



ÄRM

macht krank!

Unterrichtsmappe

Impressum:

Herausgeber, Verleger: Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark
A-8010 Graz, Brockmanngasse 53
Tel.: 0316 / 83 54 04
Fax: 0316 / 81 79 08
E-Mail: office@ubz-stmk.at
www.ubz-stmk.at

Redaktion: Mag.a Elisabeth Martini
Redaktionelle Mitarbeit: Dr.in Andrea Kainz, Dr. Uwe Kozina, Ing. Christian Lammer,
DI Johann Ofner, Mag.a Rudolfine Wolfbauer

Layout: Nicole Dreißig
Druck: Eigenvervielfältigung



Erstellt im Rahmen des Projekts „Lärm macht krank!“ im Auftrag der Abteilung 15 Energie, Wohnbau, Technik (ehem. FA 17C Umweltkontrolle und Sicherheitswesen) und der Abteilung 8 Wissenschaft und Gesundheit (ehem. FA 8B Gesundheitswesen) des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung sowie des Umweltamtes der Stadt Graz.

Vorwort

Jugendliche leiden, wie unterschiedliche Studien zeigen, vermehrt an Gehörbeeinträchtigungen, Lärmempfindlichkeit oder Tinnitus. Hauptverursacher dafür ist meist der Freizeitlärm – zu laut Musik hören, selber ein Instrument spielen, zu Konzerten oder in Discos gehen.

Ein weiterer Aspekt ist der Lärm in den Schulen und Klassenzimmern selbst. Dies beeinflusst nicht nur die Konzentrations- und Lernfähigkeit der SchülerInnen, deren sprachliche Entwicklung, sondern auch die Belastbarkeit der LehrerInnen. Eine Verbesserung kann durch passende pädagogische Vorgehensweise erreicht werden, aber auch durch Klassenräume die mit einem akustisch – ergonomischen Standard ausgestattet sind. Ein weiterer, sehr einfacher Ansatzpunkt zur Verringerung von Lärm in Schulen, ist die Sensibilisierung der SchülerInnen: sie sollen, mit Hilfe dieser Unterlagen, lernen und erfahren was Lärm ist, wie laut die unterschiedlichsten Geräusche sind und vor allem welche Gefahren und Einschränkungen Lärm mit sich bringt. Mit Hilfe von vielen Experimenten können die SchülerInnen durch eigene Erfahrungen lernen und zu Hause ihr Wissen vertiefen. Dadurch soll ein bewussterer Umgang mit Lärm bei den jungen Menschen erzielt werden.

Die Vorbereitungsmappe ist in vier Bereiche aufgeteilt:

- ▶ **Basiswissen** – Grundlagen zum Thema Ohr, Schall, Lärm und seine Verursacher, Auswirkungen von Lärm auf den Menschen, Messung von Schall und Lärmvermeidung (mit Verweisen auf dazu passende Experimente)
- ▶ **Experimente** – Anleitungen und Hintergrundinformationen zu 59 Experimenten (17 davon sehr detailliert sowohl für den Stationenbetrieb als auch für die gesamte Klasse) zum Thema Schall und Lärm, Hinweise auf Experimente die auch in der Volksschule gut umgesetzt werden können
- ▶ **Glossar** – alle wichtigen Begriffe die zum Thema gehören, alphabetisch geordnet zum Nachschlagen
- ▶ **Anhang** – Unterlagen um die Vorbereitungszeit zu verkürzen, das Unterrichten zu erleichtern und zur eigenständigen Vertiefung in das Thema: Folien zum Auflegen auf den Overheadprojektor, Kopiervorlagen, Linksammlung für das Internet

Wir wünschen viel Spaß beim Verwenden der Unterlagen und eine gute Umsetzung der wichtigen Thematik Lärm mit den SchülerInnen!

Ihr UBZ-Team

Kontakt:

Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark
A-8010 Graz, Brockmannngasse 53
Tel.: 0043-(0)316-835404
Fax: 0043-(0)316-817908
E-Mail: office@ubz-stmk.at
www.ubz-stmk.at



Basiswissen

1. Das Ohr – Gehör und Gleichgewichtsorgan	
1.1. Anatomie - der Bau unseres Ohres	7
1.2. Physiologie - der Hörvorgang	9
2. Schall	10
3. Lärm und seine Verursacher	14
4. Auswirkungen von Lärm auf den Menschen	
4.1. Überblick	15
4.2. Lärm als Stressfaktor	16
4.3. Hörschäden	16
4.4. Jugendliche und Lärm	18
5. Messung von Schall und Lärm	19
6. Lärmvermeidung	20
6.1. Tipps fürs gute Hören	22
7. Gehör – Schall – Musik	
7.1. Sinnesorgan Ohr	22
7.2. Musikwiedergabe	23
8. Musikalische Aspekte der Akustik	23
Ohr-Staunliches	25

Experimente

Teil A – Ausgewählte Experimente für Stationenbetrieb und Klassenarbeit	29
Teil B – weitere Experimente nach Unterrichtsfächern gegliedert	51

Glossar	71
----------------------	----

Anhang

Linkssammlung	93
Overheadfolien	95
Konzentrationstests	101
Protokoll eines Musikalltags	113
Protokoll für Schallpegelmessungen	114
Teste dein Wissen „Wissenswertes zum Thema Lärm“	116
Verwendete Literatur.....	118
Inhaltsangabe Lärm-Praxiskoffer-Set	119

1. Das Ohr – Gehör- und Gleichgewichtsorgan

1.1. Anatomie - der Bau unsere Ohres

Unser Ohr ist in drei Bereiche unterteilt:

- Äußeres Ohr ▶ Ohrmuschel und Gehörgang
- Mittelohr ▶ Paukenhöhle mit den Gehörknöchelchen
- Innenohr ▶ Schnecke (eigentliches Sinnesorgan)
 - ▶ Vorhof (Lagesinn)
 - ▶ Bogengänge (Bewegungssinn)

1.1.1. Äußeres Ohr

Die Ohrmuschel besteht, mit Ausnahme des Ohrläppchens, aus Knorpelmasse. Sie hat eine flache Trichterform und sammelt Schallwellen, die sie an den Gehörgang (2,5-3,5 cm – ungefähr so lang wie eine Stecknadel) weiterleitet.

Die Haut des Gehörgangs besitzt Haare und Talgdrüsen; diese bilden zusammen mit Hautschuppen und Pigment das Ohrschmalz. Das Trommelfell ist ein gespanntes trichterförmiges Häutchen mit ca. 55 mm² Durchmesser (entspricht ca. Fingernagel des kleiner Fingers) und 0,1 mm Dicke!

1.1.2. Mittelohr

Das Mittelohr ist ein mit Luft gefülltes Hohlraumssystem. In der Paukenhöhle befinden sich die drei Gehörknöchelchen, die durch Gelenke miteinander verbunden sind:

- ▶ Hammer
- ▶ Amboss
- ▶ Steigbügel

Sie dienen der Übertragung und Verstärkung der Schallwellen, die vom Trommelfell kommen. Über die Ohrtrumpete (auch Eustachische Röhre oder Tuba genannt) ist das Mittelohr mit dem Nasen-Rachenraum verbunden; sie dient der Belüftung

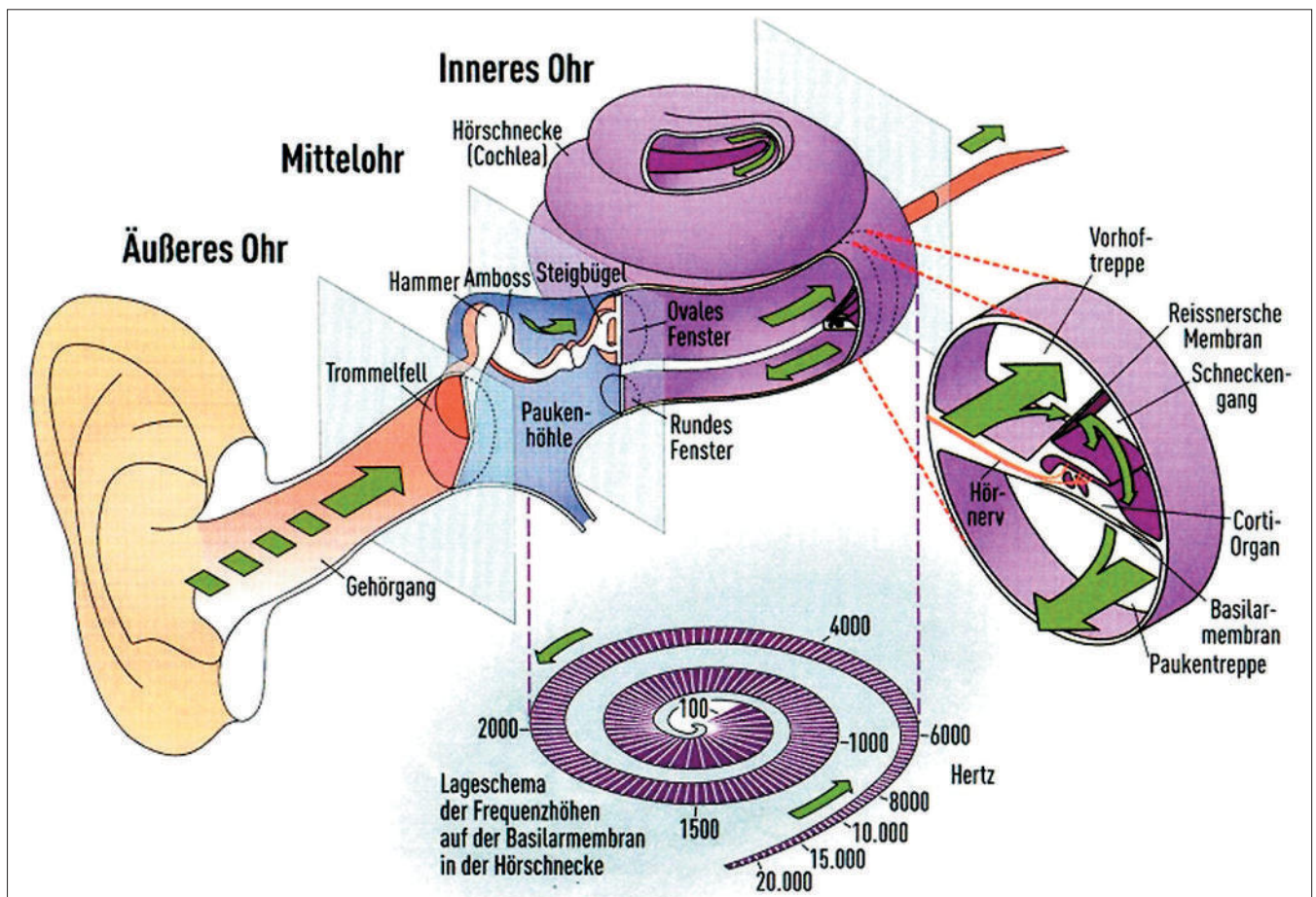


Abb 1: Unterteilungen des Ohrs

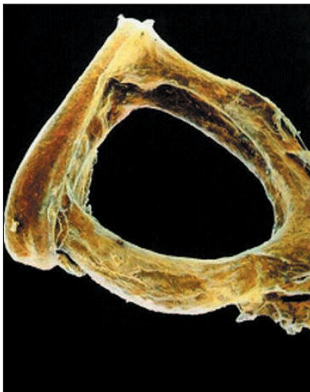


Abb. 2: elektronenmikroskopische Aufnahme des Steigbügels

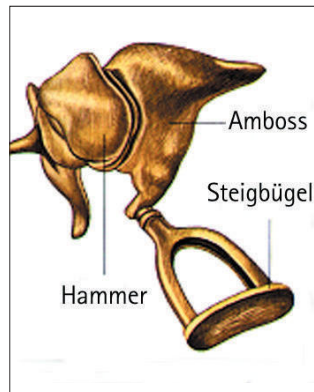


Abb. 3: Gehörknöchelchen

der Paukenhöhle und zum notwendigen Druckausgleich.

Der Hammer, das erste Gehörknöchelchen am Weg der Schallwellen zum Innenohr, ist direkt am Trommelfell angewachsen und nimmt dadurch die Schwingungen von diesem direkt auf. Der Steigbügel, das letzte Gehörknöchelchen, grenzt an das ovale Fenster (Beginn der Schnecke) und somit werden die Schwingungen auf das Innenohr übertragen. Das runde Fenster, das für den Druckausgleich wichtig ist, befindet sich etwas unterhalb des ovalen Fensters.

1.1.3. Innenohr

Da das Innenohr kompliziert gebaut ist, spricht man auch von einem Labyrinth. Dieses besteht aus der Schnecke, dem eigentlichen Hörorgan, und dem Vorhofbogengangsystem, dem Gleichgewichtsorgan. Das Innenohr ist nicht, wie das äußere Ohr und das Mittelohr, mit Luft gefüllt, sondern mit einer klaren Flüssigkeit.

