

Schwingungen von Weingläsern

Eine Unterrichtsidee von Matthias Hauck

Als Grundlage für das im Folgenden präsentierte Unterrichtsmaterial dient der Artikel „Das Ohr trinkt mit“ aus der Zeitschrift „Physik in unserer Zeit“ [Denninger (2013)]. Hierin werden das Schwingungsverhalten und die daraus resultierenden Klangeigenschaften von Weingläsern beschrieben.

Fachgebiet	Physik
Bezug zu	Naturwissenschaft und Technik (NwT)
Thema	mechanische Schwingungen und Wellen
Stichwort	Eigenschwingungen, Frequenzspektrum, Resonanz, Schwebung
Klassenstufe	Kurstufe, Mittelstufe
Zeit	2-4 Stunden

Die Klangcharakteristik eines schwingenden Glases lässt sich aus dem dazugehörigen Resonanzspektrum ableiten. Derartige Spektren können mittlerweile recht einfach mit Hilfe von *CassyLab*, oder auch kostenlosen und frei zugänglichen Computerprogrammen, wie zum Beispiel *Praat*¹ oder *Audacity*² erstellt werden.

Gerade im Hinblick auf mögliche Schülerpraktika im Physikunterricht der gymnasialen Kursstufe bieten Resonanz- beziehungsweise Frequenzanalysen die Möglichkeit, Schülerinnen und Schüler selbständig im Rahmen von Praktika experimentell arbeiten zu lassen. Akustische Versuche haben den Vorteil, dass sie direkt die Sinneswahrnehmung mit der physikalischen Analyse verknüpfen. Darüber hinaus zeigt sich eine angemessene Alltagsbezogenheit der Lerngegenstände als motivationssteigernd. Darin liegen viele Möglichkeiten des eigenen Handelns und der Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler verborgen [Muckenfuß, (1995)]. Des Weiteren ergibt sich hierbei der sinnvolle Einsatz des Computers als Messwertfassungssystem.

Aus dem vorliegenden Artikel wurden vier leicht messbare Schwingungseigenschaften von Weingläsern ausgewählt, zu denen ein Praktikum bestehend aus fünf Stationen entwickelt wurde:

1. Bestimmung der Eigenfrequenzen eines Weinglases
2. Aufspaltung der Doppelresonanzen von Weingläsern
3. Messung der Intensität der Grundfrequenz unter verschiedenen Anschlagswinkeln
4. Untersuchung der Grundfrequenz f_0 in Abhängigkeit der Füllmenge
5. Zusatzstation für schnelle Gruppen:
Auswirkung der Manipulation des Spektrums auf den Klang des Weinglases

¹ <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>

² <http://audacity.sourceforge.net/> (beide Internetseiten wurden am 14. April 2013 zuletzt besucht)

Beim Erstellen der Arbeitsblätter wurde die Software *Praat* verwendet, welche sich insbesondere im Hinblick auf die Manipulation von Spektren mehrfach im Unterrichtseinsatz bewährt hat. Mehrere ausführliche Beschreibungen dieses Programms sind im Internet erhältlich³. Zusätzlich steht eine Kurzanleitung hierfür als Download zur Verfügung.

Die im Text beschriebenen Schwebungen bei Anstoßen eines Weinglases sind deutlich hörbar und sollten von den Schülerinnen und Schülern zunächst einmal ganz natürlich ohne Einsatz von Messgeräten wahrgenommen werden. Zur Aufnahme der schwingenden Gläser im Anschluss sollte im schulischen Bereich das in einem Laptop eingebaute Mikrofon genügen.

Vor Beginn der Gruppenarbeit bietet sich ein Demonstrationsexperiment an, bei dem die Aufnahme sowie Analyse der entsprechenden Klänge zunächst mit der gesamten Klasse beziehungsweise des Kurses durchgeführt wird. So kann beispielsweise das Anstoßen zweier Weingläser mit oder ohne Inhalt aufgenommen und im Plenum das sich daraus ergebende Frequenzspektrum diskutiert werden. Ein entsprechendes Beispiel ist in Abbildung 1 dargestellt. Hieraus lässt sich beispielsweise neben der Analyse der Eigenfrequenzen im Spektrum auch das Abklingverhalten des Klages betrachten oder die Schwebungsfrequenz bestimmen. An dieser Stelle können die Themen Eigenschwingungen und Resonanz

