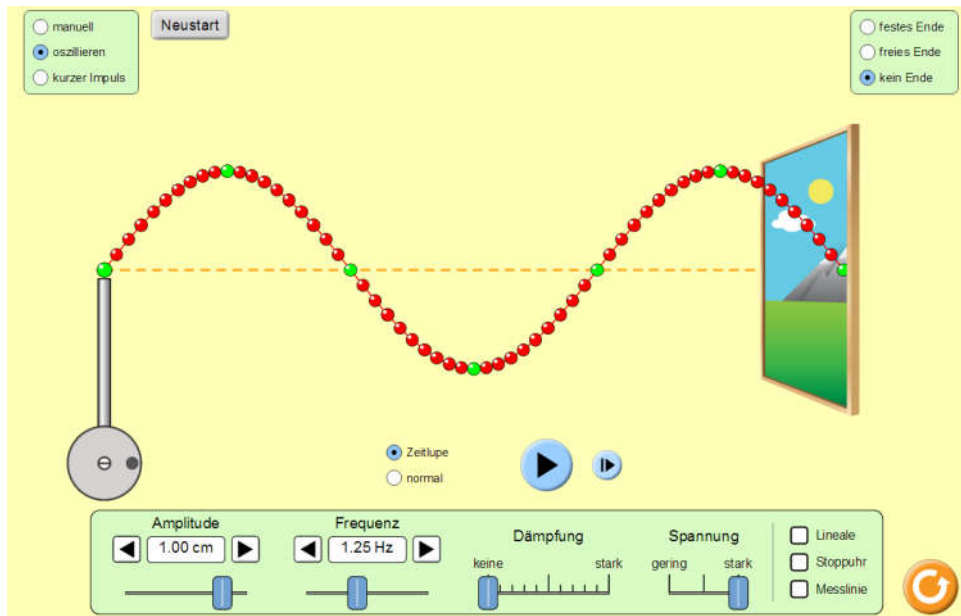


Stehende Wellen

Stehende Wellen entstehen auf der Verbindungslinie zweier Erreger, die mit der gleichen Frequenz Wellen aussenden.

Stehende Wellen können aber auch durch Reflexion an einem Ende eines Mediums, z.B. eines Seils entstehen. Wenn das Seil am Ende fest eingespannt ist, spricht man von einem *festen Ende*, kann es sich bewegen, dann nennt man das Ende *offen*.

Zur Untersuchung wird die Simulation *wave-on-a-string* der University of Boulder (USA) verwendet: (http://kremb.org/physik/Wellen/69_10_00_Simulation-Welle.htm)



Weil die Simulation in Amerika programmiert wurde, ist das einblendbare Lineal leider in Inch (1 Inch = 2,54 cm) skaliert und für uns nicht so vertraut.

Deshalb wird als Längeneinheit 1p verwendet. Das abgebildete Seil ist damit 60p lang.

Für reproduzierbare Ergebnisse muss die Spannung auf den Maximalwert eingestellt sein.

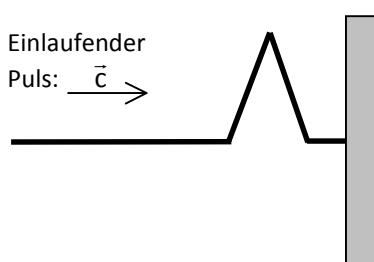
Die Ausbreitungsgeschwindigkeit c einer Seilwelle nimmt mit zunehmender Spannung zu.

- > Stellen Sie die Parameter gemäß der Abbildung ein und bestätigen Sie, dass sich dann für $c = 50 \text{ p/s}$ ergibt und dass die Dämpfung kaum einen Einfluss auf c hat.
- Bestätigen Sie die Abnahme von c bei abnehmender Spannung.

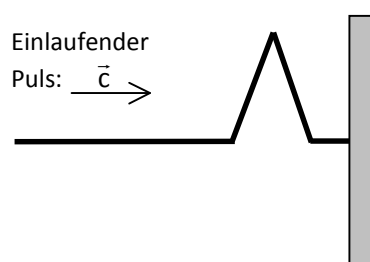
a) Untersuchung der Reflexion am rechten Ende

Geben Sie einen kurzen Puls auf das Seil und ermitteln Sie den Unterschied bei der Reflexion am festen bzw. offenen Ende. Ergänzen Sie die Skizzen:

Festes Ende:



Offenes Ende:



b) Anregung mit beliebiger Frequenz

Wenn man das Seil mit einer willkürlich gewählten Frequenz zu Schwingungen anregt (z.B. $A = 0,20\text{cm}$; $f = 1,0\text{Hz}$, keine Dämpfung und maximale Spannung mit festem Ende), dann überlagern sich vom Erreger ausgesandte Welle und reflektierte Welle, ohne dass man eine Systematik dahinter erkennen kann. Es gibt sogar Zeitpunkte (ca. 12s nach Start), an denen das komplette Seil kurzzeitig ganz zur Ruhe kommt.

c) Stehende Wellen mit zwei festen Enden

Wenn man das Seil einer Frequenz anregt, sodass die ausgesendete Welle und reflektierte Welle „zusammenpassen“, dann stellt sich ein sog. *stationärer* Zustand ein.

Mit einer „kleinen“ Erregeramplitude ($A = 0,02\text{ cm}$) kann man erreichen, dass das linke Ende des Seils nahezu ein festes Ende ist und sich (kaum) bewegt.

Eine stationärere Schwingung (= stehende Welle) mit der **größten Wellenlänge** stellt sich ein, wenn eine *halbe Wellenlänge gleich der Seillänge* ist.

Diese Schwingung nennt man **Grundschiwingung mit der Frequenz f_0** :

$$\frac{\lambda}{2} = \ell \Leftrightarrow \lambda = 2\ell = 2 \cdot 60\text{p} = 120\text{p}$$

Damit ergibt sich mit $c = 50\text{ p/s}$: $c = \lambda \cdot f \Leftrightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{50\text{p/s}}{120\text{p}}$, also $f_0 = 0,42\text{ Hz}$

Für die nächste passende Wellenlänge gilt : $\lambda = \ell$

Die Schwingung nennt man **1. Oberschiwingung mit der Frequenz f_1** .

-> Berechnen Sie f_1 nach obigen Beispiel und überprüfen Sie Ihr Ergebnis mit der Simulation.

.....

-> Berechnen Sie λ und f_2 für die 2. Oberschiwingung.

.....

-> FoSa Seite 32.

d) Stehende Wellen mit einem festen und einem offenen Ende

-> Berechnen Sie λ und f für die Grundschiwingung und die 1. und 2. Oberschiwingung.

Überprüfen Sie die Berechnung mit Hilfe der Simulation.

.....

.....

e) Zwei offene Enden

-> Überlegen Sie, mit welcher Einstellung man zwei offene Enden simulieren kann.