

Unterrichtskonzept zum Themenbereich Luft – Schall (NT 5.1.2)

Lehrplanbezug

Die Schüler sollen im Natur-und-Technik-Unterricht der Jahrgangsstufe 5 Grunderfahrungen mit dem Phänomen Schall sammeln, wobei im Unterricht die folgenden Fragen geklärt werden können:

- Was ist Schall?
- Wie wird Schall übertragen?
- Wie schnell ist der Schall?
- Was ist der Unterschied zwischen einem hohen und einem tiefen Ton?

In diesem Unterrichtskonzept werden einfache Versuche erläutert, die zur Klärung der oben genannten Fragen beitragen. Bei der Durchführung werden nur wenige Geräte aus einer Physiksammlung benötigt. Bei den vorgestellten Experimenten können Schülerinnen und Schüler einbezogen werden. Zur Erklärung der Phänomene wird immer wieder das Teilchenmodell verwendet, weshalb die Schülerinnen und Schüler mit diesem vertraut sein sollten.

1 Was ist Schall?

1.1 Versuch: Tamburine

Material: zwei Tamburine
 ein Schlegel
 ein Tischtennisball, an dem ein dünner Faden befestigt ist
 Stativmaterial

Aufbau:



Abb. 1: Tamburine

Zwei Tamburine (T_1 und T_2) werden in einem Abstand von wenigen Metern voneinander aufgestellt und mit Hilfe von Stativmaterial fest an einen Tisch montiert (am besten mit Tischklemmen). Der an einem Faden aufgehängte Tischtennisball soll die Membran eines der beiden Tamburine (T_2) berühren.



Versuchsablauf und Beobachtung:

Man schlägt mit dem Schlegel auf das Tamburin T_1 , worauf der Tischtennisball am Tamburin T_2 praktisch sofort nach außen schwingt.

Erklärung:

Bei der Schallerzeugung werden offenbar Luftteilchen bewegt. Von T_1 , geht eine Schallwelle aus, die man sich wie eine Wasserwelle vorstellen kann, und trifft nach kurzer Zeit auf T_2 . Durch die ankommende Welle wird das Trommelfell von T_2 in Schwingungen versetzt, worauf der Tischtennisball einen Stoß bekommt. Dieser Versuch stellt ein anschauliches Modell für die Funktion des Trommelfells im menschlichen Ohr dar.

1.2 Modellversuch: Federwurm

Ziel des Versuchs ist die Veranschaulichung der Ausbreitung von Schall

Material: ein weicher, ca. 3 m langer Federwurm

Durchführung:

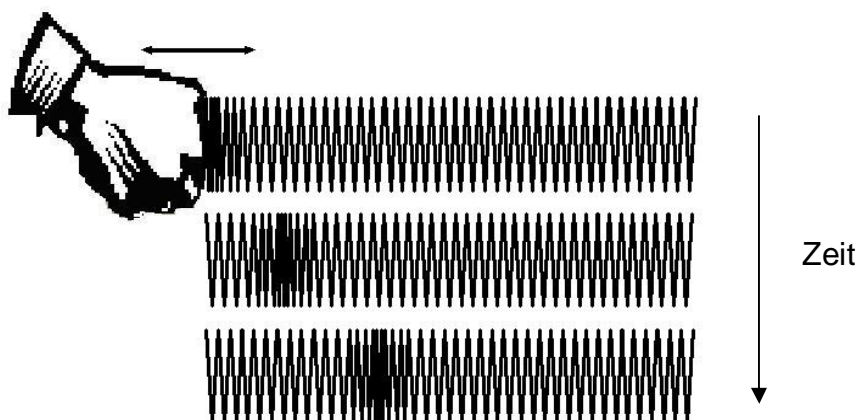


Abb. 2: Federwurm

Versuchsablauf und Beobachtung:

Der Federwurm wird zunächst an einem Ende gehalten. Dann erzeugt man mit einer schnellen Vor-zurück-Bewegung eine Verdichtung, die durch den Federwurm läuft. Ist der Federwurm weich genug, kann das Auge der Verdichtung problemlos folgen. Der Versuch visualisiert sehr eindrucksvoll das Fortschreiten einer Longitudinalwelle. Bei Longitudinalwellen vollziehen die beteiligten Teilchen eine Schwingung in Ausbreitungsrichtung – Schallwellen sind das prominenteste Beispiel von Longitudinalwellen.