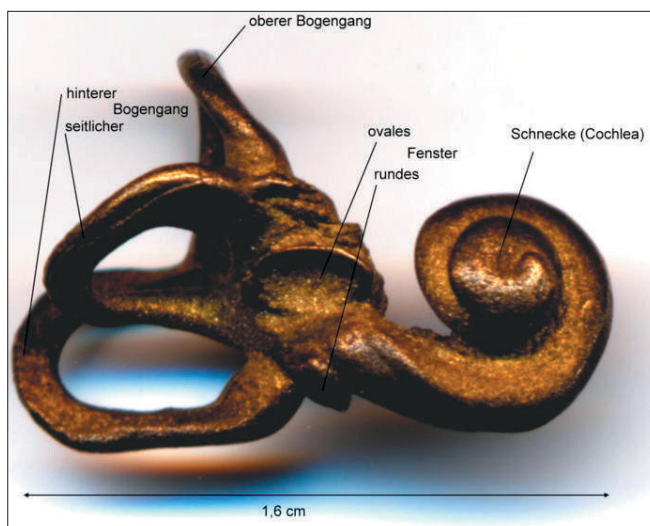


Abb. 4: Innenohr

Das **Gleichgewichtsorgan** besteht aus:

- ▶ zwei Vorhofsäckchen - mit Sinneszellen für die Aufnahme linearer Beschleunigungsreize
- ▶ drei Bogengängen - Empfangsorgan für Winkelbeschleunigung

Das eigentliche Hörorgan wird **Schnecke** genannt und ist etwa so groß wie eine Erbse. Diese besteht aus ca. 2,5 Windungen eines „Rohres“, das wiederum in drei Bereiche aufgeteilt und durch dünne Membrane voneinander getrennt ist:

- ▶ Vorhofftreppe (oben) - beginnt am ovalen Fenster
- ▶ Trennung durch die Reissnersche Membran
- ▶ Schneckengang (in der Mitte) – das eigentliche Hörorgan, auch Cortisches Organ genannt (nach dem italienischen Arzt Alfonso Corti)
- ▶ Trennung durch die Basilarmembran
- ▶ Paukentreppe (unten) - endet am runden Fenster

Das Schneckenloch (-tor) stellt eine Verbindung zwischen Vorhofftreppe und Paukentreppe her.

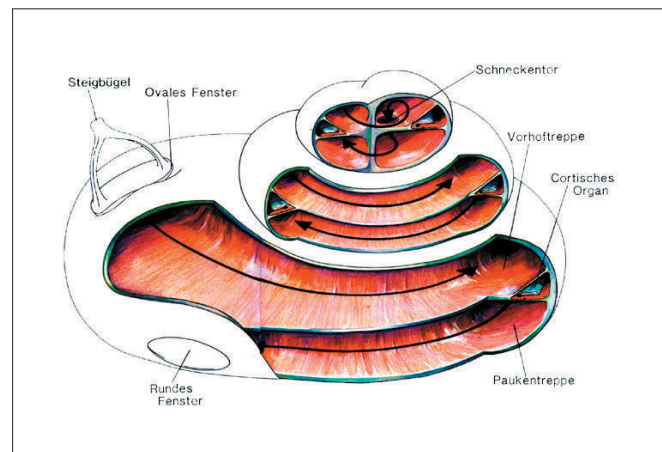


Abb. 5: Aufbau Schnecke



Abb. 6: elektronenmikroskopische Aufnahme der Schnecke

1.1.4. Das eigentliche Hörorgan

In die Basilarmembran sind Sinneszellen eingebettet. Diese tragen an ihrem oberen Ende feinste Härchen und am unteren Ende setzen die Fasern der Hörnerven an. Über den Härchen liegt die Deckenmembran, die mit den Sinneshärchen in Verbindung steht und somit imstande ist, die Sinneszellen durch schwingende Bewegungen zu erregen. In der Schnecke befinden sich ca. 20.000 Zilien.

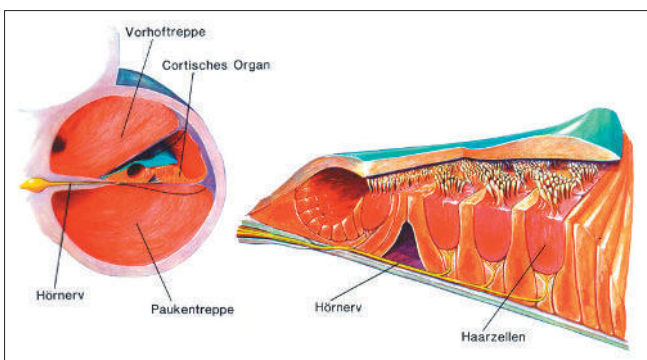


Abb. 7: Querschnitt Schnecke

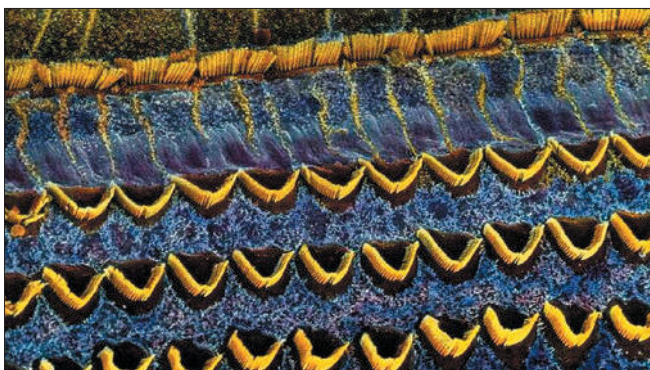


Abb. 8: elektronenmikroskopische Aufnahme der Sinneszellen

1.2. Physiologie - der Hörvorgang

- ▶ Die Hörmuschel sammelt die Schallwellen, die zum Ohr gelangen, leitet sie an den Gehörgang und das Trommelfell weiter, das nun in Schwingung versetzt wird.
- ▶ Diese Schwingungen werden direkt vom Trommelfell auf die Gehörknöchelchen übertragen (diese sind ja miteinander verbunden), es findet eine Verstärkung der Schallwellen statt.
- ▶ Durch diese Bewegungen werden die Schallwellen über das ovale Fenster ans Innenohr weitergeleitet und dabei wieder verstärkt (auf Grund der viel kleineren Fläche des ovalen Fensters).

Verstärkungen der Schallwellen im Ohr:

Gehörgang	▶	ca. doppelte Verstärkung
Gehörknöchelchen	▶	2-3fache Verstärkung
ovales Fenster	▶	20-25fache Verstärkung



Experiment Nr. 38

- ▶ Vom ovalen Fenster werden die Schwingungen auf die Flüssigkeit der Vorhoftrappe übertragen und gelangen über das Schneckenloch auch in die Paukentreppe bis hin zum runden Fenster.
- ▶ Diese Schwingungen in den beiden äußeren Kanälen der Schnecke (Vorhoftrappe und Paukentreppe) werden über die Membranen zum Cortischen Organ weitergeleitet.
- ▶ Somit schwingt auch die Basilarmembran an bestimmten Stellen (je nach Tonhöhe und Tonstärke), wodurch die Härchen der Sinneszellen durch die darüber liegende Deckenmembran abgelenkt werden und es zur Hörwahrnehmung kommt.
- ▶ Die Hörsinneszellen wandeln diese mechanischen Reize in bioelektrische Impulse um, welche über den Hörnerv ans Hörzentrum (Großhirnrinde) geleitet werden, wodurch wir dann schlussendlich hören.

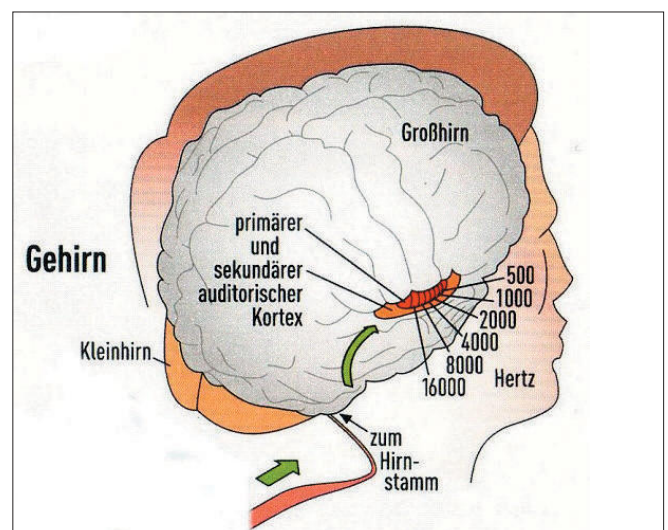


Abb. 9: das eigentliche Hören passiert im Gehirn

2. Schall

Schall breitet sich in Form von **Wellen** im gasförmigen, flüssigen oder festen Medium (z.B.: Luft, Wasser, Eisen) aus. Ein Teilchen stößt ein anderes an und dadurch kann sich Schall ausbreiten (im Vakuum ist dies nicht möglich!).



Experiment Nr. 1

Die **Ausbreitungsgeschwindigkeit** steigt mit der Dichte und der Temperatur des Mediums (ungefähre Angaben):

- in Luft (bei 20 °C) ▶ 340 m/s
- in Meerwasser ▶ 1500 m/s
- in Holz ▶ 3000-5000 m/s
- in Eisen ▶ 5000 m/s

Die auftretenden Verdichtungen und Verdünnungen des Schallträgers entstehen durch regelmäßige oder unregelmäßige Schwingungen eines Schallerregers (Stimmgabel, Saite, Stimmbänder u.a.) oder durch direkte periodische Anregung des Schallträgers (Blasinstrumente, Hupe, etc.)

Die Schalleitung über die Schädelknochen zum Innenohr heißt **Knochenschalleitung**. Dabei werden höhere Töne (über 800 Hz) bevorzugt, wodurch man die eigene Stimme höher empfindet als in Wirklichkeit. Hört man die eigene Stimme aus dem Lautsprecher, klingt sie anders (tiefer). Die Knochenschalleitung dient zur Verbesserung des Sprachverständnisses.



Experiment Nr. 8f

Unser Gehör erstreckt sich über einen außerordentlich großen Schalldruckbereich – ein Verhältnis von mehr als einer Million zu eins. Die Schallmessung wird meist über eine Druckmessung durchgeführt, der **Schalldruckpegel** wird in der Einheit Dezibel (dB) ausgedrückt. Um diese großen Zahlen handlicher zu machen, ist diese Skala logarithmisch - siehe Abbildung 10.

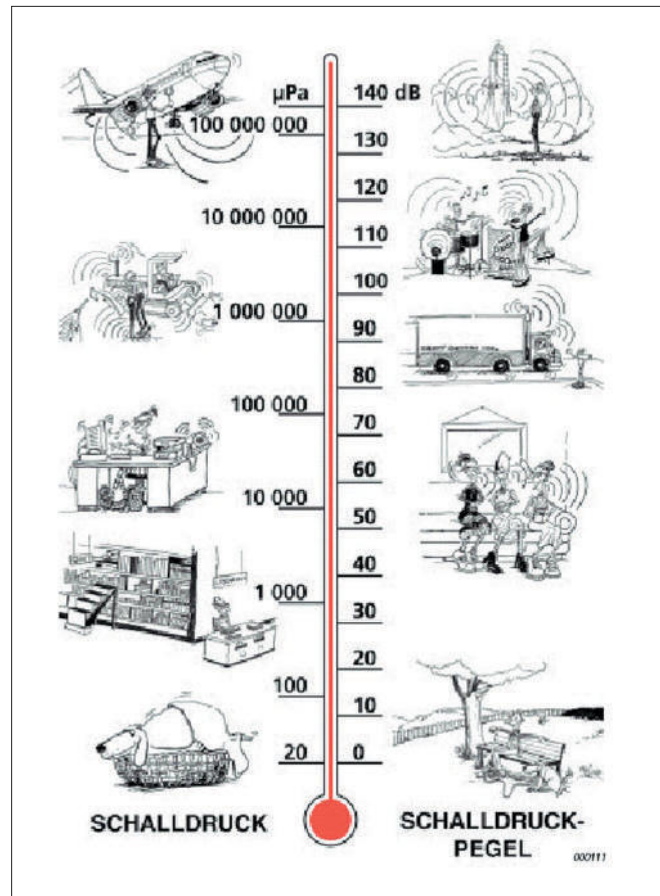


Abb. 10: Skala Schalldruck und Schalldruckpegel

Der **Schalldruckpegel** berechnet sich nach folgender Formel:

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} [dB] = 20 \lg \frac{p}{p_0} [dB]$$

dabei ist p der effektive, zu messende **Schalldruck** und p_0 der Bezugsschalldruck (für Luftschall):

$$p_0 = 20 \mu Pa = 20 \mu N / m^2$$

Das menschliche Ohr nimmt sehr tiefe und sehr hohe Frequenzen leiser wahr als mittlere Frequenzen. Diese Eigenschaft wurde in der Messtechnik durch Frequenzbewertungsfiler berücksichtigt. Der Schalldruckpegel wird dann mit **L_A – A bewerteter Schallpegel in dB** (auch dB_A) – bezeichnet. Es gibt unterschiedliche Schallpegel (energieäquivalenter Dauerschallpegel, Basispegel, Spitzenpegel, etc.), auf diese wird im *Kapitel „Messungen von Schall und Lärm“* genauer eingegangen.

