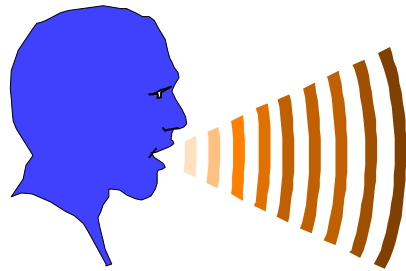


# Physik & Musik



# 2



# Monochord

1 Auftrag

# Monochord

Bearbeitungszeit: 30 Minuten

Sozialform: Einzel- oder Partnerarbeit

## Einleitung

Das *Monochord* ist ein einfaches Saiteninstrument (Abbildung 1). Es dient zur experimentellen Untersuchung von Saitenschwingungen. Monochord bedeutet: eine Saite.

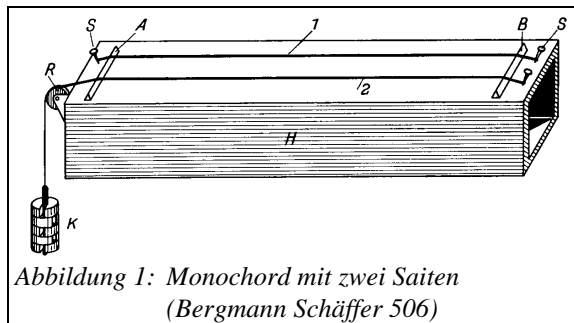


Abbildung 1: Monochord mit zwei Saiten  
(Bergmann Schäffer 506)

Manchmal haben Monochorde aber dennoch zwei gleichlange Saiten (1 und 2).

Eine schwingende Saite strahlt den Schall schlecht ab. Sie wäre schlecht hörbar. Um die Schwingungen hörbar zu machen, ist sie auf einen Holzkasten montiert (H). Dieser dient als *Resonanzkörper*. Die Schwingung überträgt sich auf den Kasten und wird von dessen grosser Oberfläche ausgestrahlt. So entsteht ein relativ lauter Ton.

Als Saite dient normalerweise ein Metalldraht. Man kann aber auch Saiten aus anderen Materialien auf das Monochord spannen. Dazu ist am Resonanzkörper auf der einen Seite eine Schraube (S) angebracht, auf der andern Seite eine Rolle (R), über die ein Gewicht (K) an der eingespannten Saite angebracht werden kann. Natürlich hängt die Beschaffenheit des Tones von der erzeugenden Saite und ihrer Spannung ab.

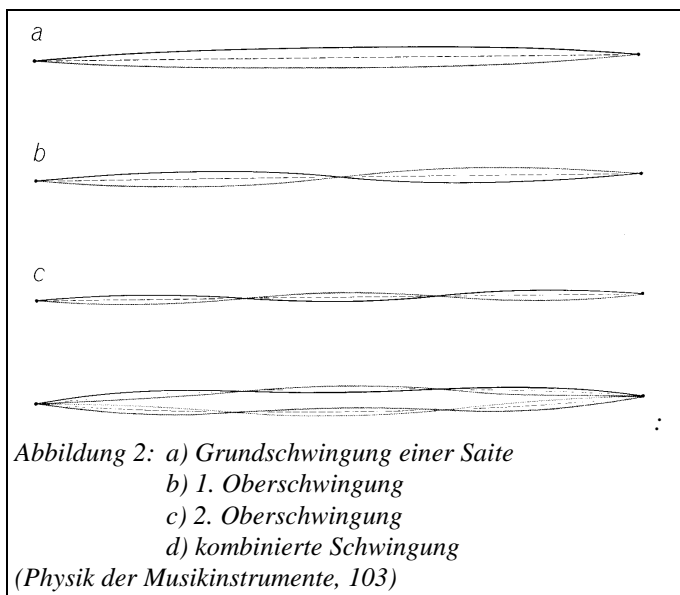


Abbildung 2: a) Grundschwingung einer Saite  
b) 1. Oberschwingung  
c) 2. Oberschwingung  
d) kombinierte Schwingung  
(Physik der Musikinstrumente, 103)

