

## Experimente mit dem Gummiband – stehende Wellen untersuchen

Dr. Ulrich Rasbach, Asbach

II/A

Für viele Schüler ist der Ausdruck *stehende Welle* ein Widerspruch in sich. Bei Wellen denken sie an Bewegung und Ausbreitung. Wirft man einen Stein ins Wasser, so kann man beobachten, wie sich die Wellen kreisförmig fortpflanzen.

Wieso können auch Wellen stehen?

Lassen Sie dies Ihre Schüler in Experimenten mit dem Gummiband erforschen. Ein Arbeitsblatt zur Wellengleichung rundet den Beitrag ab.



Foto: Regierung der Vereinigten Staaten

Die eingestürzte erste Tacoma-Narrows-Brücke

Zeigen Sie einen Film zur  
Resonanzkatastrophe an der  
Tacoma Narrows Bridge!

### Der Beitrag im Überblick

**Klasse:** 10 (G8) / 11

**Dauer:** 4 Stunden

**Ihr Plus:**

- ✓ Schülerexperimente mit Materialien, die nicht viel kosten (Gummiband)
- ✓ Handlungsorientierter Unterricht

**Inhalt:**

- Harmonische Schwingung
- Störung als Ursache einer Welle
- Charakteristische Größen einer Welle: Wellenlänge, Phase, Ausbreitungsgeschwindigkeit
- Stehende Wellen (Knoten und Bäuche)
- Wellengleichung

<sup>1</sup><http://www.archive.org/details/Pa2096Tacoma>

## II/A

**Hinweise für fachübergreifendes Arbeiten und Ausblick****1. Fach Geschichte: Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894)**

Erwähnen Sie den deutschen Physiker Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894), nach dem die Einheit der Frequenz  $f$  benannt ist.

Hertz untersuchte elektromagnetische Wellen. Er bestätigte, dass es sich bei Licht um solche handelt, und gab den vier Maxwell'schen Grundgleichungen der Elektrodynamik ihre heutige Gestalt.

1887 wies er den Einfluss ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung nach und bereitete so die Klärung des äußeren lichtelektrischen Effekts durch Hallwachs vor. 1892 beobachtete er den Durchgang von Kathodenstrahlen durch dünne Metallschichten, was darauf hindeutet, dass die Materie zum großen Teil aus leerem Raum besteht.



Foto: <http://commons.wikimedia.org/wiki/>

Vgl. <http://www.math.uni-hamburg.de/spag/ign/hh/biogr/hertz.htm>

Heinrich Rudolf Hertz

**2. Fach Musik: Resonanz und Obertöne**

Sprechen Sie das Phänomen der Resonanz und Obertöne an. Der Klang einer Geige wird von einer Vielzahl sogenannter **Obertöne** bestimmt. Diese entstehen dadurch, dass die eingespannten Saiten zu mehr als einer resonanten Schwingung angeregt werden können. Zusätzlich zur Grundschwingung, bei der gerade ein Wellenbauch auf der gesamten Saitenlänge Platz findet, bilden sich auf der Saite auch stehende Wellen aus, deren Frequenzen jeweils ganzzahlige Vielfache dieser Grundschwingung sind.



Foto: Pixelio

Obertöne bestimmen den Klang einer Geige.



Foto: Pixelio

Wenn die Schalen in Schwingung versetzt werden, erzeugen sie eine starke Vibration und schöne Klänge.

3. Im Bereich **Atom- und Quantenphysik** verwendet man die Welle als ideales Modell. Die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen in bestimmten Bereichen des Atoms kann man mithilfe der jeweiligen Wellenfunktion und der Schrödinger-Gleichung berechnen: Das Betragsquadrat der Wellenfunktion gibt die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen in diesen Bereichen an. Interferenzerscheinungen am Doppelspalt erklärt man im Wellenmodell, egal, ob es sich um Licht, Elektronen oder C-60-Moleküle handelt. Hier kommen die Materiewellen ins Spiel, die die De-Broglie-Wellenlänge  $\lambda = h/p$  haben. Neben dem Planck'schen Wirkungsquantum  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Js taucht in dem Ausdruck der Teilchenimpuls  $p$  auf. Teilchen- und Wellencharakter verschmelzen also in der Quantenphysik.

## M 2 Sinusförmig – die harmonische Schwingung kennenlernen

### Schülerversuch 1: Aufzeichnung einer mechanischen Störung auf einem Blatt Papier

⌚ Vorbereitung: 5 min    Durchführung: 5 min

#### Materialien

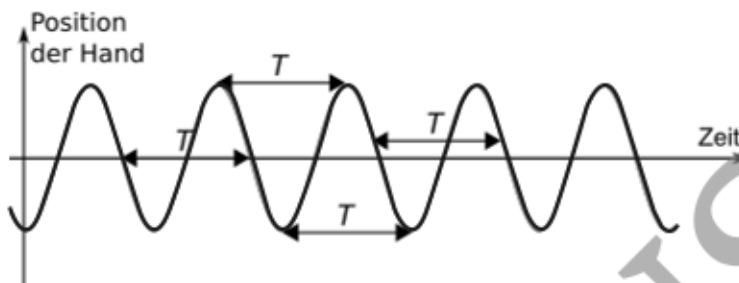
- 1 schwarzer Stift (Edding 8400)     1 Rolle Pergament- oder Backpapier

#### Versuchsdurchführung

Bewegen Sie den Stift gleichmäßig in einer Ebene hin und her. Ihr Partner zieht ein langes Stück Papier gleichmäßig und senkrecht zur Bewegungsrichtung des Stiftes unter diesem weg, sodass der zeitliche Verlauf der Hin- und Herbewegung des Stiftes aufgezeichnet wird.