Ein Geräusch wird als doppelt so laut empfunden, wenn dieses um 10 dB erhöht wird. Als eine Veränderung des Geräusches wird meist ein Unterschied von 3 dB erkannt. Der Lautstärkeumfang des menschlichen Gehörs reicht von **0 dB (Hörschwelle)** bis **130 dB (Schmerzgrenze)**.

Addition von Schalldruckpegeln

Da der **Schalldruckpegel** eine logarithmische Skala hat, erhöht sich der Gesamtpegel bei einer **Addition** von zwei gleichen Schallquellen nur um 3 dB:

$$80 \text{ dB} + 80 \text{ dB} = 83 \text{ dB}$$

$$65 \text{ dB} + 65 \text{ dB} = 68 \text{ dB}$$

$$0 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$$

Zwei Geräusche, die gerade an der Hörschwelle liegen, sind zusammen schön hörbar (der Schalldruck ist ja nicht Null, wenn der Schalldruckpegel Null ist)

Für alle weiteren Rechnungen (Subtraktion, Addition unterschiedlicher Werte) sollte auf die Formel zurückgegriffen werden.

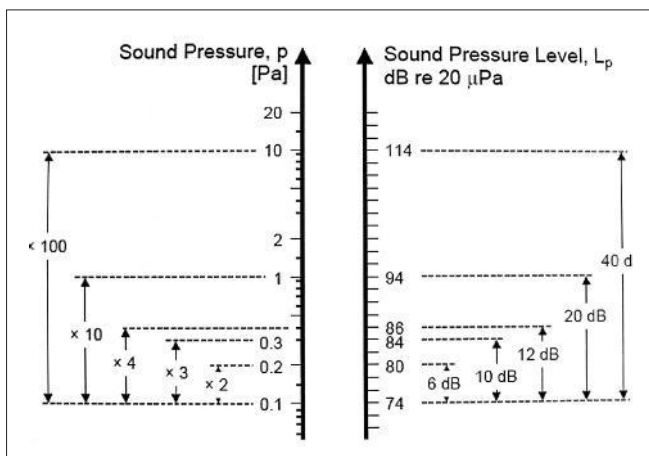


Abb. 11: Vervielfachung des Schalldrucks und des Schalldruckpegels



Experiment Nr. 29

Der **Lautstärkepegel** ist eine Größe, die den Höreindruck beschreibt. Bei 1000 Hz sind der Schalldruckpegel [dB] und der Lautstärkepegel [Phon] genau gleich.

Schwingungsfähige Systeme haben eine charakteristische Schwingungsfrequenz, die als Eigenfrequenz bezeichnet wird. Wird ein solches System mit seiner Eigenfrequenz angeregt, dann spricht man von **Resonanz**. In diesem Fall beginnt ein vorher ruhendes System mit seiner Eigenfrequenz zu schwingen bzw. eine schon vorhandene Schwingung wird verstärkt.



Experiment Nr. 8a, 8b, 8c, 8d

Schwingen zwei Schallerreger gleichzeitig mit fast den gleichen Frequenzen, so hört man einen einzigen Ton, dessen Lautstärke periodisch zu- und abnimmt, es entsteht **Schwebung**.



Experiment Nr. 8e

Die **Ausbreitung von Schall** wird durch viele physikalische Grundlagen beschrieben wie etwa Reflexion, Brechung oder Beugung. Zusätzlich wirken aber noch ganz andere Faktoren auf die Schallausbreitung:

- ▶ Schallquellentyp (Punkt oder Linie)
- ▶ Abstand von der Quelle
- ▶ Atmosphärische Absorption
- ▶ Wind
- ▶ Temperatur und Temperaturänderung
- ▶ Hindernisse wie Lärmschutzwände und Gebäude
- ▶ Bodenabsorption
- ▶ Feuchte
- ▶ Niederschlag

1843 entdeckte der österreichische Physiker Christian Doppler, dass sich die Frequenz von Wellen (Schall, Licht) ändert, sobald sich Beobachter und Wellenerreger relativ zueinander bewegen. Besonders deutlich ist der **Doppler-Effekt** bei Schallwellen zu beobachten. Fährt ein hupendes Auto auf einen Beobachter zu, hört dieser einen höheren Ton (höhere Frequenz), als wenn sich das Auto von ihm wegbewegt. Das Ergebnis ist geringfügig anders, wenn sich der Beobachter mit hoher Geschwindigkeit auf

eine Schallquelle hinbewegt. Gut hören kann man den Doppler-Effekt zum Beispiel an einem vorbeifahrendem Rettungswagen.

Es gibt viele Bereiche wo es zur praktischen Anwendung des Doppler-Effektes kommt, z.B. bei der Geschwindigkeitsmessung mittels Radar oder in der Astronomie zur Bestimmung der Geschwindigkeit von Sternen im Weltall.

Töne entstehen durch regelmäßige Schwingungen eines Schallerregers in einer bestimmten Frequenz. Die Frequenz bestimmt die Tonhöhe, die Amplitude die Lautstärke eines Tones.

Ein **Klang** entsteht durch Überlagerung eines Grundtones durch seine Obertöne. Letztere sind Töne, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache der Grundtonfrequenz sind. Das Anstreichen einer Saite zum Beispiel erzeugt keinen reinen Ton, sondern einen Klang.

Geräusche entstehen durch Überlagerung unregelmäßiger Schwingungen, unterschiedlicher Frequenzen.

Ein **Knall** wird durch sehr kurz andauernde, unregelmäßige Schwingungen sehr hoher Amplituden ausgelöst.

Der **Hörbereich** des jungen, gesunden Menschen reicht von ca. 20 Hz bis 20.000 Hz (1 Hz bedeutet eine Druckschwankung pro Sekunde). Im Alter sinkt die Hörgrenze stark nach unten (ein 40-jähriger Mensch kann nur noch Frequenzen bis ca. 15.000 Hz hören).



Experiment Nr. 32

Unter 20 Hz liegt der Bereich des **Infraschalls**. Elefanten, Bartwale, aber auch Tauben „unterhalten“ sich in diesem Frequenzbereich. Der Mensch kann diese Frequenzen nicht mehr hören, allerdings haben diese trotzdem, unter gewissen Umständen, einen Einfluss auf unseren Organismus, insbesondere auf das Nervensystem: Unwohlsein, Husten, Kopfschmerzen, Erhöhung der Puls- und Atemfrequenz, etc.

Über 20.000 Hz liegt der **Ultraschall**. Vor allem kleinere Tiere verwenden Ultraschall, etwa die

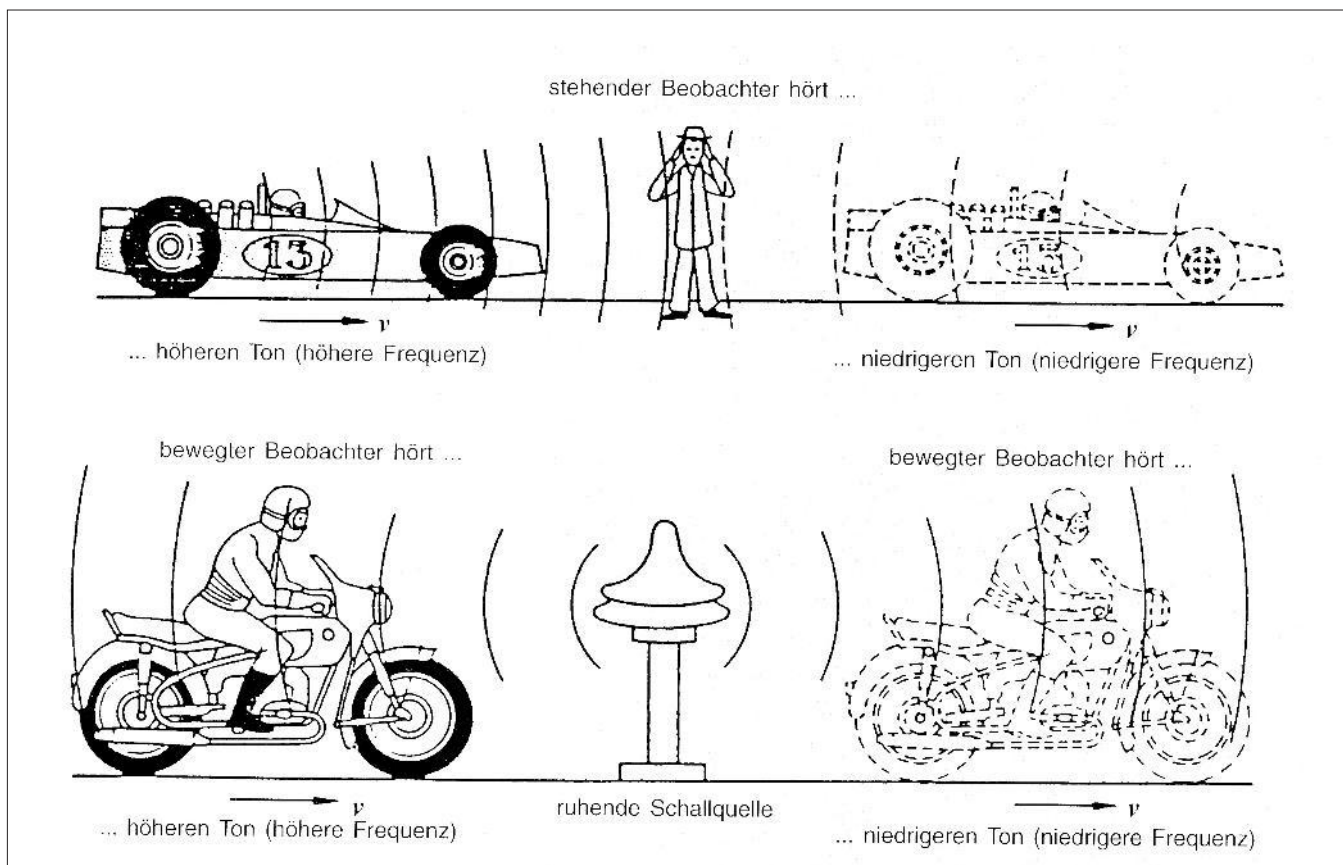


Abb. 12: Doppler-Effekt

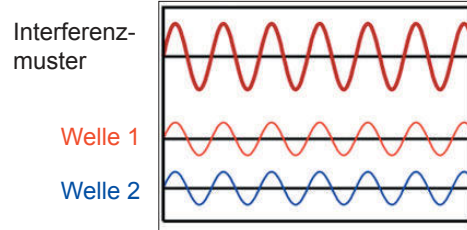
Fledermaus bewegt sich über das Echo des ausgesandten Ultraschalls fort. Aber auch für uns Menschen ist der Ultraschall wichtig, er wird bei medizinischen Untersuchungen, zur Vernichtung von Krankheitserregern, von Schiffen um Fischschwärme aufzufinden oder um einfach Brillen zu reinigen verwendet.

Brechung ist die Richtungsänderung durch eine Geschwindigkeitsänderung in einem anderen Medium. Bei **Beugung** entsteht die Richtungsänderung durch ein Hindernis (Spalt, Gitter, Linsenrand, etc.). Durch **Reflexion** werden Schallwellen von einer Oberfläche zurückgeworfen. Je nach Art der Oberfläche gilt entweder das Reflexionsgesetz oder bei rauen Oberflächen kommt es zu diffusen Streuungen. **Interferenz** beschreibt die Überlagerung von zwei Wellen. Je nachdem ob die Wellen unterschiedlich sind, komplett gleich oder zeitversetzt, oder sehr ähnlich aber doch nicht genau gleich, kommt es zu unterschiedlichen Erscheinungen: konstruktive oder destruktive Interferenz oder zur Schwebung.



