



DAS HÖREN

Schlüter-Kit

Mit diesem Kit soll dem Biologielehrer das meist umständliche Zusammentragen von Demonstrationsgeräten aus anderen Fachbereichen erspart werden.

Inhalt:

- 3 Stimmgabeln 256 Hz, 512 Hz, 1024 Hz
- 1 Anschläger
- 2 Tamburine
- 1 Styroporkugel am Faden
- 1 lautlose Hundepfeife
- Anleitung

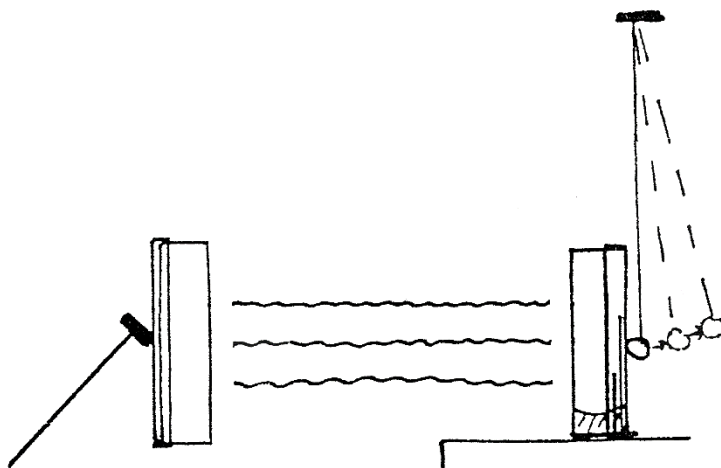
Hören ist das Wahrnehmen von Schallereignissen, die über bes. Hörorgane empfangen und in nervale Reize umgesetzt werden. Zum Gehirn weitergeleitet, verwandeln sie sich in einen Höreindruck. Als Hörreiz wirkt beim Menschen und bei allen Wirbeltieren der jeweilige Schalldruck.

Der funktionelle Vorgang des Hörens wird als bekannt vorausgesetzt. Danach dient das Trommelfell als Schallempfänger, der auf den Schalldruck anspricht und die empfangene Schwingungen auf die Gehörknöchelchenkette (Hammer, Amboss, Steigbügel) überträgt. Die Eigenfrequenz dieses schwingungsfähigen „Gebildes“ liegt bei ca. 100 bis 1500 Hz, also einem für die Sprachverständlichkeit bes. wichtigem Schwingungsbereich. Der Schalldruck am Trommelfell ist infolge einiger Reflexions- und Resonanzerscheinungen am Kopf, an der Ohrmuschel und im Gehörgang größer als im freien Schallfeld vor der Ohrmuschel.

A.) **Trommelfellfunktion, Demonstration der Ausbreitung von Schallwellen**

Dieser einfache Versuch verblüfft die Schüler stets aufs neue, weil er den Schalldruck der Schallwellen überzeugend demonstriert. Hängen Sie dazu die Styroporkugel an ein Stativ, und zwar so hoch, dass sie die Mitte eines senkrecht aufgestellten Tamburins berührt. Die Kugel sollte ganz lose hängen, aber in direktem Kontakt mit dem Tamburinfell sein. Der Tamburingriff als unterster Schwerpunkt stabilisiert das Tamburin. Nehmen Sie das 2. Tamburin in die Hand, halten es dicht aber absolut parallel zum 1. Gerät. Dann schlagen Sie mit dem Anschläger kräftig auf das gespannte Fell: die Styroporkugel springt seitlich von dem Trommelfell des 1. Tamburins ab. Nun entfernen Sie sich mit dem Gerät in der Hand immer weiter von dem Empfänger-Tamburin. Es erstaunt, dass bei kräftigem Schlagen selbst in 80 bis 100 cm Entfernung noch eine Reaktion der Styroporkugel festzustellen ist. Bei einer anderen Übung können Sie in rhythmischen Abständen auf das Handgerät schlagen und die unterschiedlichen Reaktionen der Styroporkugel registrieren. In dem einen Extremfall - je nach dem Zeitpunkt des

Wiederauftreffens der Kugel - kann sich der Schallwelleneffekt verdoppeln, die Kugel springt sehr weit vom Fell ab, im anderen Extremfall kann sich der Effekt aufheben. Die Kugel reagiert überhaupt nicht.

