

## Arbeitsblatt IV/1: Version für die Lehrkraft

### Eigenschaften eingesperrter Wellen

In den vorherigen Abschnitten haben Sie zwei wichtige Sachverhalte kennen gelernt:

1. Elektronen weisen **Wellencharakter** auf.
2. Elektronen in Atomen sind durch die Coulomb-Anziehung zum Atomkern im Atom **eingesperrt**.

In diesem Arbeitsblatt werden wir nicht direkt die Elektronen untersuchen, sondern Versuche mit eingesperrten Wellen aus einem uns wesentlich besser zugänglichem Bereich durchführen. Eingesperrte Wellen sind glücklicherweise seit langer Zeit in der Musik bekannt. Jedes Musikinstrument, sei es ein Blasinstrument wie eine Klarinette, oder ein Saiteninstrument wie eine Gitarre, erzeugt seine Töne durch Schwingungen von eingesperrten Wellen. Die Töne eines Blasinstruments werden durch die Schwingung der im Instrument eingesperrten Luftsäule erzeugt. Eine Gitarre ertönt als Folge der Schwingungen der Saiten, welche zwischen den beiden Stegen eingesperrt sind.

**Versuch 1a:** Wir untersuchen zuerst eine Art Blasinstrument. Nehmen Sie einen der bunten Schläuche, drehen Sie ihn zuerst mit konstanter Geschwindigkeit im Kreis und notieren Sie anschliessend Ihre Beobachtung (besser gesagt, Ihren Höreindruck).



Abb. 1 Kunststoffschläuche als "Blasinstrumente"

### Beobachtung:

Der Schlauch produziert einen Ton.

**Versuch 1b:** Drehen Sie Ihren Schlauch wiederum im Kreis, erhöhen Sie aber **langsam** und **kontinuierlich** die Drehgeschwindigkeit.

**Frage 1:** Beschreiben Sie möglichst präzise, wie sich die Tonhöhe mit steigender Drehgeschwindigkeit des Schlauchs verändert.

**Antwort:**

Die Tonhöhe steigt **sprunghaft** an.

(siehe: <http://www.youtube.com/watch?v=dCgTIUNfa3Y>)

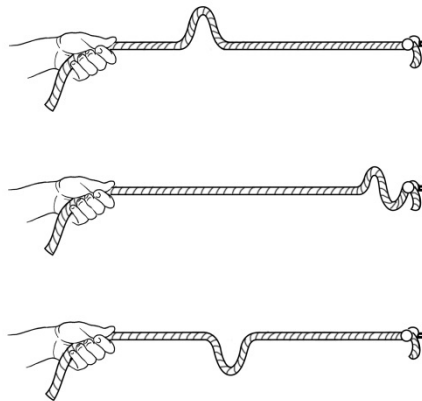
Nachdem Sie mit dem Versuch fertig sind und Ihre Beobachtungen aufgezeichnet haben, können Sie sich noch das folgende Video ansehen:

<http://www.youtube.com/watch?v=dCgTIUNfa3Y>

Im Versuch 1 haben wir eine Besonderheit im Verhalten der eingesperren Wellen in einem Kunststoffschlauch mit unserem Gehör feststellen können. Im nächsten Schritt werden wir diese Besonderheit sichtbar machen und auch erklären.

**Versuch 2a:** Ein gewöhnlicher Labor-Gummischlauch wird uns nun als Analogie für eine Gitarrenseite dienen. Er sollte etwa 8-10 mm Durchmesser haben und ungefähr 5-7 m lang sein. Der Schlauch wird fest an einen Fenstergriff oder an eine ähnliche Stelle so angebunden, dass man genügend Platz hat, um ihn gestreckt in der Hand zu halten. Zuerst wird der Schlauch mit **einem** leichten Ruck in Schwingung versetzt.