Experiment Nr. 3, 8e

konstruktive Interferenz



destruktive Interferenz

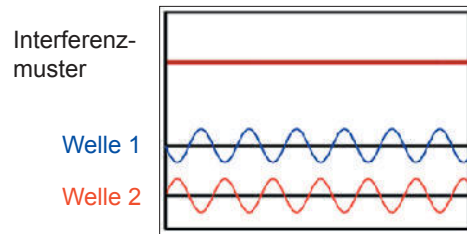


Abb. 13: konstruktive und destruktive Interferenz

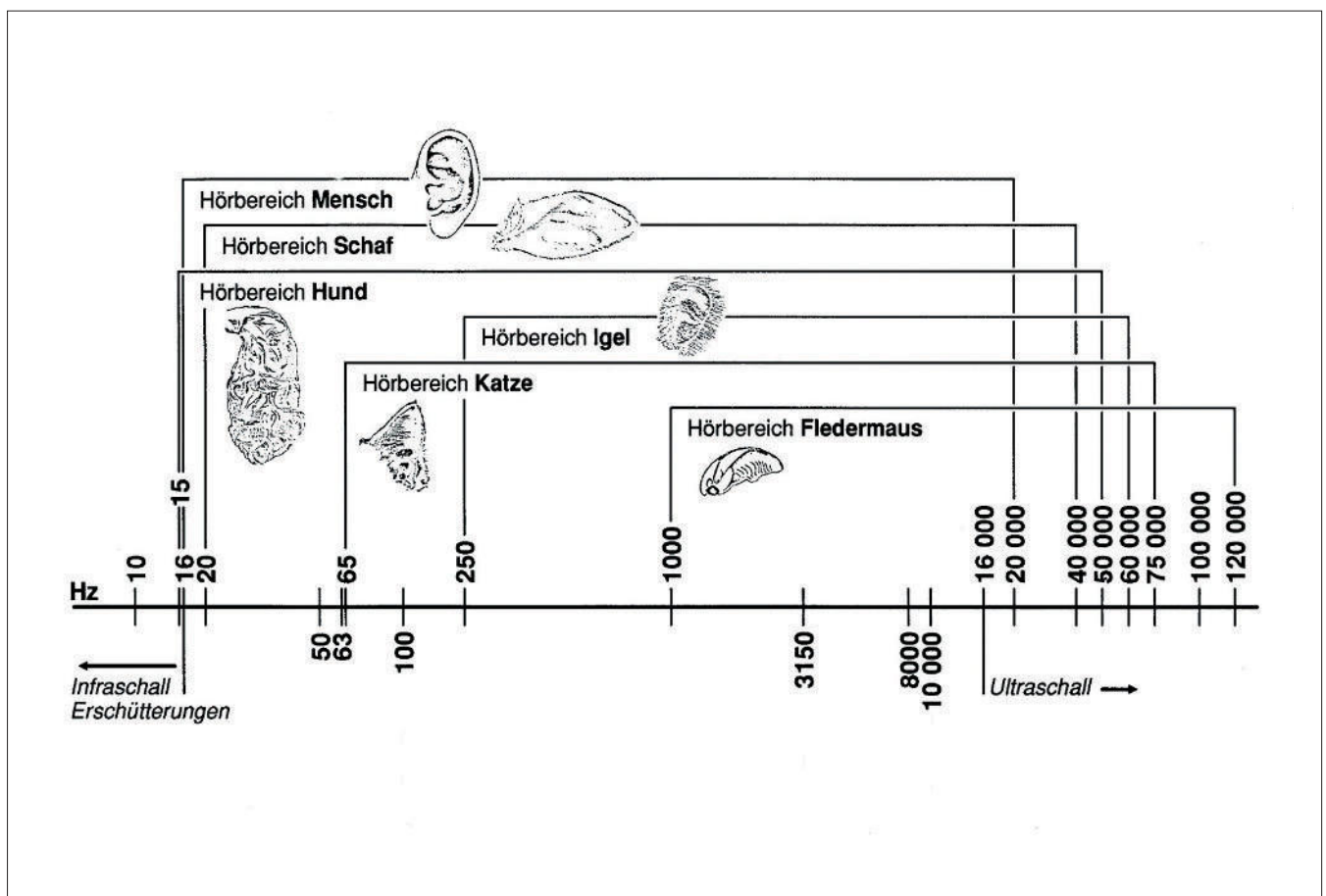


Abb. 14: Hörbereiche

3. Lärm und seine Verursacher

Lärm ist eine subjektive Einschätzung - für jeden Menschen führen unterschiedliche Geräusche zu anderen Lärmempfindungen. Lärm ist nicht messbar, nur Schall ist messbar! Die folgende Lärmtabelle gibt genauer Auskunft über Schallquellen, deren unterschiedliche Schallpegel und die Gefährdung der Gesundheit.

Lärm ist jede negativ bewertete Schallimmission - also ein Geräusch, das Dritte (z.B. Nachbarn) stören, gefährden, erheblich benachteiligen oder belästigen kann. Sogar gesundheitliche Schäden sind möglich!

Schallpegel in dB _A	Schallquelle	Zonen der Lärmintensität
bis 166	Knallkörper (peak in 2 m Entfernung)	Lärmbereich D Gesundheitsschäden bei längerer Einwirkung
bis 155	Spielzeuggewehre (peak in 50 cm)	
140	Düsentriebwerk (25 m Entfernung)	
135	Nietpistole	
130	Pneumatischer Gesteinsbohrer	
130	<i>Schmerzschwelle</i>	
125	Pressluftmeißel in Räumen	
bis 120	Rockkonzert, Discothek	
120	Propellerflugzeug (50 m Entfernung)	
bis 111	Computerspiele (Arcade games)	
110	Weberei (220 Webstühle)	
110	Motorrad (bei 140 km/h)	
105	Kesselschmiede	
100	Schwere Stanzen	
99	Sägewerk	
97	Niethammer	
95	Rotationsmaschine	
93	Stereo-Kopfhörer	
90	schwerer LKW	
85	Drehbank	Lärmbereich B mögliche Lärmbelästigung
80	verkehrsreiche Straße	
70	Büroraum mit 50 Personen	
60	Gespräch (1 m Entfernung)	
50	leises Gespräch	
40	leise Musik	Lärmbereich A sichere Zone
30	flüstern (1 m Entfernung)	
20	Tritte auf Teppichboden	
15	<i>Hörbarkeitsgenze bei den meisten Menschen</i>	
10	raschelndes Blatt	
0	absolute Hörschwelle	

Abb. 15: Lärmtabelle

Man kann Lärm in folgende Kategorien einteilen:

- ▶ **Arbeitslärm:** Jeglicher Lärm der während der Arbeitszeit anfällt. Der neue Grenzwert, der seit Februar 2006 gilt, beträgt 87 dB_A bzw. der Spitzenpegel 140 dB_A, der nicht überschritten werden darf.
- ▶ **Verkehrslärm:** Lärm der durch Verkehr aller Art anfällt (Straßenverkehrslärm, Flugzeuge, Züge, etc.), aber auch auf Parkplätzen.
- ▶ **Industrie- und Gewerbelärm:** Lärm der durch Industriebetriebe, Handwerksbetriebe oder Gaststätten entsteht, aber auch der Lärm der durch Discos oder andere Veranstaltungen entsteht, die gewerblich betrieben werden, zählt dazu.
- ▶ **Baulärm:** Lärm der durch gewerbliche Baustellen entsteht, auch wenn diese in privaten Anlagen (von einer Firma) durchgeführt werden.
- ▶ **Nachbarschaftslärm (oder Wohnlärm):** Alle Geräusche die von privaten Personen in der Nachbarwohnung oder im Garten verursacht werden (Parties, Musik hören, Fernsehen, Staub saugen, etc.).
- ▶ **Freizeitlärm:** Lärm der an Freizeitanlagen entsteht (Spielplätzen, Hallenbäder, Sportplätzen, etc.).

4. Auswirkungen von Lärm auf den Menschen

4.1. Überblick

Die Auswirkungen von Lärm auf unseren Körper sind sehr weitreichend – auf das Hörorgan (z.B. Lärmschwerhörigkeit (Hyperakusis) oder Tinnitus) aber auch auf den Gesamtorganismus. Die Tabelle in Abbildung 16 zeigt die verschiedenen Auswirkungen beim Menschen bei unterschiedlichen Schall-druckpegel.

Die Lärmauswirkungen, die nicht das Ohr betreffen, beziehen sich auf drei Bereiche des Menschen:

- ▶ das Zentralnervensystem (Schlafstörungen, Leistungs- und Konzentrationsschwäche)
- ▶ die Psyche (Reizbarkeit, Aggressivität, etc.)
- ▶ das Vegetativum (Blutdruck, Herzschlag, Verdauung, Atmung, etc.)

In der EU fühlen sich 25 % der Menschen **durch Lärm belästigt**, 5 bis 15 % leiden dabei unter erheblichen lärmbedingten Schlafstörungen. Dies hat auch Auswirkungen auf unsere Wirtschaft: Hauspreisverfall, Arztkosten, Flächennutzungsmöglichkeiten, Arbeitszeit, etc.. In der EU liegt der jährliche volkswirtschaftliche Schaden bei 13-38 Milliarden Euro! Die Experten des Vereins Deutscher Ingenieure schätzen, dass akustische

Auswirkungen von Lärm auf den Menschen bei unterschiedlichen Schalldruckpegel

bei 0 dB	Einsamkeitsgefühl, Angst
bei 10 dB	Erholung und Ausruhen, Gemütlichkeit, Geborgenheit, Arbeit: hohe Konzentration möglich
bei 20-30 db	kann aktivierend wirken
bei 30-65 dB	Gefühl der Belästigung, bei älteren Menschen Schlafstörungen, ab 50 dB geistige Arbeit schwer möglich, körperliche Arbeit möglich
bei 65-90 dB	Beeinträchtigung der Gesundheit, ab 80 dB bei der Arbeit Gehörschutz notwendig
bei 90-120 dB	Angstgefühl, Gefahr von dauernden Gesundheitsschäden, insbesondere Lärmschwerhörigkeit, unbedingt Gehörschutz verwenden!

Abb. 16: Auswirkungen von Lärm auf den Menschen

und visuelle Störungen die Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern um 20 bis 30 Prozent senken.

Die subjektive Störung durch Lärm hängt ab von:

- ▶ Stärke
- ▶ Dauer
- ▶ Häufigkeit und Tageszeit des Auftretens
- ▶ Frequenzzusammensetzung
- ▶ Auffälligkeit
- ▶ Ortsüblichkeit
- ▶ Art und Betriebsweise des Geräusches
- ▶ Gesundheitszustand (physisch, psychisch)
- ▶ Tätigkeit während der Geräuscheinwirkung
- ▶ Gewöhnung
- ▶ Einstellung zum Geräusch
- ▶ der Gleichmäßigkeit des Geräusches (gleichmäßig oder Impulslärm)
- ▶ Informationsgehalt

In der allgemeinen Arbeitnehmerschutzverordnung sind folgende **Grenzwerte der Lärmexposition** für unterschiedliche Tätigkeiten angeführt:

- ▶ 50 dB_A bei überwiegend geistigen Tätigkeiten
- ▶ 70 dB_A bei einfachen Bürotätigkeiten (mechanisierte Arbeiten)
- ▶ 80 dB_A für alle übrigen Tätigkeiten

Der Grenzwert bei **Veranstaltungen im Publikumsbereich** liegt bei 93 dB, wird dieser überschritten, muss ein Hinweis an das Publikum wegen möglicher Gesundheitsgefährdung erfolgen.

Kommunikation bei unterschiedlich lauten Umgebungsgeräuschen ist bei einem Abstand zwischen Sprecher und Hörer von 1 m bei folgenden durchschnittlichen Schallpegel möglich:

- bei ca. 35 dB ▶ ungestörte Kommunikation
- bis zu 45 dB ▶ noch ausreichende Verständlichkeit
- bis zu 65 dB ▶ mit lauterer Stimme ausreichende Verständlichkeit

4.2. Lärm als Stressfaktor

Unter Lärmeinfluss wird der Ausstoß von den Stresshormonen Adrenalin und Noradrenalin erhöht. Diese bewirken:

- ▶ Erhöhung der Herzfrequenz und des Blutdruckes
- ▶ Erhöhung des Blutzuckerspiegels
- ▶ Erhöhung des Gesamtcholesterins
- ▶ Schlafstörungen wie erschwertes Einschlafen, mehrmaliges Aufwachen oder schlechtere Schlafqualität
- ▶ Kommunikationsstörungen
- ▶ Konzentrationsschwierigkeiten
- ▶ Minderung des psychischen und sozialen Wohlbefindens
- ▶ Leistungsminderung
- ▶ weiters: Depressionen, Ängste, Magengeschwüre, Verdauungsstörungen, usw.

Diese Aufzählung zeigt, welche Auswirkungen Lärm haben kann, vor allem wenn man ihm über einen längeren Zeitraum ausgesetzt ist.

4.3. Hörschäden

Werden die **Hörzellen durch hohe Schallpegel (ab 85 dB) mechanisch** überbeansprucht, nehmen sie Schaden; sie „fallen regelrecht um“. Auch brechen die Sinneshärchen (Zilien) ab. Bei höheren Werten (110-120 dB) können sie auch schon nach kurzer Zeit absterben und stehen damit nicht mehr zur Verfügung.

Ein weiterer Grund für Hörschäden liegt in der **Durchblutung**: Wie alle Organe unseres Körpers ermüden auch die Zilien bei starker Beanspruchung; diese Erschöpfung kommt dadurch zustande, dass der Sauerstoffverbrauch der Hörsinneszellen größer ist als der Sauerstofftransport durch das Blut.