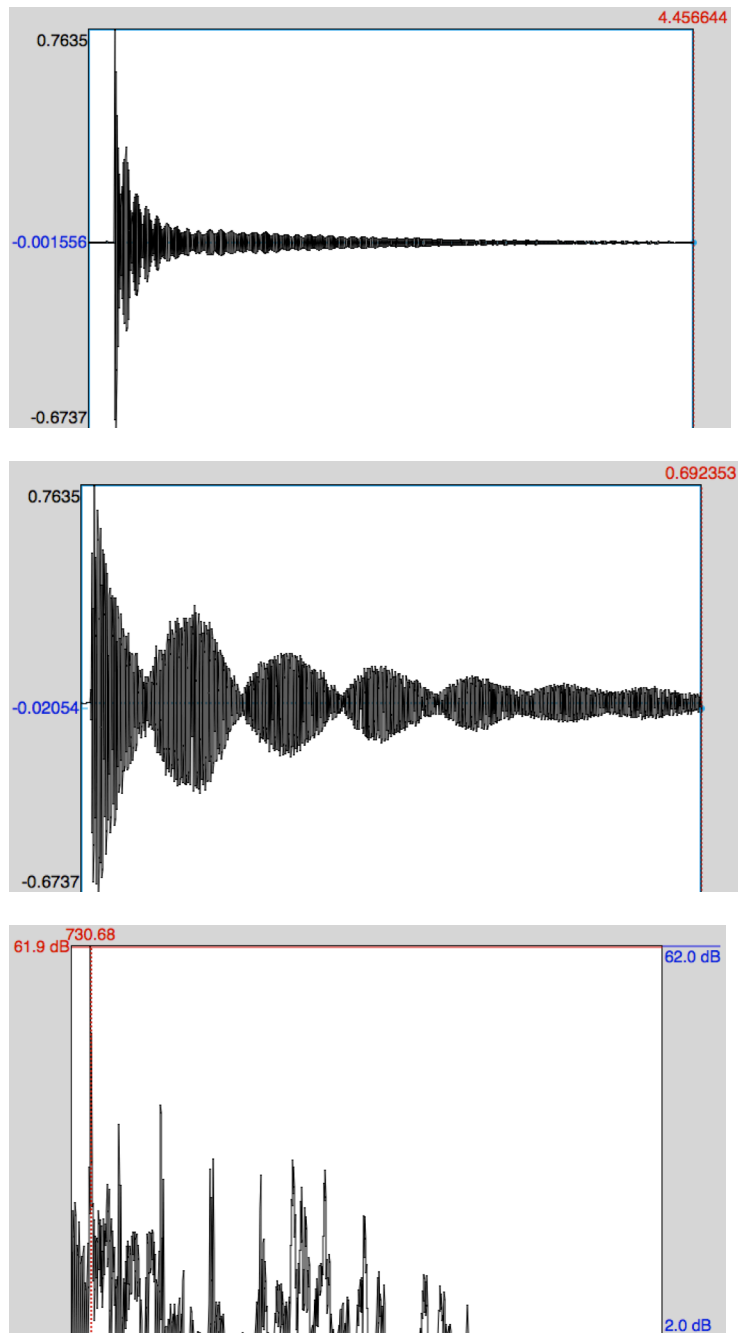


Abbildung 1: Im oberen Teilbild ist der Schwingungsverlauf des Klages beim Anstoßen von zwei luftgefüllten Weingläsern dargestellt. Das mittlere Bild zeigt ebenfalls den Amplitudenverlauf über der Zeit, allerdings in einem kürzeren Zeitintervall. Auf diese Weise kann man beispielsweise die Schwebungsfrequenz recht exakt ablesen. Das untere Teilbild zeigt das entsprechende Frequenzspektrum des Klages. Alle Bilder sind Screenshots der Audiosoftware *Praat* entnommen.

³ zum Beispiel: <http://phonetik.eu/resources/Praat-Anleitung-Praxis.pdf>
http://praatpfanne.lingphon.net/downloads/praat_manual.pdf
(beide Internetseiten wurden am 16. April 2013 zuletzt besucht)

wiederholt und vertieft werden. Die Audiodatei, die diesem Beispiel zu Grunde liegt, kann auf der WIS-Homepage geladen werden.

In der Gruppenarbeit ist der Einsatz portabler Notebooks sinnvoll, um die einzelnen Schülergruppen zur Aufnahme der Audiosequenzen räumlich zu trennen. Somit werden Nebengeräusche minimiert und die eigenen Aufnahmen nicht zu sehr von den Schwingungen anderer Gruppen überlagert. Generell müssen die Schülerinnen und Schüler während der Einspielungen zu Beginn des Praktikums viel Rücksicht aufeinander nehmen. In einer konzentrierten Arbeitsatmosphäre genügt hierbei jedoch bereits eine weiträumige Verteilung der einzelnen Gruppen innerhalb eines Klassenzimmers. Ein Exemplar des Originalartikels sollte den Schülerinnen und Schülern zu Beginn oder am Ende des Praktikums zum Nachlesen beziehungsweise zur Vertiefung der Inhalte ebenfalls ausgegeben werden.

Die einzelne Gruppenstärke sollte bei etwa zwei bis drei Personen liegen. Bei einer Dopplung der Stationen kann das hier vorgestellte Schülerpraktikum also maximal mit 21 Jugendlichen durchgeführt werden. Bei einem Vertiefungs- respektive Neigungskurs der Physik sollte diese Gruppenstärke in der Regel gegeben sein.

Aus Zeitgründen ist es denkbar, dass innerhalb des Praktikums nicht jede Gruppe an jeder Station experimentiert, sondern lediglich an einer spezifischen. Die entsprechenden Schülerinnen und Schüler sollten dann am Ende der Erarbeitungsphase dem gesamten Kurs ihr Experiment inklusive der Ergebnisse vorstellen.

Dieses Praktikum kann in fachlich reduzierter Form auch im Rahmen des Naturwissenschaft und Technik (NwT) Unterricht in einer Einheit zur Akustik wie beispielsweise zum Thema „Lärm und Schall“ durchgeführt werden.

Literatur

G. Denninger (2013). *Das Ohr trinkt mit.* Physik in unserer Zeit, 44: 142–146.

H. Muckenfuß (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext – Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts.* Cornelsen Verlag, Berlin.