## Obertöne

Wird eine Saite angezupft, so beginnt sie zu schwingen. Dabei schwingt sie hauptsächlich mit ihrer Grundfrequenz. (Abbildung 2a). Dieser *Grundton* ist die natürlichste Art der Schwingung für jede Saite: an den Enden ist die Saite ja befestigt; dort schwingt sie also sicherlich nicht (sog. Schwingungsknoten). Je weiter man von den Enden wegkommt, desto kleiner wird der Einfluss der Befestigungspunkte auf die Schwingung,

wegen der Dehnbarkeit der Saite. Daher schwingt die Saite in ihrer Mitte mit der grössten Amplitude. Allerdings ist dies nicht die einzige Schwingungsart (Mode), die von der Saite ausgeführt wird. Sie schwingt ebenfalls so wie in Abbildung 2b und Abbildung 2c. Diese Schwingungen heissen *Oberschwingungen*, die zugehörigen Töne *Obertöne*. Alle Obertöne

zusammen werden mit **Obertonreihe** bezeichnet. Sie bestimmen die Klangfarbe des von der Saite erzeugten Tons, ob wir einen Klang als „hell“ (viele dominante hohe Obertöne) oder dumpf (schwache hochfrequente Obertöne) empfinden. Für das Ohr ist aber nur der Ton als ganzes hörbar, die einzelnen Obertöne vermag es nicht wahrzunehmen.

Die Intensität (Stärke) der Obertöne ist dabei meist kleiner als die des Grundtones. Mit zunehmender Frequenz (Tonhöhe) der Obertöne nimmt auch deren Intensität ab. Bei den meisten Instrumenten treten die Obertöne bei ganz speziellen Frequenzen auf: die Frequenz des Obertons steht in einem ganzzahligen Verhältnis zur Frequenz des Grundtons. Eine Obertonreihe dieser Art heisst **harmonische Obertonreihe**. Meist ist z.B. der Ton mit der doppelten Frequenz des Grundtons ein wichtiger Oberton. Das Verhältnis der Frequenzen von Oberton zu Grundton ist in diesem Fall 1:2 (Oktave, Abbildung 3). Hören Sie z.B. den Ton eines Alphornes mit Grundfrequenz 65 Hz, so erzeugt das Instrument auch Töne mit folgenden Frequenzen: 65, 130, 195, 260, 325, 390, 455, 520, ..., 1040, 2080 Hz (32. Oberton). Die Intensität nimmt dabei, wie schon erwähnt, mit steigender Frequenz ab.

**Die Intervalle, Zweiklänge, natürliche Stimmung**

Ein Zweiklang wird von den meisten Musikhörern als schön empfunden, wenn sein Frequenzverhältnis nahe genug bei einem Verhältnis m/n zweier nicht zu grosser natürlicher Zahlen m und n liegt. Die entsprechenden sogenannten Intervalle haben lateinische Namen, z.B. *Quinte* für das Verhältnis 3:2. Entsprechend werden bei der "natürlichen Stimmung" die Tonleitern aufgebaut. Die folgende Tabelle gibt Auskunft über die Frequenzverhältnisse:

Intervall	Frequenzverhältnis	Töne, die das Intervall bilden	
Prim . . . . .	1 : 1	c -- c	↑ zunehmend konsonant
Oktave . . . . .	2 : 1	c -- c <sup>1</sup>	
Quinte . . . . .	3 : 2	c <sup>1</sup> -- g <sup>1</sup>	
Quarte . . . . .	4 : 3	g <sup>1</sup> -- c <sup>2</sup>	
große Sexte . . . . .	5 : 3	g <sup>1</sup> -- e <sup>2</sup>	
große Terz . . . . .	5 : 4	c <sup>2</sup> -- e <sup>2</sup>	
kleine Terz . . . . .	6 : 5	e <sup>2</sup> -- g <sup>2</sup>	
kleine Sexte . . . . .	8 : 5	e <sup>2</sup> -- c <sup>3</sup>	
kleine Septime . . . . .	9 : 5 (16:9)	e <sup>2</sup> -- d <sup>3</sup> (d <sup>3</sup> -- c <sup>4</sup> )	↓ zunehmend dissonant
große Sekunde . . . . .	9 : 8	c <sup>3</sup> -- d <sup>3</sup>	
große Septime . . . . .	15 : 8	c <sup>3</sup> -- h <sup>3</sup>	
kleine Sekunde . . . . .	16 : 15	h <sup>3</sup> -- c <sup>4</sup>	