Die Ermüdung durch starken Lärm bewirkt, dass die Zilien nicht mehr so empfindlich sind; sie senden erst bei stärkerem Reiz ein elektrisches Signal. Die Hörschwelle für einzelne Frequenzen wird angehoben und das Hörvermögen verschlechtert sich, das heißt, ein Ton muss entsprechend lauter sein, um gehört zu werden.

Die Haarzellen können sich aber erholen, das Hörvermögen bildet sich in einer lärmfreien Zeit mehr oder weniger vollständig zurück; die Hörschwellenverschiebung war also zunächst nur vorübergehend. Wir sprechen dann von einer „**zeitweiligen Hörschwellenverschie-**

„**Temporäre Hörschwel- lensehiebung**“ (TTS - temporary threshold shift). Tritt nun eine neue Lärmbelastung auf, ehe die alte TTS vollständig abgeklungen ist, so addieren sich die Einwirkungen. Es ergibt sich eine höhere TTS. Hörzellen, die häufig überbelastet werden (ab 85 dB), gehen zugrunde, das heißt, sie erholen sich immer weniger und viele sterben ab; es entsteht schließlich eine „**bleibende Hörschwel- lensehiebung**“ (PTS - permanent threshold shift). Diese kann sich sogar bis zu fünf Jahre nach der Lärmeinwirkung immer wieder verschlechtern (ohne zusätzliche Lärmeinwirkung). Dies ist der eigentliche Hörschaden, der medizinisch derzeit nicht heilbar und daher irreparabel ist!

Neben den Hörschwel- lensehiebung- en kann es bei einem **Knalltrauma** oder **Explosionstrauma** bei einem Pegel > 140 dB zu Schädigungen des Mittel- und Innenohres kommen, die auch zu einer Dauerschädigung führen können.

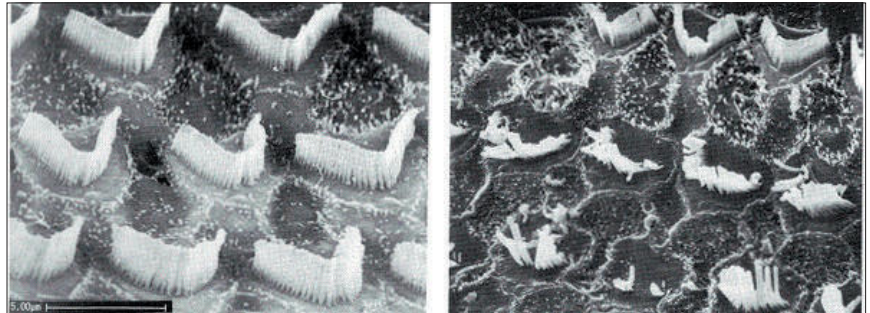


Abb. 17: intakte und geschädigte Sinnes- härchen (Zilien)

Bei 6 % der Lärmschwerhörigen tritt ein **Tinnitus- Ohrgeräusch** auf. Dies ist meist ein Sausen, Piepsen oder Summen, das von der betroffenen Person ständig gehört wird. Ursachen dafür sind Lärmschäden, Hörstürze, Drehschwindel oder auch einfach „nur“ Stress. Im Akutfall ist sofort der Arzt aufzusuchen, da dieses Symptom nur frühzeitig behandelbar ist. Dauert dieses Geräusch in den Ohren aber schon einige Wochen an, so wird dieser Mensch wahrscheinlich sein weiteres Leben damit zurechtkommen müssen, die Chancen einer Heilung sind dann sehr gering.

Bei der **Schalleitungsschwerhörigkeit** werden die Schallwellen im Außen- oder Mittelohr aufgehalten und können das unbeschädigte Innenohr nicht erreichen. Die betroffenen Personen hören meist alles etwas leiser. Diese Schwerhörigkeit kann z. T. medikamentös (bei Mittelohrentzündung) bzw. chirurgisch behandelt werden. Ohne Behandlung kann die Schalleitungsschwerhörigkeit aber zu dauerhaften Schäden im Ohr führen. Ursachen sind meist eine Mittelohrentzündung (bei Kindern) oder bei Erwachsenen eine Otosklerose.

Bei der **Innenohrschwerhörigkeit**, die 90 % der Hörprobleme bei Erwachsenen verursacht, sind die Zilien im Innenohr beschädigt und können deshalb Geräusche nicht mehr so klar differenzieren. Dieser Vorgang ist unumkehrbar und die Behandlung erfolgt nur mit einem Hörsystem. Die häufigste Ursache ist eine dauerhafte, zu laute Lärmeinwirkung auf das Ohr.



Test dafür bei Experiment Nr. 43

Ursache für Hörschäden:

- ▶ zu starker und/oder zu langandauernder Lärm
- ▶ Impulslärm: Explosionen, Schläge, etc. können in kürzester Zeit ein „akustisches Trauma“ verursachen
- ▶ Schläge gegen die Schläfen: harte Schläge gegen das Schläfenbein können das Innenohr erschüttern und ähnlich wie Lärm die Sinnes- härchen zerstören; Brüchen oder Rissen im Innenohr kann lebenslange Taubheit folgen
- ▶ Vibrationen: ständige Vibrationen (Erschütterungen) können das Gehör mehr schädigen, als von der Lärmentwicklung her vermutet wird (z.B. bei Fischern: Motorlärm und ständiges Vibrieren am Schiff)
- ▶ Hörsturz: plötzlich extreme Belastungen (Explosionen, Tiefflieger, Feuerwerkskörper, Live-Konzerte) oder Stress können einen Hörsturz bewirken. Hauptursache ist akuter Sauerstoffmangel im Innenohr durch mangelnde Durchblutung (ähnlich bei Herzinfarkt oder Hirnschlag)

Der Grad einer Hörschädigung ist abhängig von:

- ▶ Dauer der Exposition („Zeit des Einwirkens“)
- ▶ Intensität des Lärms (und des Frequenzspektrums)
- ▶ Dauer der Lärmpausen

Lärmäquivalente zeigen sehr schön, dass es nicht nur wichtig ist, sich keinem allzu lauten Schall auszusetzen. Auch die Dauer der Exposition spielt eine wichtige Rolle.

Lärmäquivalente zu 80 dB in 8 Stunden sind:

Flex	95 dB	▶ 48 Minuten
Kreissäge	100 dB	▶ 15 Minuten
Motorkettensäge	105 dB	▶ 4 Minuten

Eine Einwirkung dieser drei Lärmquellen während der angegebenen Zeiträume hat die gleiche Auswirkung auf das Gehör!

4.4. Jugendliche und Lärm

Anbei eine Auflistung von Lärmquellen und deren Schallpegel:

Rockkonzerte und Discos	bis 120 dB _A
Stereo Kopfhörer (komfortabel)	93 dB _A
Motorrad 100-140 km/h	100-120 dB _A
Knallkörper in 2 m Abstand	131-166 dB _A

Schalldruckpegel einer großen Disco:

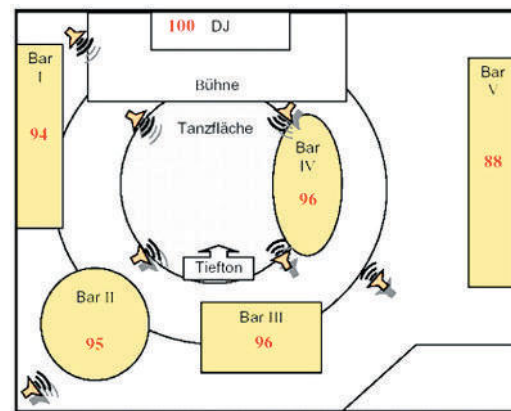


Abb. 19: Skizze von Schalldruckpegeln einer Disco

Eine Umfrage unter 1.100 SchülerInnen in der Steiermark hat ergeben, dass 72 % einen MP3-Player besitzen und sich auch teilweise schon während der Pausen wegstöpseln. Oft ist die eingestellte Lautstärke viel zu hoch.

Im Weiteren hat man herausgefunden, dass Schulen grundsätzlich ein gravierendes Lärmproblem haben: 34 % der SchülerInnen fällt es oft bzw. sehr oft schwer dem Unterricht auf Grund von zu viel Lärm zu folgen und 36 % haben hin und wieder Schwierigkeiten. Dabei wird der störende Lärm oft von ihnen selbst erzeugt und damit gibt es ein ganz großes Potential an Verbesserungsmöglichkeiten, durch eine Sensibilisierung der SchülerInnen zum Thema Lärm.

Aber nicht nur in der Schule sind Jugendliche oft zu viel Lärm ausgesetzt, vor allem bei Konzerten oder Disco-Besuchen, werden Spitzenwerte von bis zu 120 dB erreicht. Dies kann, vor allem bei längerem, durchgehendem Konsum zu Schäden im Ohr führen und bei einigen Jugendlichen hört dieses Piepsen im Ohr auch nicht nach ein paar Stunden auf, sondern bleibt ihnen das ganze Leben erhalten!

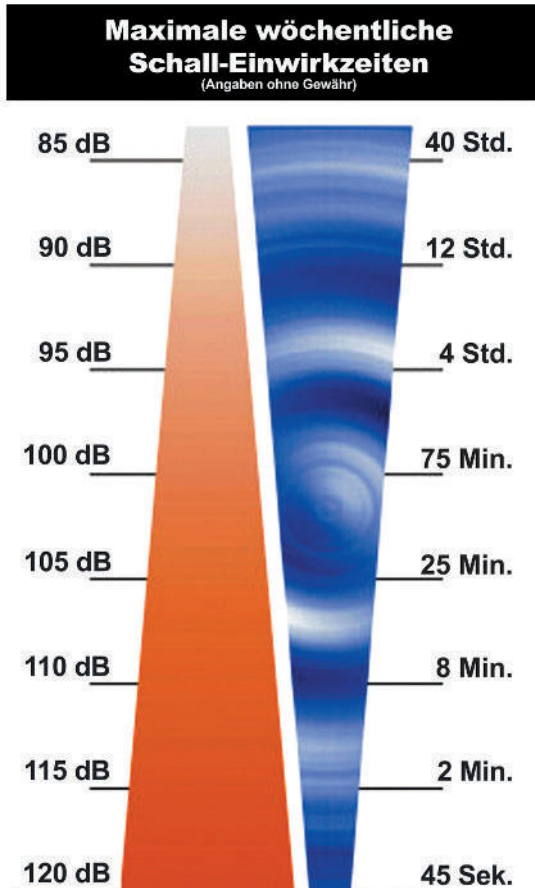


Abb. 18: Lärmäquivalenzen

5. Messung von Schall und Lärm

Lärm kann nicht gemessen werden, da er subjektiv ist und jeder Mensch anders bewertet. Was gemessen werden kann ist der Schalldruckpegel.

Bei der Messung selbst sollten bestimmte Punkte beachtet werden, um **brauchbare Ergebnisse** zu bekommen:

- ▶ es sollte ca. 1,3-1,5 m über dem Boden gemessen werden
- ▶ der Schallpegelmesser sollte in einem bestimmten Abstand von Häusern, Wänden oder Fassaden aufgestellt werden, um mögliche Reflexionen während der Messung zu minimieren
- ▶ die Windgeschwindigkeit sollte weniger als 5 m/s betragen, sonst den Windschutz vor den Sensor geben
- ▶ der Schallpegelmesser sollte möglichst bei trockenem Wetter und in Betrieben bei trockenen Bedingungen verwendet werden
- ▶ alle erkennbaren Messbedingungen im Umfeld sollen dokumentiert werden: Zeit, Beschreibung des Ortes, Art des Bodens, Beschreibung der Schallquelle(n), Anzahl der Messungen, Windstärke, Temperatur, etc.

Es gibt **unterschiedliche Arten von Lärmquellen**:

- ▶ **Punktquellen** – der Abstand zwischen Schallquelle und Zuhörer ist gering, die Schallenergie breitet sich kugelförmig aus, der Schalldruckpegel ist an allen Punkten mit demselben Abstand zur Schallquelle gleich groß
- ▶ **Linienquellen** – die Schallquelle ist in einer Richtung schmal und in der anderen lang, verglichen mit dem Abstand vom Zuhörer (z.B. eine Straße), der Schallpegel breitet sich zylindrisch aus, so dass der Schalldruck an allen Punkten mit demselben Abstand von der Linie gleich ist

Wie schon erwähnt, wird die Ausbreitung von Schall von vielen Faktoren beeinflusst: Schallquellentyp (Punkt oder Linie), Abstand von der Quelle, atmosphärische Absorption, Wind, Temperatur und Temperaturänderung, Hindernisse wie Lärmschutzwände und Gebäude, Bodenabsorption, Feuchte, Niederschlag, etc. Dies beeinflusst natürlich auch die Messung von Schall – der Standort muss sorgfältig gewählt und an die Umgebung angepasst werden.

