n+1} \quad \text{mit } n = 0, 1, 2, \dots$$

Bei zwei verschiedenen Enden:

$$\lambda_n = \frac{4l}{2n+1} \quad \text{mit } n = 0, 1, 2, \dots$$

Tipp:

Lassen Sie einen Schüler das eine Ende der Feder festhalten und erzeugen Sie die Schwingungen.

Machen Sie das Experiment vor der Wandtafel oder einer freien Wand. Die Schwingungsknoten sind so gut sichtbar.