



Unterrichtsmaterialien zum Thema Akustische Phänomene (Ohr)

Fachliche Grundlagen und Übersicht

(Version vom Juli 2020)

Herausgegeben von:

SimplyScience Stiftung



Projektteam:

Angela Bonetti (PH ZH)

Dr. Eva Kölbach (PH ZH)

Kirsten Kallinna (PH ZH)

Dr. Julia Arnold (PH FHNW)

Prof. Dr. Susanne Metzger (PH ZH / PH FHNW)

PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE
ZÜRICH



Fachhochschule Nordwestschweiz
Pädagogische Hochschule



Fachliche Grundlagen

Schall

„Schall“ nennen wir alle akustischen Stimuli, die gehört werden können. Grundlage der Lehre vom Schall (**Akustik**) ist die Untersuchung von **Schwingungen und Wellen**: Schall ist nichts anderes als eine Welle (eine Schwingung, die sich ausbreitet). Kinder können diese Schwingung auch als Vibration, Zittern oder Wackeln bezeichnen. Zur Schallerzeugung benötigt man ein Objekt (**Schallquelle**), das zum Schwingen gebracht werden kann (z. B. Gitarrensaite, Stimmbänder, Stimmgabel). Durch die Schwingung entsteht dann ein hörbarer Ton. Damit der Ton von uns gehört wird, muss er zu unserem Ohr übertragen werden. Damit Schall sich ausbreiten kann, benötigt er immer einen Schallträger. Das heisst: Die Schallquelle muss im Kontakt zu einem **Medium** sein. Als Medium können alle möglichen Objekte oder auch Flüssigkeiten und Gase dienen. Dann wird das Medium, also beispielsweise Luft, selbst in Schwingung versetzt. Die Luft wird von einem nach vorne schwingenden Gegenstand zusammengedrückt und beim Zurückschwingen des Gegenstandes wieder entspannt. So entstehen Druckschwankungen, diese werden über das Medium übertragen. Dies bedeutet aber auch, dass wir nichts hören können, bzw. kein Schallereignis weitergeleitet werden kann, wenn sich zwischen Schallquelle und Schallempfänger nichts befindet, das schwingen kann. In einem Vakuum oder im Weltall können somit keine Geräusche transportiert oder wahrgenommen werden.

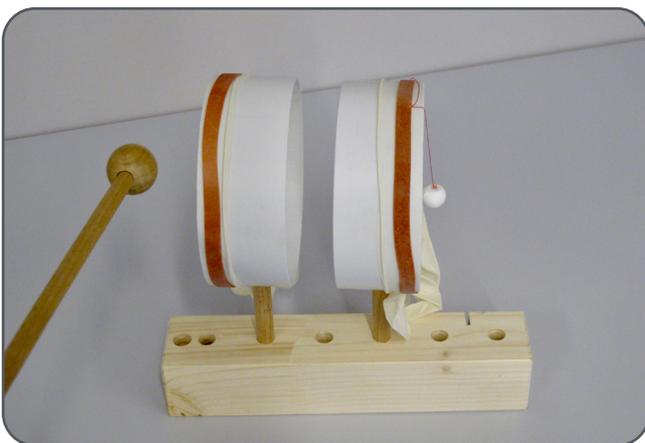


Abbildung 1: Tamburin-Versuch.

Durch die Übertragung des Schalls kann auch ein zweiter Gegenstand in Schwingung gebracht werden,

falls dieser ein schwingbares Element besitzt. Diesen Prozess nennt man **Anregung**. Nimmt man bspw. einen Versuchsaufbau wie in Abbildung 1, so bringt ein Schlag auf das erste Tamburinfell dieses zum Schwingen. Diese Schwingung wird auf das zweite Tamburinfell übertragen und dieses wiederum bringt den Ball zum Hüpfen. Auf der Primarstufe wird lediglich beobachtet und erkannt, dass die Schwingung (der Schall) auf den anderen Gegenstand übergeht. Bei unserem Gehör ist es das Gleiche: Das Trommelfell wird ebenfalls durch den Schall in Schwingung versetzt.