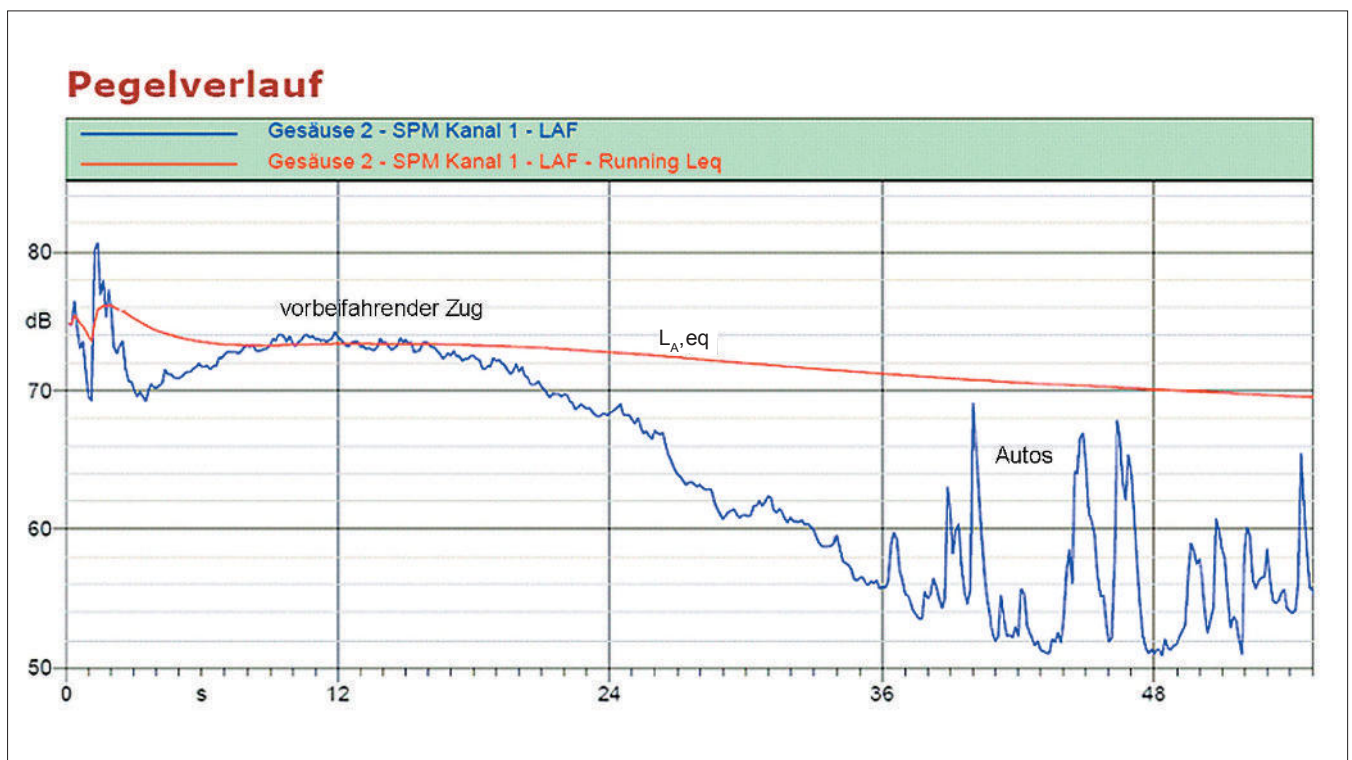


Abb. 20: Diagramm einer Schalldruckpegelmessung

Folgende **Schallpegel** sind wichtige Ergebnisse von Messungen, die auch für Vergleiche und weitere Auswertungen von Bedeutung sind:

- ▶ Energieäquivalenter Dauerschallpegel ($L_{A,eq}$) – ein gesamtes Schallereignis mit schwankendem Pegel wird durch den A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel beschrieben, dieser ist gleichbedeutend mit dem Schallpegel der bei ununterbrochener Andauer den gleichen Energieinhalt aufweist wie das Ereignis mit schwankendem Schallpegel und gleicher Dauer
- ▶ Basispegel ($L_{A,95}$) – in 95 % der Messzeit überschrittener A-bewerteter Schalldruckpegel einer Messung, Bereich der geringsten vorkommenden Schallpegel
- ▶ Mittlerer Spitzenpegel ($L_{A,1}$) – in 1 % der Messzeit überschrittener A-bewerteter Schalldruckpegel, Bereich der „mittleren“ Schallpegelspitzen
- ▶ Maximalpegel ($L_{A,max}$) – der höchste, während der Messzeit auftretende, A-bewertete Schalldruckpegel
- ▶ Minimalpegel ($L_{A,min}$) – der niedrigste, während der Messzeit auftretende, A-bewertete Schalldruckpegel

Mittlerweile ist es schon möglich, Berechnungen von Schallpegel mit dem Computer durchzuführen. Dies ist vor allem nötig, wenn der zu messende Pegel durch starke Hintergrundgeräusche nicht zu trennen ist (Industrielärm an einer stark befahrenen Straße), der Zugang zum Messort begrenzt ist, zukünftige Schallpegel vorausgesagt oder alternative Szenarien analysiert werden sollen.

Für die Berechnung braucht man Quellenmodelle (Straßen-, Schienen- oder Industrielärm, sonstiger Lärm), die Informationen über die Straße/Schiene geben, den Belag, den Verkehrsfluss, etc. Die Algorithmen für die Berechnungen beruhen auf einem zweiteiligen Modell – in einem Teil wird die Schallquelle modelliert und im anderen die Ausbreitung von einem Bezugspunkt zum gewünschten Punkt berechnet, um Schallpegel an diesem Punkt zu ermitteln.

6. Lärmvermeidung

Ein weiterer Anwendungsbereich der Berechnung von Schallpegel mittels Computer sind Lärmkonturkarten. Darauf ist zu erkennen, welcher Schallpegel wo zu finden ist. Damit können auch sehr gut Lärmschutzwände geplant werden. Diese zählen zum aktiven Lärmschutz (im Gegensatz zum passiven Lärmschutz wie z.B. Schallschutzfenster), werden vor allem an Straßen oder Schienen errichtet und können zu einer Verminderung des Dauerschallpegels von ca. 10-15 dB führen. Die genauen Verminderungen an einem speziellen Ort hängen, wie schon bei der Schallausbreitung erwähnt, von sehr vielen Faktoren ab.

Der wichtigste Grundsatz des Lärmschutzes ist: Vermeiden vor Vermindern, Vermindern vor Entschädigen!

Lärm geht seinen Weg von der Schallquelle über einen von der Umgebung bestimmten Übertragungsweg bis zum Immitenten. Für die Lärmverminderung kann in allen drei Bereichen angesetzt werden, um eine Verbesserung zu erzielen. Sowohl an der Schallquelle als auch am Weg des Schalls und beim vom Lärm betroffenen Menschen kann man Maßnahmen setzen, um Lärm zu verringern (besserer Bodenbelag oder lärmarme Reifen, Lärmschutzwände, Schallschutzfenster). Je nachdem wo man den Schallschutz ansetzt, verringert er den Lärm für unterschiedlich viele Menschen.

Vermeidung durch gesetzliche Maßnahmen

- ▶ Planungsrichtwerte gesetzlich verankern
- ▶ gesetzlich festgelegte Ruhezeiten bekannt machen
- ▶ eigene Lärminderungspläne aufstellen für Büros und Lokale, eigene Ruhezeiten (Wohngebiete) und eigene Erholungszonen (Parks)
- ▶ lärmgeplagte Wohngebiete zu Problemzonen erklären
- ▶ Koordination bei Grabungsarbeiten (zeitliche Abstimmung durch Post, Kanalbauamt, Energie- und Wasserversorgungsunternehmen)

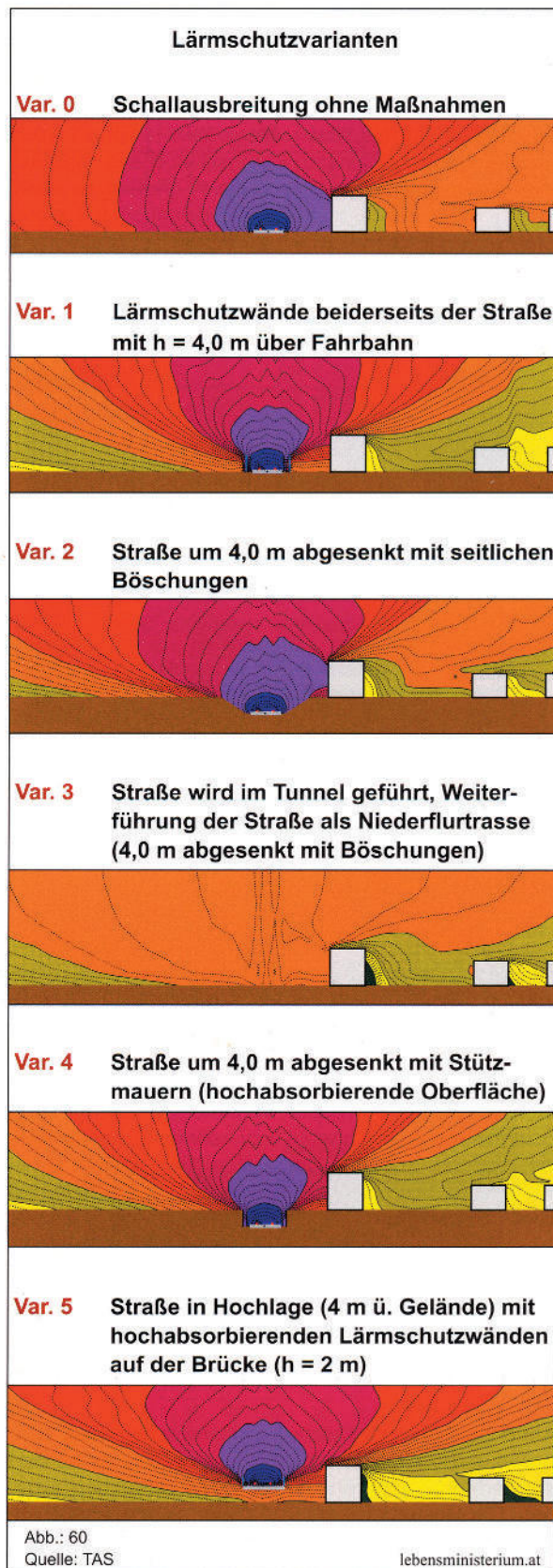


Abb. 21: Lärmschutzvarianten und ihre Auswirkungen

Vermeidung durch technische und praktische Maßnahmen

- ▶ Lärmschutzwände errichten
- ▶ Lärmschutzfenster einbauen
- ▶ Auto- und Motorradauspuff öfter überprüfen
- ▶ Autoreifen verwenden, die lärmarm und Kraftstoff schonend sind
- ▶ Mit dem Auto niedertourig fahren und auf eine ausgeglichene Fahrweise achten – Vermindert nicht nur Lärm sondern spart auch Spritkosten
- ▶ Wände und Böden mit richtiger Luft- und Trittschalldämmung ausführen
- ▶ Bei Neuanschaffung geräuscharme Geräte kaufen, bei Waschmaschinen beispielsweise steht der dB_A Wert auf dem Energie-Label
- ▶ Teppiche oder textile Fußböden verbessern die Trittschalldämmung
- ▶ Fenster auf lärmabgewandter Seite zum Lüften öffnen
- ▶ Schlafzimmer auf der lärmabgewandten Seite planen bzw. errichten

Vermeidung durch soziale Maßnahmen

- ▶ Seinen selbst produzierten Lärm nicht zu gering einschätzen
- ▶ Nacht- und Ruhezeiten einhalten oder im Zweifelsfall den Nachbarn über lärmende Tätigkeiten innerhalb dieser Zeiträume informieren
- ▶ Feste oder bauliche Maßnahmen bei Nachbarn und Anrainern rechtzeitig ankündigen
- ▶ Unter Musikanlagen können schwingungsdämpfende Elemente geschoben werden, um das Brummen an den Wänden des Nachbarn zu vermeiden
- ▶ Kein lärmendes Schuhwerk tragen (z.B. Schuhe mit Absatz)
- ▶ Lärmintensive Elektrogeräte überprüfen bzw. richten lassen
- ▶ Hunde nicht alleine in der Wohnung zurücklassen und nicht vor 7 Uhr bzw. nach 22 Uhr ins Freie lassen
- ▶ Radio und Fernsehen auf Zimmerlautstärke schalten und im Zimmer richtig positionieren (die Geräte sollen dort am lautesten sein, wo man sich häufig aufhält, z.B. Sofa)

6.1. Tipps fürs gute Hören

Wie kannst du zukünftig eine lärmbedingte Gehörbeeinträchtigung bzw. Gehörschädigung verhindern?