Anmerkung:

Schüler könnten mit einigem Recht behaupten, die Luftteilchen würden im Tamburinversuch bei T_1 angestoßen und prallten dann auf T_2 . Es gibt jedoch zwei Argumente, die den Schülern klar machen, warum die Luftteilchen nicht „einfach so“ von T_1 zu T_2 fliegen:

- a) Schall „geht um die Ecke“: Ein Schüler A steht außerhalb des Klassenzimmers neben der Tür, die nur einen Spalt geöffnet ist. Wird im Zimmer sein Name gerufen, so hört A selbstverständlich etwas, auch wenn er sein Ohr nicht direkt an den Türspalt hält. Wäre Schall ein Teilchenstrom, könnte der Schüler seinen Namen nur unmittelbar hinter dem Spalt hören. Dieses Phänomen wird als Beugung bezeichnet und ist charakteristisch für alle Wellenphänomene.

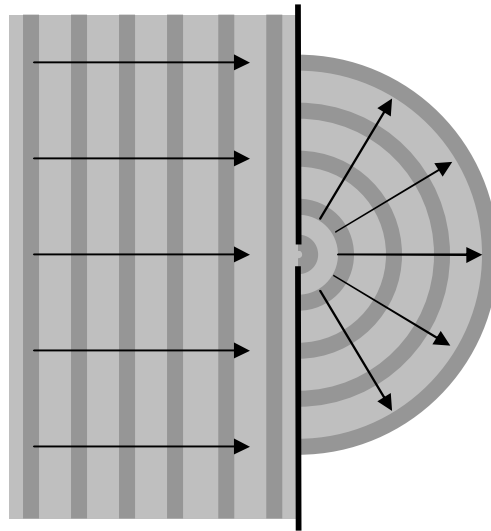


Abb. 3: Beugung einer ebenen Welle an einem schmalen Spalt

- b) Die Luftteilchen erfüllen den ganzen Raum, so dass sie dauernd aneinander prallen. Man kann den Schülern mitteilen, dass ein Luftteilchen unter Normalbedingungen nur in etwa einen tausendstel Millimeter weit kommt, bis es mit einem anderen Luftteilchen zusammenstößt.

2 Wie wird Schall übertragen?

2.1 Versuch: Wecker

Material: Wecker
 Vakuumpumpe mit Glasglocke
 Schwamm

Aufbau:

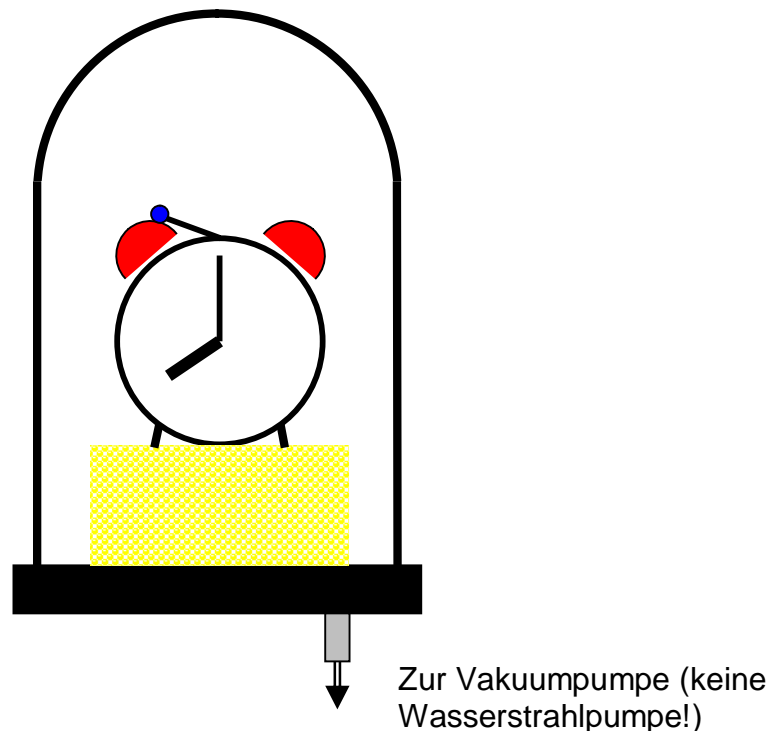


Abb. 4: Wecker unter Vakuumbglocke

Unter einer Glasglocke, die evakuiert werden kann, wird auf einem Schwamm ein Wecker positioniert. Es ist unerheblich, ob der Wecker durch eine Glocke oder einen Lautsprecher seine Klingeltöne abgibt. Der Schwamm ist zum Gelingen des Experiments notwendig.