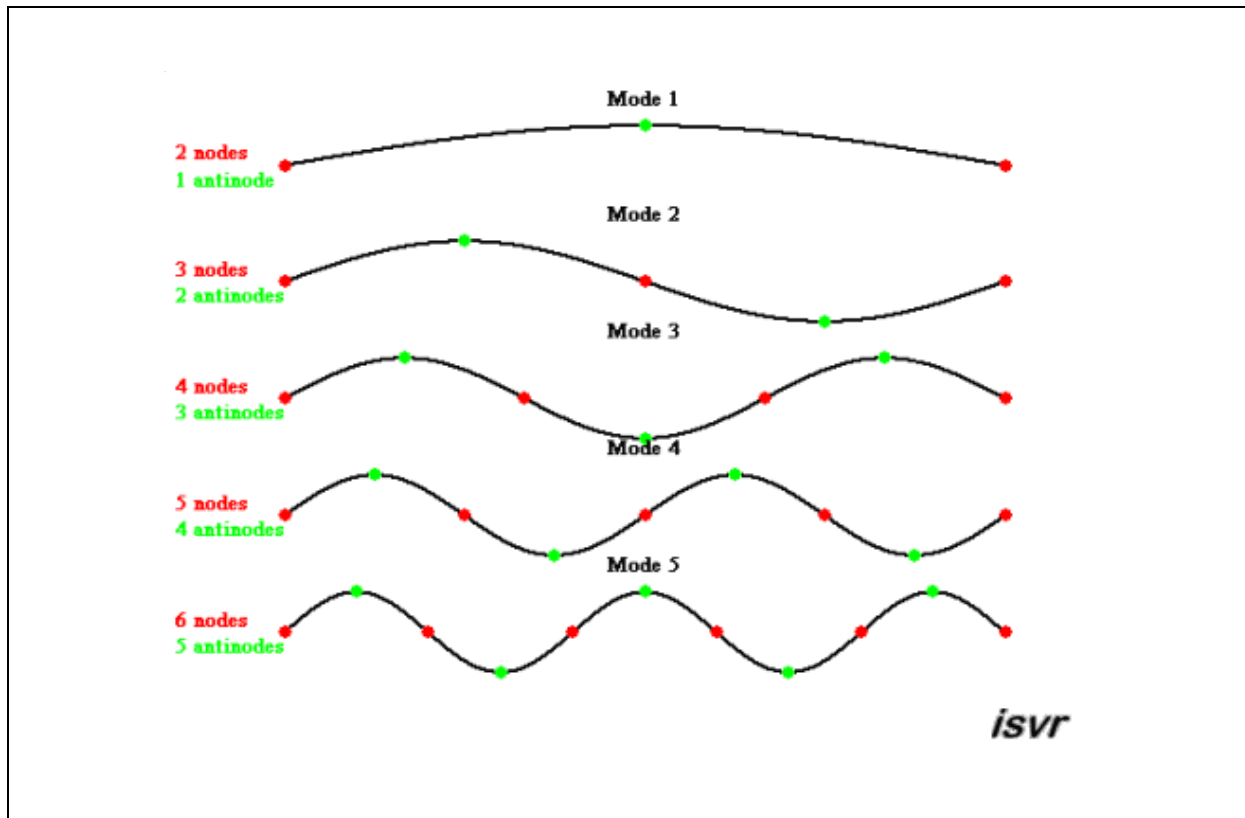
**Beobachtung:**



Der Ruck erzeugt eine Welle, die sich von uns weg und zu der Wand hin bewegt. Stößt sie auf die Wand auf, so wird sie reflektiert und bewegt sich wieder auf uns zu.

**Versuch 2b:** Im zweiten Teil dieses Versuches sollten Sie den Schlauch kräftig schwingen, bis sich die Grundschwingung ausbildet. Danach können Sie versuchen, den Schlauch in die erste, zweite und wenn Sie wirklich geschickt sind, auch in die dritte Oberschwingung zu versetzen. Die Oberschwingungen können einfacher erzeugt werden, wenn man den Schlauch nicht von oben nach unten, sondern kreisförmig schwingt.

Zeichnen Sie nun die von Ihnen erzeugten Schwingungsbilder des Schlauches in das auf der nächsten Seite stehende Schema ein. Beachten Sie die Energieskala auf der linken Seite und überlegen Sie sich, welche der Schwingungen die tiefste Energie aufweisen wird. Sie können sich natürlich auch erinnern, bei welcher Schwingung Sie sich am meisten anstrengen mussten.