Abbildung 3: Wichtigste Intervalle und zugehörige Frequenzverhältnisse (Bergmann Schäffer 566)

## Arbeitsauftrag

1. Sie haben das Monochord und Saiten aus diversen Materialien und von verschiedener Dicke zur Verfügung. Ausserdem haben Sie verschiedene Gewichte, um die Drähte auf das Monochord zu spannen. Experimentieren Sie mit dem Material. Lassen Sie für einige Minuten Ihrem Spieltrieb freien Lauf.
2. Wovon hängt die Frequenz des Tones einer Saite ab? Beschreiben Sie drei wichtige Faktoren. Begründen Sie Ihre Antwort. Diese tragen Sie auf das Arbeitsblatt ein. Der gegebene Raum sollte ausreichen. Um die Antwort herauszufinden, können Sie natürlich das Monochord, die Drähte und die Gewichte verwenden.
3. Sie bestimmen einige Obertöne. Dazu zupfen Sie die Saite an. Dann legen Sie einen Finger auf die Saite. Wenn Sie eine richtige Stelle "erwischt" haben, hören Sie einen anderen Ton, einen Oberton. (Passen Sie auf, dass Sie nicht einfach die andere Saite des Monochords schwingen hören). Zum Oberton gehört eine Oberschwingung. Diese wird von der Saite ausgeführt. Ihre Aufgabe ist es, 4 verschiedene Oberschwingungen zu finden. Auf das Arbeitsblatt zeichnen Sie die Oberschwingungen der Saite, geben das Verhältnis der Frequenz des Obertones zum Grundton an und tragen den Namen des Intervalls Grundton-Oberton ein.

Hinweis: Falls Sie Mühe haben, die Verhältnisse des Grundtones zu den Obertönen zu bestimmen, gehen Sie wie folgt vor: Sie merken sich die Höhe des Grundtons und summen ihn kurz. Dann hören Sie sich den Oberton an und versuchen, vom Grundton aus eine „normale“ Dur Tonleiter hoch zu singen, bis Sie den Oberton erwischt haben. Dabei zählen Sie, wieviele Schritte Sie machen mussten. Bei zwei Schritten ist es z.B. eine Terz, bei vier eine Quart. Aus Abbildung 3 entnehmen Sie die nötigen Informationen und auch die zugehörigen Frequenzverhältnisse.

4. Warum kann das Monochord nur in einer Frequenz und den dazu gehörigen Obertönen schwingen, nicht in einer beliebigen anderen Frequenz?

## Arbeitsblatt

2. Was bestimmt die Frequenz eines Tones?

1. \_\_\_\_\_ Begründung: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_ Begründung: \_\_\_\_\_

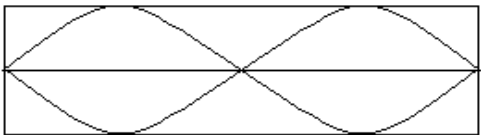

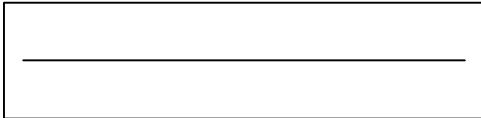

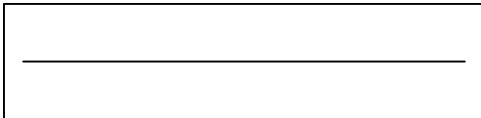
\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_ Begründung: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Obertöne / Oberschwingungen

Bsp.: Grundton

Schwingung	Finger bei	Oberton zu Grundton	Name
	50 cm	1 : 2	Oktave
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____

4. Warum schwingt eine Saite nur bei einer Frequenz? Was muss man ändern, um die Tonhöhe zu ändern?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Materialliste**

- 1 Monochord mit einer Saite und einer Vorrichtung zum Einspannen verschiedener Saiten.
- Diverse Saiten.
- Gewichte um die Saiten zu spannen.