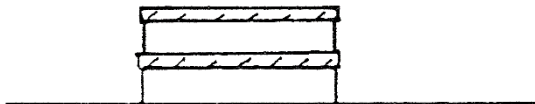


**Trommelfellfunktion,
Schalldruck**

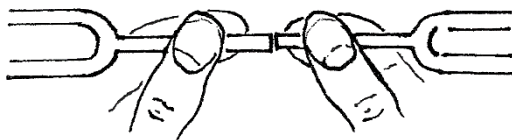
B.) Die Knochenleitung der Schallwellen

Außer der Fähigkeit zum „Luftleitungshören“ kann eine Hörempfindung auch unter Umgehung des Trommelfelles und der Gehörknöchelchen, durch Knochenleitung hervorgerufen werden. Die Schallschwingungen werden dabei über die Schädelknochen direkt auf die Schnecke übertragen. Natürlich spielt diese Knochenleitung für die Hörfähigkeit des Menschen eine sehr untergeordnete Rolle, doch kann sie bei Hörschäden des mittleren Ohres genützt werden.

Versuch: Zunächst wollen wir demonstrieren, dass sich Schallwellen auch über feste Körper fortpflanzen. Dazu verwenden wir die 2 übereinander gelegten Tamburins als Resonanzboden.



Resonanzboden

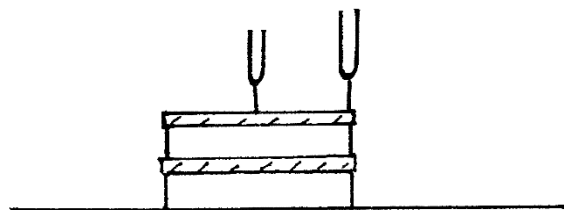


Dann schlagen wir die 256 Hz. Stimmgabel sehr kräftig an und setzen schnellstens die 512 Hz. Stimmgabel, Stiel an Stiel, daran.

Nach einer knappen Sekunde töten Sie die Schwingung der großen Stimmgabel und setzen die von 512 Hz auf die Mitte des Tamburinfelles. Die Stimmgabel schwingt mit. Weil aber die Intensität der verbleibenden Schwingungen nicht allzu groß gewesen ist, sollte beim Abhören entsprechende Ruhe im Raum herrschen. Der gleiche Versuch lässt sich zwischen den beiden Stimmgabeln 512 Hz (für den Anschlag) und 1024 Hz (für die Übertragung) durchführen. Nun ist die Schallwellenübertragung von Stimmgabel zu Stimmgabel (vor allem wegen des metallischen Charakters der Gabel noch einigermaßen einleuchtend. Dass aber der Resonanzboden die Schallwellen ebenfalls überträgt, soll der nachfolgende Versuch beweisen. Da hierbei die Intensität der übertragenen Schallwellen weiter nachlässt, seien Sie bitte nicht unzufrieden, wenn die Schallwiedergabe begrenzt ist. Ein spezieller Resonanzboden für 512 Hz kann das Ergebnis verbessern. Noch besser ist, Sie halten die Empfangs-Stimmgabel einigen Schülern direkt ans Ohr und nicht auf den Resonanzboden.

Versuch: Bringen Sie wieder mit kräftigem Schlag die Stimmgabel 256 Hz zum Schwingen, setzen Sie diese sofort auf den Rand des Resonanzbodens und zugleich die Stimmgabel von 512 Hz auf die Mitte des Tamburins.

Dann stoppen Sie die Schwingungen der großen Stimmgabel kurzfristig ab und lauschen den zwar leisen aber deutlichen Schwingungen der kleinen Gabel von 512 Hz (oder Sie halten die kleine Gabel einem Schüler nahe an das Ohr) Knochenleitung.



Im 3. Teil demonstrieren wir, dass auch der Schädel als Resonanzboden reagiert. Die Schüler halten sich beide Ohren zu, Sie bringen eine der 3 Stimmgabeln zum Schwingen und setzen den Stiel der Gabel auf den Kopf eines Schülers. Weil das Innenohr diese Schwingungen direkt empfängt, ist der Schallempfang unvergleichlich stärker als bei den vorherigen Versuchen.