**Beobachtung:**

Siehe Animation bei:

[http://resource.isvr.soton.ac.uk/spcg/tutorial/tutorial/Tutorial\\_files/Web-standing-string.htm](http://resource.isvr.soton.ac.uk/spcg/tutorial/tutorial/Tutorial_files/Web-standing-string.htm)

Im nächsten Schritt geht es darum, dieses Verhalten eingespannter Wellen zu erklären.

Im Versuch 2a konnten wir beobachten, dass wir mit einem Ruck des Gummischlauches eine Welle erzeugen können, welche sich dann von uns wegbewegt.

**Frage 2:** Was geschieht mit der Welle, wenn sie auf die Begrenzung am Ende des Schlauches stößt? Sollten Sie diese Frage nicht aus dem Gedächtnis beantworten können, so wiederholen Sie einfach den Versuch 2a.

**Antwort:**

Die Welle wird an der Wand reflektiert.

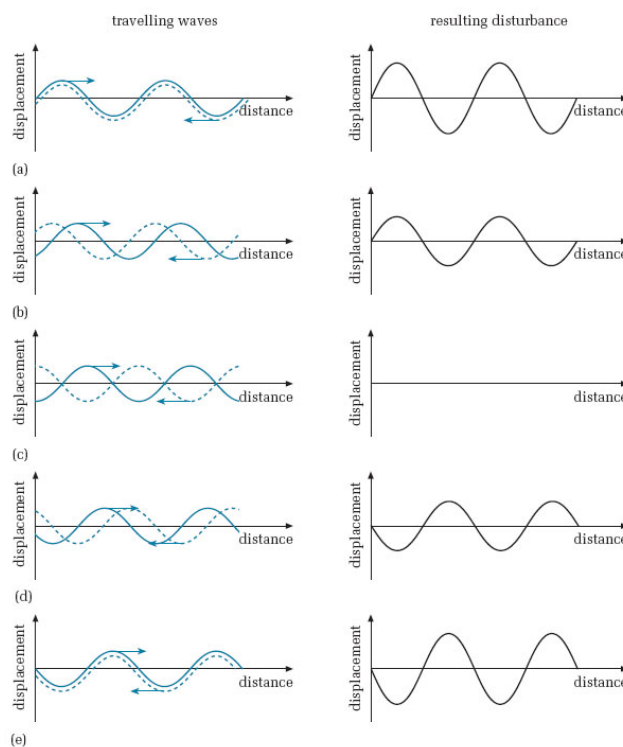
**Frage 3:** Überlegen Sie sich nun, was passieren wird, wenn Sie dem Schlauch nicht nur einen kurzen Ruck versetzen, sondern ihn kontinuierlich in Schwingung halten.

**Antwort:**

Die Wellen, die sich auf die Wand hin bewegen, werden mit denjenigen, die von der Wand reflektiert worden sind, zusammenstossen und sich mit ihnen überlagern.

**Auftrag:** Ziehen Sie alle oben durchgeführten Versuche und Überlegungen in Betracht, diskutieren Sie mit Ihren Mitschülerinnen und Mitschülern und/oder mit Ihrer Lehrkraft und repetieren Sie, falls nötig, die im Kapitel I „Natur des Lichts“ gewonnenen Erkenntnisse über die Wellennatur des Lichts. All dies sollte Ihnen ermöglichen, die Ursache des sprunghaften Verhaltens von eingesperrten Wellen zu erklären. Achten Sie bitte bei diesem Auftrag auf genaue und klare Formulierung.

Bei eingesperrten Wellen kommt es, wie oben beschrieben (Frage 3) zur Überlagerung von Wellen. Hierbei werden sich die sich in entgegengesetzter Richtung bewegend Wellen je nach ihrer Wellenlänge entweder verstärken oder auslöschen. So überleben nur die wenigen Schwingungen, die sich verstärken, alle anderen werden sich gegenseitig auslöschen.



Bei eingesperrten Wellen sind also nicht alle beliebigen Zustände möglich, erlaubt sind vielmehr lediglich bestimmte Schwingungszustände. **Eingesperrte Wellen zeigen also sprunghaftes Verhalten.**