Für die **Lautstärke** eines Tons ist die Amplitude ausschlaggebend: Ein Ton ist umso lauter, je grösser der Ausschlag der Schwingung der Schallquelle ist. Dasselbe ist beim Gummi auf der Box anschaulich umgesetzt (siehe „Laut und leise“). Je mehr man das Gummi spannt, desto grösser wird der Schwingungsbogen (siehe Abbildung 2). Entsprechend wird der Ton lauter. Wenn man nur wenig am Gummi zieht, schwingt das Gummi weniger, der Schwingungsbogen ist kleiner und auch der daraus entstehende Ton ist leiser. Wenn ein Ton angeschlagen oder gezupft wird, wird die Bewegung und somit auch die maximale Strecke immer kürzer. Somit wird der Ton mit der Zeit auch immer leiser, bis er nicht mehr zu hören ist und das Gummiband sich nicht mehr bewegt.

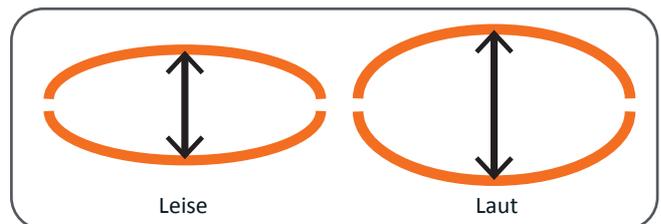


Abbildung 2: Schwingungsbogen bei leisen und lauten Tönen.

Ein ähnliches Phänomen können wir über Distanzen beobachten. Mit zunehmender Strecke wird der Schall leiser. Dies kann mit der damit verbundenen Energie erklärt werden. Ein Schallereignis trägt eine bestimmte Energie. Diese Energie wird auf eine bestimmte Fläche übertragen, das sogenannte **Schallfeld**. Während der Schall durch ein Medium (z. B. die Luft) weitergeleitet wird, wird der Teil der Energie, die für die Schwingung zur Verfügung steht, immer kleiner, da sich die Energie auf ein grösseres Volumen verteilt. Je weiter man sich also von einer Schallquelle entfernt, umso weniger



Energie (also Schwingungsaussschlag und damit Lautstärke) kommt beim Empfänger an. Variiert man die Grösse des Schallfeldes, kann auch die Reichweite des Schalls variiert werden. Dieses Phänomen macht man sich z. B. beim Megaphon zu Nutze („Es schallt“). Beim Megaphon ist dieses Schallfeld die Öffnung, in die wir hineinsprechen. Dadurch wird der Schall gesammelt (kanalisiert), da die Fläche vor unserem Mund beim normalen Sprechen viel grösser ist. Zwar wird die Fläche zum „Ausgang“ des Megaphons hin wieder grösser, ist insgesamt aber immer noch kleiner als die gesamte Fläche vor unserem Mund. Entsprechend verteilt sich die Energie beim Sprechen mit Megaphon auf eine kleinere Fläche. Deshalb ist das Schallereignis durch die Verwendung des Megaphons weiter hörbar. Die Energie reicht für eine grössere Strecke aus, um die Luftteilchen in Schwingung zu bringen. Beim Hören durch den Trichter ist genau das Gegenteil der Fall. Das Schallereignis trifft auf die Trichterfläche (grosser Eingang). Die Energie wird dann jedoch von diesem grösseren Schallfeld auf das kleinere Schallfeld zum Ohr hin gesammelt und kanalisiert. Leise Geräusche können lauter wahrgenommen werden, da sie verstärkt werden. Auch beim Transport von Schallwellen in einem Rohr wird dasselbe Prinzip angewendet. Durch die lange Leitung mit gleichbleibendem Durchmesser, wird das Schallfeld nicht grösser. Entsprechend verteilt sich die Energie nicht auf eine grössere Fläche und nimmt kaum ab. Die Energie reicht für eine grössere Strecke: Das Schallereignis kann viel weiter transportiert werden.

Die Lautstärke wird in Dezibel (dB) angegeben. In der Fachsprache wird sie als Schalldruckpegel bezeichnet, da zwei Frequenzen mit derselben Stärke (Amplitude) nicht als gleich laut empfunden werden müssen, je nachdem, ob unser Gehör sensibel darauf eingestellt ist oder nicht. Der Schalldruck ist also der objektiv gemessene Wert, welcher auch von einem Messgerät angezeigt wird. Die Hörschwelle, also die Lautstärke, ab der wir etwas hören können, ist bei 0 dB angesetzt. Die Schmerzgrenze für laute Geräusche wird bei etwa 130 dB überschritten. Ob jedoch ein Geräusch als angenehm oder unangenehm eingestuft wird, ist von vielen Faktoren abhängig. Geräusche während der Ruhephase sind z. B. sehr unangenehm und wir reagieren empfindlich.