- ▶ Schreie niemandem ins Ohr!
- ▶ Vorsicht mit Kopfhörern von MP3-Playern, aber auch bei Computerspielen! Bei maximaler Lautstärke können vor allem ältere Geräte dein Gehör schädigen. Stelle solche Geräte so ein, dass sie von deiner unmittelbaren Umgebung kaum gehört werden bzw. verwende neue schallpegelbegrenzte Geräte.
- ▶ Wenn Du in die Disco gehst, dann gehe nach zwei Stunden für mindestens 15 Minuten in eine ruhigere Umgebung, damit sich dein Gehör etwas erholen kann! Diese Pausen sind sehr wichtig und können vielen Problemen vorbeugen. Nimm Ohrstöpsel mit (es gibt auch Modelle die man kaum sieht, und sie kosten wenig) und getraue dich ruhig sie bei extremer Lautstärke auch zu verwenden!
- ▶ Vermeide die lauteste Disco!
- ▶ Stehe so selten wie möglich gleich neben den Lautsprechern (Disco, Rockkonzerte, Raves, Clubbings, etc.), dort ist es am lautesten – das kann besonders schlimme Folgen für dein Ohr haben! Wenn du einmal die Bässe so richtig fühlen willst, dann schone deine Ohren mit Gehörschützern (Ohrstöpseln).
- ▶ Feuerwerkskörper nie in der Nähe von Menschen zünden oder gar in eine Menschenansammlung hineinwerfen, dies kann ein Knalltrauma verursachen und zu dauerhaften Schäden führen!
- ▶ Für Band- bzw. Orchesterspieler: es gibt spezielle Gehörschützer für Musiker. Erkundige dich danach in deinem Musikfachgeschäft oder im Internet (z.B. www.meineohren.de, www.sonicshop.de)!

Wann sollst du den Ohrenarzt aufsuchen?

- ▶ Wenn du plötzlich auf einem oder beiden Ohren wesentlich schlechter als sonst oder gar nichts mehr hörst. Eine Verbesserung ist am ehesten erreichbar, wenn du noch am selben Tag einen Ohrenarzt aufsuchst.
- ▶ Wenn du Ohrgeräusche (Rauschen, Summen, Pfeifen, etc.) wahrnimmst.

- ▶ Wenn du schlechter bzw. undeutlich hörst – z.B. wenn du beim Telefonieren Hörprobleme hast oder den Fernseher lauter stellst als es andere Personen tun.
- ▶ Wenn dir die Ohren wehtun.
- ▶ Wenn du andere öfter bitten musst, das Gesagte zu wiederholen.
- ▶ Wenn dir Gespräche mit vielen Menschen schwer fallen bzw. es schwierig ist mit lauterem Hintergrundgeräuschen einem Gespräch zu folgen.
- ▶ Wenn dein Hörtest (Audiogramm) eine Hörverminderung zeigt.

Wenn du in einer Band bzw. in einem Orchester spielst – lasse deine Ohren regelmäßig überprüfen!

Es gibt auch Hörtests im Internet, wo man sich ein ungefähres Bild von seiner Gehörleistung machen kann bzw. auch viele nützliche Informationen findet. Eine Liste von einigen dafür geeigneten Seiten im Internet, befindet sich im Anhang.

7. Gehör – Schall – Musik

7.1. Sinnesorgan Ohr

Nicht das Auge, sondern das Ohr ist das sensibelste Sinnesorgan des Menschen. Es ist das wichtigste Warnsystem und 100 mal empfindlicher als das Auge. Wäre das Ohr nur ein wenig empfindlicher, würden wir nicht nur die Luftdruckschwankungen von Schallwellen wahrnehmen, sondern auch die ungeordneten Wärmebewegungen der Luftmoleküle „im Ohr haben“.

Würde nichts ihn stören oder überdecken, könnten wir einen Ton von 1 Watt Schallleistung noch aus über 500 km Entfernung hören.

Doch sensibel sind unsere Ohren nicht nur hinsichtlich der Stärke des Reizes. Außerordentlich fein ist vor allem ihr Unterscheidungsvermögen – die Differenzierung:

- ▶ von Schallstärken bis zu einem Viertel Dezibel
- ▶ von Tonhöhen bis zum Fünfzigstel eines Halbtons
- ▶ von Richtungen der Schallquelle bis zu drei

Winkelgrad

- ▶ vom zeitlichen Eintreffen des Schallsignals (30 Millisekunden sind unterscheidbar)
- ▶ von Klangfarben d.h. dem Zusammenspiel von Grund- und Obertönen, u.a.m.

Das alles ist kennzeichnend für die außerordentliche Leistungsfähigkeit des menschlichen Gehörs. Unser Hörbereich umfasst Schallpegel von 0 dB bis 130 dB (Hörschwelle bis Schmerzgrenze) und Tonhöhen von 20 Hz bis 20.000 Hz. Der Schallpegel eines großen Orchesters kann zwischen 40 dB und 100 dB schwanken, wobei das Pianissimo von 40 dB durch das „Ruhegeräusch“ des mit Hörern besetzten Konzertsaals vorgegeben ist.

7.2. Musikwiedergabe

Instrumentenklänge setzen sich aus Grund- und Obertönen zusammen. Jedes Instrument erzeugt zusätzlich zu den Grundschwingungen, die als Tonhöhe wahrgenommen werden, bestimmte Spektren von Obertönen – das sind ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz, die das ausmachen, was man eine Klangfarbe nennt. Die Grundtöne unserer Musikinstrumente reichen in die Höhe bis etwa 4.000 Hz, ihre Obertöne bis an die Grenze des menschlichen Hörbereichs von etwa 20.000 Hz.

Doch Musik besteht nicht aus Dauertönen gleichbleibender Art und Stärke, sondern ist immer ein komplexes Geflecht aus aufeinanderfolgenden Impulsen. Instrumente setzen ein und aus, wechseln die Tonhöhe, verändern die Lautstärke. Kennzeichnend für ihren Klang ist dabei nicht nur ihr Spektrum aus Grund- und Obertönen, sondern auch die Art, wie ihre Stimmen einsetzen (Klangaufbau) und ausklingen, was bei den Instrumenten sehr unterschiedlich ist.

Stereoanlagen müssen deshalb im Übertragungsbereich das ganze Frequenzspektrum des menschlichen Ohrs abdecken und auch in der Lage sein, sehr schnell jede Art von Impuls wiederzugeben.

8. Musikalische Aspekte der Akustik

Das Wort Akustik stammt aus dem Griechischen – akoustikós und bedeutet „das Gehör betreffend“. Die Akustik ist die Wissenschaft vom Schall, seiner Erzeugung, Ausbreitung und Wahrnehmung sowie seinen Wirkungen (mechanische Schwingungen und Wellen in elastischen Medien).

Instrumentale Klänge setzen sich aus Grund- und Teiltönen zusammen. Jeder periodische Schall erzeugt zusätzlich zu den Grundschwingungen, die als Tonhöhe wahrgenommen werden, bestimmte Spektren von Teiltönen (das sind ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz), die das ausmachen, was man Klangfarbe nennt.

Diese Teiltöne können, ähnlich der Spektralanalyse des Lichtes (Aufspaltung in die Farben des Regenbogens durch Prismenbrechung) mittels Sampling-Verfahren ermittelt werden – Teiltonreihe.

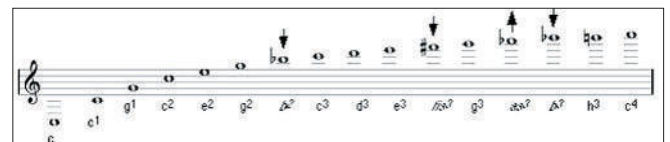


Abb. 22: Teiltonreihe

Der erste Ton ist der lauteste, der Grundton, der von den meisten Menschen auch als Ton wahrgenommen wird. Der nächste Ton hat die doppelte Frequenz, der dritte Ton die dreifache, etc. Alle Töne außer dem ersten sind Obertöne und verschmelzen miteinander. Jedes Instrument gibt die Obertöne in einer unterschiedlichen Lautstärke wieder und dadurch werden diese auch unterscheidbar.

Die Töne mit dem Pfeil darüber sind etwas über oder unter dem angezeigten Ton.

Je nach Stärke der einzelnen Teilton-Frequenzen ergibt sich ein „Rezept“ für die Klangfarbe des Spektrums.

Die menschliche Stimme erzeugt im Kehlkopf einen Grundton und zahlreiche Obertöne. Diese werden am Weg zur Mundöffnung durch Resonanz relativ gegenüber den Teiltönen verstärkt oder gedämpft. Der Formantbereich befindet sich dort, wo eine maximale Verstärkung stattfindet. Unsere

Stimme aber auch Instrumente besitzen mehrere Formantbereiche, die nicht direkt aneinander anschließen. Lage und Ausprägung dieser Bereiche prägen die Klangfarbe der Stimme (jeder Mensch klingt anders), aber auch die Bedeutung bestimmter Laute.

Übrigens: Beim „Oberton-Singen“ versucht der Interpret, einzelne Teiltöne zu begünstigen, die dadurch hervorgehoben werden.

Eine eingeschränkte Hörfähigkeit bezüglich Tonhöhe wirkt sich daher negativ auf die Klangfarben - Unterscheidung aus, bzw. wenn der Formantbereich betroffen ist, auch auf das Erkennen (und die Eigenkontrolle) der Vokale (Sprachverständlichkeit).

- ▶ Besonders in Bezug auf Musik merkt man, wie subjektiv Lautstärke empfunden wird: Was für einen Lärm (unerwünschter Schall) ist, kann für den anderen Genuss bedeuten: Hardrock, Trash, Metal, ... „kann man nur laut hören!“
- ▶ Dazu im Zusammenhang eine interessante Erkenntnis aus der Wahrnehmungspsychologie: ab ca. 60 dB_A erreicht eine akustische Information das Unterbewusstsein direkt, ohne durch die bewusste Wahrnehmung gefiltert zu sein; das bedeutet z.B. dass bei einem Streit mit Anschreien versucht wird, logische Argumente zu umgehen.

Eine Möglichkeit, um die SchülerInnen zum Thema Musik im Alltag zu sensibilisieren, ist folgende Hausaufgabe:

Die SchülerInnen sollen einen ganzen Tag lang ihre Erlebnisse mit Musikschaall dokumentieren. Beim Aufstehen der Radiowecker, beim Einkaufen von den Lautsprechern, die Schwester die Klavier spielt oder der Fernseher der zum Einschlafen Musikvideos zeigt. Es wird im Protokoll die Uhrzeit, Art der Musik (Pop, Heavy Metal), Quelle der Musik (Schwester, Nachbarn, Lautsprecher beim Einkaufen), Dauer, Lautstärke und Eindrücke und Gefühle dabei notiert. Die SchülerInnen sollen dies aufgeteilt machen, einige unter der Woche, andere am Wochenende. Nachdem alle die Hausaufgabe gemacht haben, wird das Ergebnis besprochen (wie oft eigen- oder fremderzeugt, Auswirkungen von Lautstärke, Musikart auf Tätigkeiten, Befinden von Anderen, etc.).



„Warum erzählen sie MIR, dass sie nicht schlafen können? Ich bin Musiker und kein Arzt.“



„Ihr Fernseher ist zu laut – ich möchte ihn richten.“

Ohr-Staunliches

- ▶ Der Hauptverursacher von Lärmstörungen ist der **Verkehrslärm** mit einem Anteil von über zwei Drittel. Im Jahr 2007 fühlten sich 38,9 % der ÖsterreicherInnen in ihrer Wohnung durch Lärm belästigt, 2003 waren es „nur“ 29,1 %.
- ▶ **Evolutionär** betrachtet sind die Auswirkungen von Lärm im Körper ein Überbleibsel. Damals notwendig, um schnell vor Tigern oder ähnlichen Tieren flüchten zu können, löst es heute, in unserer lauten Gesellschaft, unnötigen Stress aus.
- ▶ Lärm ist die **häufigste Berufskrankheit** geworden und neben dem Rauchen das zweitgrößte Risiko für **Herzerkrankungen**.
- ▶ Etwa 25 % aller Jugendlichen leiden unter irreversiblen Lärmhörschäden. Ungefähr ein Drittel der Jugendlichen wird mit 50 Jahren ein Hörgerät benötigen.

- ▶ Der **Steigbügel** ist der kleinste Knochen im Körper. Er ist etwa so groß wie ein halbes Reiskorn.
- ▶ Die **Zilien** (Sinneshärchen in der Schnecke) sind ca. 20-mal dünner als ein Kopfhaar.
- ▶ Die **Schnecke** ist ungefähr so groß wie eine Erbse.
- ▶ Das **Trommelfell** ist ca. so groß wie der Fingernagel des kleinen Fingers.
- ▶ Wir hören einen **Schalldruckbereich** (dB-Skala) von 1:1.000.000. Auf eine Waage umgedacht wäre das 1 Milligramm (Feder) zu 1.000 Tonnen (Jumbojet), oder auf die Länge umgelegt 1 cm zu 1.000 m.