#### Versuchsbeschreibung

Das folgende Diagramm zeigt den zeitlichen Verlauf der Hand mit dem Stift.



### Schülerversuch 2: Bewegung eines Sandpendels

⌚ Vorbereitung: 5 min    Durchführung: 5 min

#### Materialien

- 1 kleines Säckchen mit feinem Sand     1 dünne Schnur     1 Stativ

#### Versuchsdurchführung

Befestigen Sie das Sandsäckchen an der Schnur und diese am Stativ, sodass ein Pendel entsteht. Stechen Sie ein kleines Loch in das Sandsäckchen. Lenken Sie das Sandpendel aus und lassen Sie es hin- und herschwingen. Ihr Partner zieht ein langes Stück Papier gleichmäßig und senkrecht zur Bewegungsrichtung des Pendels unter diesem weg. Beobachten Sie die Sandspur.

**Aufgabe:** Geben Sie einen Zusammenhang zwischen Periodendauer  $T$  und Frequenz  $f$  der Schwingung des Sandpendels an.



#### Merke

- Die Schwingung lässt sich durch eine Sinusfunktion beschreiben. Solche Schwingungen nennt man in der Physik harmonische Schwingungen.
- Bei harmonischen Schwingungen ist die Periodendauer  $T$  von der Amplitude der Schwingung unabhängig.
- Die Schwingung des Pendels wird durch Reibungskräfte gedämpft und kommt deshalb irgendwann zum Stillstand. Will man dies verhindern, so muss man die Schwingung durch periodisches Anstoßen des Säckchens erzwingen.

**M 6 Stehende Wellen im Labor und in der Kunst**

II/A



Foto: G. Schneider; Sinn-Welt in Biberach

Eine mit Sand bedeckte Scheibe, die mithilfe eines Geigenbogens zu Schwingungen angeregt wurde. Es hat sich eine **Chladni'sche Klangfigur** ausgebildet.

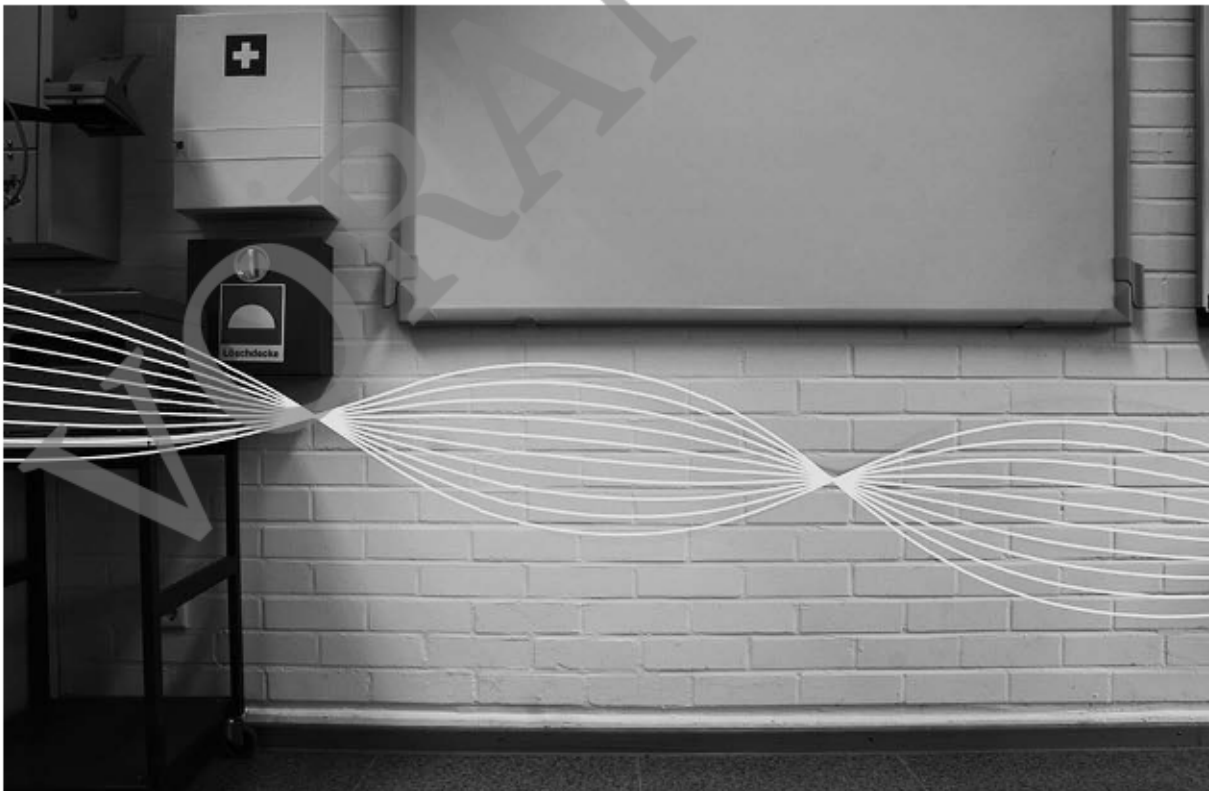


Foto: Dr. U. Rasbach

Eine stehende Welle, wie sie die Schüler mit einem Gummiband erzeugen.