Die **Tonhöhe** wiederum wird durch die Frequenz einer Schwingung bestimmt. Die Frequenz wird definiert als Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, die Einheit ist

Hertz [$1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$]. Ein stark gespanntes Gummiband bewegt sich schneller als ein lockerer gespanntes Gummiband. Entsprechend hat das stärker gespannte Gummiband eine höhere Frequenz als das lockere Gummiband. Eine grosse Anzahl Schwingungen pro Sekunde ergibt einen hohen Ton, während eine tiefe Anzahl Schwingungen pro Sekunde einen tiefen Ton ergibt. Somit wird der Ton des Gummibandes mit der Zeit nicht nur leiser, sondern auch tiefer.

Schallereignisse, die tiefer sind als der tiefste von Menschen hörbare Schallstimulus, werden Infraschall genannt. Dieser Bereich geht ca. von 0 bis 16 Hz. Alle Schallstimuli, welche oberhalb des für den Menschen hörbaren Bereichs liegen, nennen wir Ultraschall. Dieser Bereich beginnt ca. ab 20'000 Hz. Gesunde Jugendliche hören also Schallereignisse zwischen 16 Hz und 20'000 Hz. Im Alter nimmt das Hörvermögen – insbesondere die obere Hörgrenze – ab. Im Alter von 65 Jahren kann diese beispielsweise bei 6'000 Hz (statt 20'000 Hz) liegen.

Das Gehör

Unser Ohr umfasst zwei nah verwandte Sinnesorgane, eines zum Hören und eines für das Gleichgewicht. Das Gehör ist unser Schalldetektor und ermöglicht es uns, die Aussenwelt akustisch wahrzunehmen, in dem es die Schallwellen in Informationen umwandelt, die unser Gehirn verarbeiten kann. Das Gehör besteht aus drei Bereichen, dem Aussenohr, dem Mittelohr und dem Innenohr (Abbildung 3).

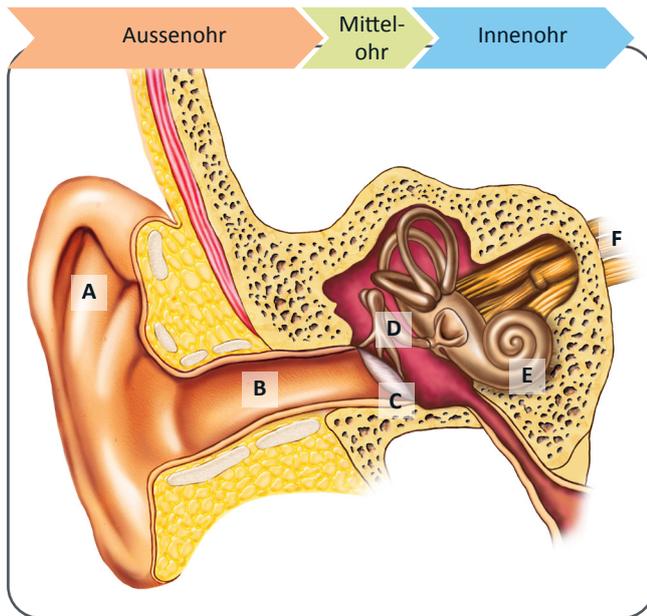


Abbildung 3: Aufbau des menschlichen Gehörs
(A = Ohrmuschel; B = Gehörgang, C = Trommelfell,
D = Gehörknöchelchen, E = Gehörschnecke, F = Hörnerv).
Verändert nach © Can Stock Photo Inc. / Andrus

Das **Aussenohr** ist der Teil des Ohres, der ausserhalb des Schädels liegt und von aussen gut sichtbar ist. Es besteht aus Ohrmuschel und Teilen des Gehörgangs. Die Ohrmuschel sammelt die Schallwellen und führt sie zum Eingang des Gehörgangs. Der Gehörgang ist beim erwachsenen Menschen zirka 3.5 cm lang und ist leicht s-förmig gebogen. Er leitet den Schall zum Trommelfell, das das Aussenohr vom Mittelohr trennt. Das Trommelfell ist eine ca. 0.7 mm dünne Membran und hat eine ungefähre Fläche von 0.9 cm².