C.) Schallempfindlichkeit und Höreindruck

Die Wahrnehmbarkeit des menschlichen Ohres ist nicht nur von dem Intaktsein des natürlichen Hörapparates und (ganz besonders) von dem Alter des Menschen abhängig, es besteht auch eine feste Beziehung zwischen der Schwingungszahl und dem Schalldruck der eintreffenden Schallwellen. Die äußersten Frequenzgrenzen der Wahrnehmbarkeit vom Schall liegen beim Menschen zwischen 16 und 20.000 Hz. Doch sind sehr unterschiedliche Schalldrucke erforderlich. Um eine Frequenz von 20 Hz überhaupt hörbar zu machen, bedarf es eines Schalldruckes von mindestens $1 \text{ dyn/cm}^2 = 0,1 \text{ Pa}$. Bei etwa 1.000 Hz liegt des Menschen größte Empfindlichkeit. Hier genügt ein Schalldruck von nur $0,0002 \text{ dyn/cm}^2 = 2 \mu \text{ Pa}$. Bei 15.000 Hz wird wieder ein Schalldruck von $0,1 \text{ dyn/cm}^2 = 0,01 \text{ Pa}$ erforderlich.

Versuch: Stellen Sie einen oder mehrere Schüler so weit von Ihnen weg, wie es die Größe des Klassenzimmers zulässt. Schlagen Sie mit dem Anschläger die Stimmgabel von 256 Hz so schwach an, dass der bzw. die Schüler den Ton der Stimmgabel nicht wahrnehmen. Schlagen Sie stärker an, bis die Schüler einen Ton vermelden. Nehmen Sie anschließend die Stimmgabel von 1024 Hz. Schon beim leisesten Anschlag werden die Schüler den Ton wahrnehmen, weil eben bei 1000 Hz die größte Empfindlichkeit des menschlichen Ohres liegt.

Lautlose Hundepfeife: Das menschliche Ohr eines Jugendlichen vermag also Schallvorgänge bis höchstens 20.000 Hz wahrzunehmen. Die Empfindlichkeit wird mit zunehmendem Alter geringer und kann bei alten Menschen unter 5.000 Hz sinken (unsere Sprache, Musik und andere natürliche Laute bewegen sich meist in den Tonhöhen zwischen 100 und 8.000 Hz).

Alle Töne über 20.000 Hz bleiben der Wahrnehmung des menschlichen Ohres verschlossen. Der Hund vermag im Gegensatz zum Menschen Tonhöhen bis beinahe 40.000 Hz zu registrieren. Dieser Umstand wurde für die Hundedressur genützt und man entwickelte die sogenannte lautlose Hundepfeife.

Versuch: Schrauben Sie den äußeren, hinteren Resonanzkörper der Signalpfeife ab. Schrauben Sie die innere Tonschraube so weit wie möglich heraus und drehen Sie die Arretiermutter nach hinten bis zum Anschlag. Nun müssen Sie den Schülern klarmachen, dass weder der tiefere Pfeifton beim ganz schwachen Anblasen der Pfeife, noch der schrille Nebenton beim zu starken Hineinblasen der eigentliche Signalton ist, sondern der ganz hohe Ton beim mittelstarken Anblasen. Drehen Sie jetzt die Tonschraube, während Sie durch die Signalpfeife in mittlerer Stärke hineinlassen, immer weiter einwärts. Der Signalton wird immer höher bis er zum Schluss für das menschliche Ohr (auch das des Jugendlichen) nicht mehr wahrnehmbar ist. Im Idealfall müssten Sie jetzt mit der Einstellung „lautlos“ (fast eingedrehte Tonschraube) einen Hund anpfeifen, um festzustellen, ob er reagiert. (Dressiert auf lautlose Hundepfeifen sind in der Regel nur Jagd- oder Polizeihunde). Beachten Sie bitte, dass Hunde ein äußerst feines Gehör besitzen. Wenn Sie den Versuch mit einem Hund auf ganz kurze Distanz vornehmen, könnten Sie den Hund sogar bei zu starkem Hineinblasen erschrecken und beunruhigen.

Abschließend soll noch das Phänomen demonstriert werden, dass unser Gehör die Töne nicht nach Schwingungsdifferenzen, sondern nach Schwingungsverhältnissen empfindet. Also von 10 zu 20 Hz empfinden wir den gleichen Unterschied wie z.B. zwischen 5.000 zu 10.000 Hz. Übertragen auf unsere Stimmgabel bedeutet dies: Unser Ohr nimmt bei 256 Hz (große Stimmgabel) den gleichen Ton wahr wie bei 512 und 1024 Hz, nur jeweils um eine Oktave höher. Die Differenz im ersten Fall beträgt 256 Hz, im zweiten Fall jedoch 512 Hz. Also eine jeweilige Verdoppelung der Schwingungszahl. **Versuch:** Schlagen Sie die Stimmgabeln 256, 512 und 1024 Hz nacheinander an und setzen Sie die Gabeln auf die Resonanzböden. Sie erhalten den gleichen Ton, nur in verschiedenen Oktaven.