Versuchsablauf und Beobachtung:

Im nicht-evakuierten Zustand ist auch bei aufgesetzter Glasglocke das Klingeln deutlich zu hören. Wird während des Klingelns die Luft unter der Glasglocke herausgepumpt, wird es leiser und leiser, bis man gar nichts mehr hören kann.

Erklärung:

Schall braucht zu seiner Ausbreitung ein Medium, in diesem Fall Luft. Entfernt man die Luft um den Schallerzeuger herum, kann der Schall nicht mehr übertragen werden. Führt man den Versuch ohne Schwamm durch, werden Schwingungen über den Boden des Vakuumpfäßes nach außen übertragen. Das Klingeln ist dann auch im evakuierten Zustand noch leise zu hören.

3 Wie schnell ist der Schall?

3.1 Versuch: Messung der Schallgeschwindigkeit

Material: Messtrecke genau bekannter Länge (z. B. 100-m-Bahn)
 zwei Stoppuhren
 Starterklappe
 Augenbinde (zur Not kann die Testperson mit dem Rücken zum Starter stehen)

Durchführung:

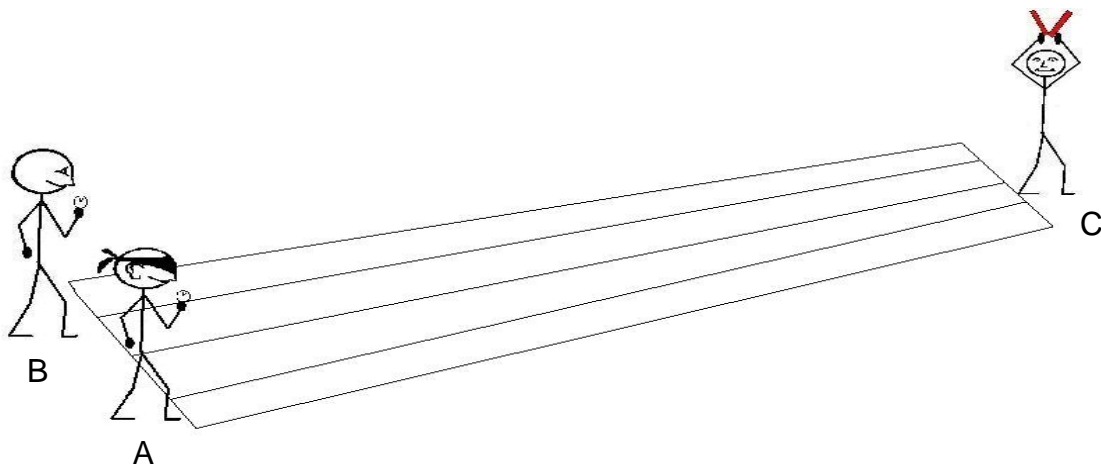


Abb. 5: Messung der Schallgeschwindigkeit

Ein Schüler mit einer Augenbinde (A) und einer ohne Augenbinde (B) stehen an der Ziellinie und bekommen laufende Stoppuhren in die Hand, die gleichzeitig gestartet wurden. Um Messfehler gering zu halten, sollte das Starten der Uhren eine Person durchführen. Ein dritter Schüler (C) betätigt an der Startlinie die Starterklappe.

Versuchsablauf und Beobachtung:

Der Starter C schlägt die Starterklappe zu. Sobald der Schüler A den Knall hört, stoppt er seine Uhr, Schüler B stoppt, sobald er sieht, wie die beiden Schenkel der Starterklappe zusammenprallen. Falls A und B durchschnittlich schnell reagieren, stoppen die Uhren zu unterschiedlichen Zeitpunkten. (Zeitdifferenz ca. 0,3 s).