Das **Mittelohr** ist ein luftgefüllter Raum, welcher eingebettet im Schädelknochen liegt, und über die eustachische Röhre mit dem Rachenraum verbunden ist. Dies merkt man z. B. in einer Seilbahn, im Flugzeug oder in ähnlichen Situationen. Dort muss sich der Innendruck

des Mittelohrs durch einen Druckausgleich dem veränderten Aussendruck anpassen. Das Mittelohr besteht aus der Paukenhöhle, in der die Gehörknöchelchen liegen. Nachdem das Trommelfell durch die Schwingungen des Schalls in Bewegung gebracht wurde (wie das Tamburinfell), werden die Schwingungen auf die Gehörknöchelchen übertragen. Die Gehörknöchelchen bestehen aus Hammer, Amboss und Steigbügel (vom Aussen- zum Innenohr in dieser Reihenfolge). Für die Primarstufe müssen diese nicht benannt werden. Durch das Hebelgesetz steigern diese drei Knöchelchen die feine Bewegung des Trommelfells in eine stärkere Bewegung. Diese wird auf die Gehörschnecke im Innenohr weitergeleitet.

Das **Innenohr** liegt im Schädel und ist ringsum in eine Knochenkapsel eingebettet. Im Innenohr liegt die etwa erbsengrosse Gehörschnecke, die spiralförmig wie ein Schneckenhaus angeordnet und mit Flüssigkeit gefüllt ist. Die Flüssigkeit wird durch die Bewegungen der Gehörknöchelchen in Bewegung gebracht. In dieser Flüssigkeit liegen feine Sinneszellen, welche durch die Bewegung aktiviert werden. Jede dieser Sinneszelle wird nur durch ein bestimmtes Frequenzspektrum angeregt. Zum Beispiel reagieren die Zellen, die näher zum Mittelohr liegen, bei hohen Frequenzen. Die Zellen für die tiefen Frequenzen liegen in Richtung Spitze der Gehörschnecke. Bei zu hoher Belastung, z. B. wenn man sich zu lange Lärm aussetzt, können diese Sinneszellen absterben. Der Effekt: Man kann über die Zeit (z. B. im Alter) bestimmte Frequenzen nicht mehr hören oder gut von anderen Frequenzen unterscheiden. Die oberen Frequenzen sind meist am stärksten betroffen. Werden die Sinneszellen aktiviert, senden sie Signale über den Hörnerv, welcher in der Gehörschnecke entspringt, ins Gehirn, wo der akustische Eindruck entsteht.



Übersicht über die Inhalte, Experimente und Modelle

Inhalt	Experiment/Modell	Kurzbeschreibung
Es schallt!	<ul style="list-style-type: none">• Einführende Erfahrungen mit Ballon, Lineal & Tamburin• Schallübertragung in einem Rohr, Schallübertragung von Tamburin zu Tamburin, Schallübertragung über eine grosse / eine kleine Fläche	Postenarbeit <ul style="list-style-type: none">• Eigenschaften des Schalls• Schallübertragung
Das menschliche Gehör		<ul style="list-style-type: none">• Bezeichnung der Teile des Ohrs (Innen und Aussen)
Ein Modell unseres Gehörs	<ul style="list-style-type: none">• Modell unseres Gehörs	<ul style="list-style-type: none">• Funktionen der Ohrmuschel, des Gehörgangs und des Trommelfells
Laut und leise / Hoch oder tief?	<ul style="list-style-type: none">• Arbeit mit Hilfe des Modells• Experimente mit Gummibändern	<ul style="list-style-type: none">• Distanz zu einer Schallquelle als Ursache für „laut und leise“• Stärke der Schwingung eines Gummibandes als Ursache für „laut und leise“• Schnelle Schwingung – hoher Ton / langsame Schwingung – tiefer Ton
Lärm	<ul style="list-style-type: none">• Hörtagebuch• Hörmeter• Hörbeispiele• Arbeit am Modell (Gehör)	<ul style="list-style-type: none">• Angenehme und unangenehme Geräusche benennen• Eigenen Hörbereich testen• Bin ich Lärm ausgesetzt?• Eigene Skala zur Einordnung von Lautstärken zeichnen• Wie ist es, wenn ich nicht mehr höre?• Schutzmöglichkeiten testen
Was höre ich? Was hören sie?	<ul style="list-style-type: none">• Hörmeter• Texte zu Tieren	<ul style="list-style-type: none">• Hörbereich verschiedener Tiere