Erklärung:

Während B seine Uhr praktisch zeitgleich mit dem Schließen der Starterklappe stoppt, muss der Schall von der Klappe zum Ohr von A gelangen, wozu ca. 0,3 s benötigt werden. Erst dann wird A seine Uhr anhalten. Gleiche Reaktionszeiten vorausgesetzt, bedeutet dies, dass der Schall für 100 m ca. 3 Zehntelsekunden benötigt. Da die Schüler in der 5. Jahrgangsstufe weder Brüche noch Dezimalzahlen kennen, muss zur Ermittlung der Geschwindigkeit schrittweise vorgegangen werden: Wenn der Schall in 3 Zehntelsekunden 100 m zurücklegt, kommt er in einer Zehntelsekunde ca. 33 m weit und damit in einer Sekunde in etwa 330 m. Der Schall bewegt sich also mit einer Geschwindigkeit von etwa 330 m pro Sekunde.

Allzu genau ist dieses Messverfahren freilich nicht (ein Laufzeitunterschied von 0,4 s bis 0,5 s ist durchaus möglich, da sich Schüler B auf das Zusammenklappen vorbereiten kann, während Schüler A von dem Knall überrascht wird). Man erhält dann Schallgeschwindigkeiten von 200 m/s bis 250 m/s. Unter diesen Umständen sollten die Schüler darauf hingewiesen werden, dass genaue Messungen einen Wert von ca. 330 m pro Sekunde ergeben haben (ein genauer Wert lässt sich nicht angeben, da die Schallgeschwindigkeit von Temperatur und Luftdruck abhängt). Ratsam ist es in jedem Fall, den Versuch mehrfach durchzuführen und zur Minimierung des Messfehlers die Ergebnisse zu mitteln.

4 Was unterscheidet einen tiefen Ton von einem hohen?

4.1 Versuch: Plastiklineal (Schülerexperiment)

Material: Plastiklineal oder dünner Stahlstreifen
 evtl. Tischklemme
 evtl. Stricknadel

Aufbau:

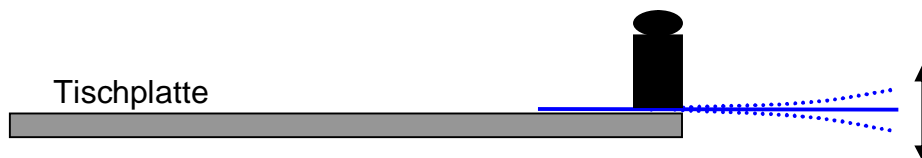


Abb. 6: Schwingendes Plastiklineal

Ein Plastiklineal wird wie in der Skizze gezeigt gehalten und angezupft, wonach bei geeigneter Lineallänge ein hörbarer Ton entsteht.

Versuchsablauf und Beobachtung:

Die Länge des überstehenden Teils des Lineals wird variiert, wodurch sich die Tonhöhe ändert. Je kürzer das überstehende Ende des Lineals, desto schneller schwingt es und desto höher wird der Ton. Verwendet man steifere Materialien (dünne Stahlplättchen oder Stricknadeln) wird der Ton noch höher. Nach dem gleichen Prinzip funktioniert die Stimmgabel oder ein schwingendes Glas.



Erklärung:

Durch die Schwingung des Lineals wird in der Umgebung des Lineals die Luft zum Schwingen angeregt. Somit wird eine Schallwelle erzeugt. Diese wird für den Menschen hörbar, sobald die Schwingungsfrequenz in etwa 20 Hz überschreitet. Jede Luftschwingung erzeugt Schallwellen, die jedoch nur zwischen 20 Hz und 20 kHz hörbar sind.

Da z. B. eine Mücke sehr leichte Flügel hat und diese schnell schwingen, erzeugt sie einen hohen Summton. Ein Maikäfer besitzt schwerere Flügel und kann diese nicht so schnell hin und her bewegen – er brummt. Ein Fledermausflügel schwingt deutlich weniger als 20-mal in der Sekunde, weshalb eine Fledermaus für uns nicht hörbar ist.

Anmerkung:

Es ist darauf zu achten, dass das Lineal fest auf die Tischplatte gedrückt wird, da sonst nur das schnell aufeinander folgende Zusammenschlagen von Lineal und Tischplatte hörbar ist. Bei dem Versuch geht es aber um die durch das Lineal angeregten Luftschwingungen. Besonders leicht lässt sich dieses Problem durch Verwendung von Tischklemmen vermeiden.