- Die **ARGE Zuhören** hat **Online-Befragungen mit SchülerInnen und LehrerInnen zum Thema Lärm in der Schule** durchgeführt und folgende Ergebnisse veröffentlicht:
- ▶ 54 % der befragten LehrerInnen sind in ihrem Wohlbefinden *sehr stark* bzw. *eher stark* durch Lärm beeinträchtigt.
 - ▶ Ein Drittel der Befragten gab an, dass Ihr Unterricht durch Lärm in den Klassen *eher stark* bzw. *sehr stark* beeinträchtigt ist.
 - ▶ Verglichen mit der Lärmsituation vor drei Jahren gaben 70 % der Befragten an, dass es in den Klassen *eher lauter* bzw. *viel lauter* wurde.
 - ▶ Der Lärm in den Klassen erscheint 34 % *manchmal* zu laut, 39 % *eher oft* zu laut und 19 % *sehr oft* zu laut.



Experimente – Teil A

Stationenbetrieb und Klassenarbeit

Hinweis

Im folgendem Teil der Unterrichtsmappe „Lärm macht krank!“ werden ausgewählte Experimente sehr ausführlich beschrieben. Für 12 Experimente gibt es im Koffer-Set laminierte Stationskärtchen und Stationsbeschreibungen. Die Experimente 13-17 (Experimente für die Gruppe/Klasse) sind als Overheadfolien im Anhang vorhanden.









Experimente, die auch in der Volksschule gut durchgeführt werden können, sind mit dem Symbol „VS“ gekennzeichnet. Im Koffer-Set sind davon 15 Experimente als laminierte Stationskärtchen und Stationsbeschreibungen in kind-gerechter Sprache und Layout enthalten. Je nach Unterrichtsaufbau eignen sich auch noch weitere Experimente für die Volksschule.



Ausgewählte Experimente – Teil A


Experimente für den Stationenbetrieb

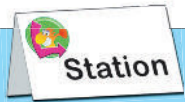


	1. Newton Pendel	30
	2. Das schwingende Lineal	31
	3. Schwingende Gläser	32
	4. Das singende Weinglas	33
	5. Wecker	34
	6. Schallkanone	35
	7. Trommelfellfunktion	36
	8. Stimmgabelexperimente	
	8a. Resonanz I	37
	8b. Resonanz II	37
	8c. Stimmgabel und Kachel I	38
	8d. Stimmgabel und Kachel II	38
	8e. Schwebung	39
	8f. Körperschall	39
	9. Richtungshören	40
	10. Schnurtelefon	41
	11. Die künstliche Glocke	42
	12. Lauschen	43

Experimente für die Gruppe/Klasse



	13. Ruß macht sichtbar	44
	14. Versuchskaninchen	45
	15. Woher?	
	15a. Woher? I	46
	15b. Woher? II	46
	16. Experimente mit der CD	
	16a. Hörtest	47
	16b. Gehörschaden Demonstration	47
	17. Konzentration und Lärm	48



benötigtes Material:

- 1 Newton Pendel oder 5 Murmeln

Durchführung:

Variante 1

Man hält die letzte Kugel des Newton Pendels weg und lässt sie in der Luft wieder los.

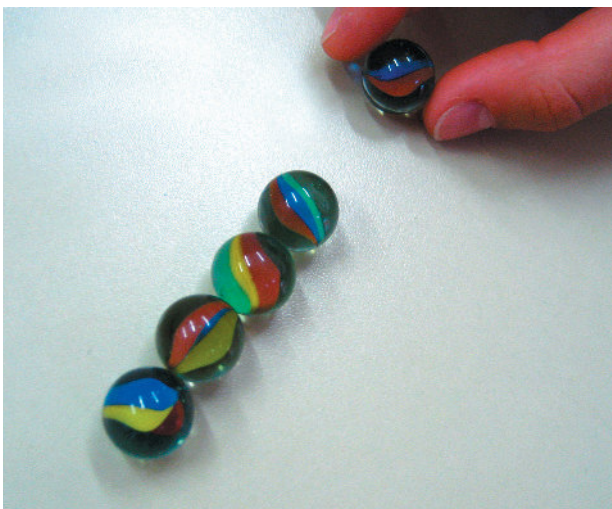
Variante 2

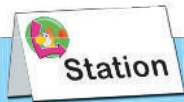
Falls das Newton Pendel nicht verfügbar ist, kann das Experiment auch mit Murmeln durchgeführt werden. Dies funktioniert allerdings meist nicht so gut wie mit dem Newton Pendel.

Man legt vier der fünf Murmeln auf einen Tisch hintereinander, so dass diese sich berühren. Dann nimmt man die fünfte Murmel, beschleunigt diese und lässt sie aber noch los, bevor sie die anderen vier Murmeln berührt (sonst rollen diese in alle möglichen Richtungen weg). Die Murmel stößt damit die hinterste der vier an.

zusätzliche Information:

Die Kugeln übergeben einen Teil ihrer Energie an den Nachbarn ab. Die letzte Kugel hat keinen Nachbarn und schwingt deswegen weg. Das Gleiche passiert bei Schallwellen. Durch einen Ton werden die winzigen Luftmoleküle, die knapp beieinander liegen, angestoßen und geben einen Teil ihrer Energie an den Nachbarn weiter. So wird Schall übertragen, ohne dass die Luftmoleküle weite Strecken zurücklegen müssen. Sie schwingen nur leicht hin und her.





Das schwingende Lineal

2

benötigtes Material:

- Lineale unterschiedlicher Länge, Form und aus unterschiedlichem Material
(*ein langes Plastiklineal lässt sich leichter in Schwingung versetzen als ein kurzes Holzlineal*)

Durchführung:

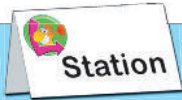
Das Lineal wird über eine Tischkante gelegt - auf der Seite, die am Tisch liegt, gut mit der Hand festhalten, auf der anderen Seite (freies Ende) das Lineal in Schwingung versetzen. Nun den Teil des Lineals, der sich in der Luft befindet, variieren: ganz lang, mittellang und ganz kurz. Jedes Mal extra neu in Schwingung versetzen oder die Länge des Lineals während der Schwingung verkürzen oder verlängern.

Der Kreativität der Musiker sind keine Grenzen gesetzt!

zusätzliche Information:

Wird das Lineal lang gelassen so entsteht ein tieferer Ton, als wenn es sehr kurz ist. Ein langes Lineal hat mehr Platz, um Schwingungen durchzuführen, als ein kurzes und damit auch eine tiefere Frequenz. Siehe auch Experiment Nr. 13 „*Ruß macht sichtbar*“, bei dem die Schwingungen tiefer und hoher Töne sichtbar gemacht werden.





Schwingende Gläser 3

benötigtes Material:

- 2 Weingläser
- 1 Stück Draht, Nadel oder Spaghetti
(ganz gerade und länger als der Durchmesser des Weinglases)
- Wasser

Durchführung:

Die zwei Weingläser werden zu zwei Drittel, genau gleich hoch (die Gläser müssen beim Anschlagen genau die gleiche Tonhöhe haben) mit Wasser gefüllt und nah nebeneinandergestellt (sie sollen sich aber nicht berühren). Auf ein Weinglas wird das Stück Draht gelegt und dann das zweite Glas durch Reiben mit einem feuchten Finger in Schwingung versetzt.

zusätzliche Information:

Die Schallwellen, die durch das Reiben bei einem Glas entstehen, übertragen sich auf die Luft und auf das zweite Glas - der Draht veranschaulicht dies in dem er vibriert. Ähnliche Experimente können auch mit den Stimmgabeln durchgeführt werden (Experiment Nr. 8).





Das singende Weinglas

4

benötigtes Material:

- 1 Weinglas
- Wasser

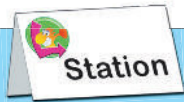
Durchführung:

Das Weinglas wird zu zwei Drittel mit Wasser gefüllt. Mit einer Hand wird das Glas festgehalten und mit einem befeuchteten Finger vorsichtig über den Glasrand gestrichen. Es kann auch mehr oder weniger Wasser ins Glas gefüllt werden.

zusätzliche Information:

Durch verschiedene Wasserhöhen entstehen unterschiedliche Töne. Wenn man genau hinschaut, kann man die Wellen erkennen, die das Glas am Wasserrand erzeugt („Tsunami im Wasserglas“). Je nach Tonhöhe sind die Wellen „näher beieinander“ (hoher Ton) oder „weiter auseinander“ (tiefer Ton).





benötigtes Material:

- ev. Topf
- Wecker
- Dämmmaterial
- Kachel
- Schallpegelmesser
- Schachtel
- Teppich

Durchführung:

Die beigelegten Batterien in die Uhr einlegen. Mit den beiden Drehknöpfen Uhrzeit und Weckzeit einstellen. Mit dem Schallpegelmessgerät wird die Lautstärke des Weckers gemessen und der Schalldruckpegel (in dB) notiert. Dabei den Abstand von Schallpegelmessgerät und Wecker immer gleich lassen! Nun wird dieser unterschiedlich gedämmt (Werte notieren!): Wecker steht auf dem Tisch ohne Dämmung, Wecker steht am Tisch mit Topf darüber, Wecker steht auf dem Teppich, Wecker steht auf der Kachel, Wecker befindet sich in der Schachtel (mit und ohne Dämmung), Wecker befindet sich in Plastik-Noppenfolie – der Kreativität sind keine Grenzen gesetzt.

zusätzliche Information:

Jeder Körper absorbiert Schall, allerdings unterschiedlich gut. Das Absorptionsvermögen weicher und poröser Körper ist besonders gut.





benötigtes Material:

- Feuerzeug
- Kerze und Kerzenständer
- Plastikflasche
- evtl. Strohhalm

Durchführung:

Die Kerze wird in den Ständer gestellt und angezündet. Mit dem Loch in der Plastikflasche wird genau auf die Flamme gezielt und auf den Boden der Flasche geklopft.

Erweiterung

Die Flasche wird, mit dem Strohhalm im Flaschenhals, mit Rauch gefüllt (etwa mit Hilfe eines Räucherstäbchens).

zusätzliche Information:

Mit dem Rauch in der Flasche kann man erkennen, dass kaum Luft aus der Flasche strömt (da kaum Rauch herausströmt). Die Kerzenflamme bewegt sich trotzdem. Durch das Klopfen entsteht eine Schallwelle, die wiederum einen gewissen Druck erzeugt. Dieser bewirkt das Bewegen der Kerzenflamme.





benötigtes Material:

- ca. 1 m hohes Stativ (besteht aus Bodenplatte, Stange und Zwinge)
- 2 Tamburine und 1 Schlägel
- eine Styroporkugel mit Faden

Durchführung:

Ein Tamburin wird auf den Tisch aufgestellt (im rechten Winkel zur Tischoberfläche). Die Styroporkugel wird auf das Stativ gehängt, so dass sie auf dem Fell des stehenden Tamburins aufliegt. Das zweite Tamburin wird in die Hand genommen (auf gleicher Höhe wie das erste) und zuerst sehr nahe am anderen Tamburin angeschlagen. Nun entfernt man sich etwas mehr und schlägt wieder an. Dies wiederholt man so lange, bis die Styroporkugel kaum noch eine Reaktion zeigt.

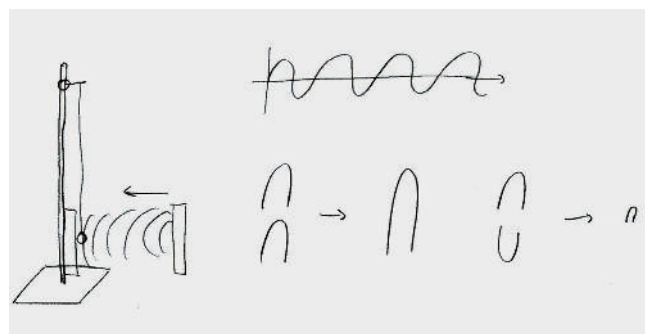
Erweiterung

Man macht einen längeren, ungefähr gleich lauten Trommelwirbel und beobachtet genau, was passiert.

zusätzliche Information:

Die Styroporkugel verdeutlicht die Schallwellen, die sich ausbreiten und Resonanz beim zweiten Tamburin auslösen. Eine Reaktion der Kugel sollte bis auf eine Entfernung von ca. 80 bis 100 cm feststellbar sein.

Erweiterung: Durch den Trommelwirbel kann man sehr schön zeigen, wie sich Schallwellen überlagern. Kommen zwei Wellenberge zum Tamburin, hüpfet die Styroporkugel weiter weg, als wenn Wellenberg und Wellental zusammen kommen (siehe Skizze).





Hinweis:

Stimmgabeln sollten nicht an Tischen sondern mit dem vorhandenen Schlägel oder an Fingerknochen angeschlagen werden!

8a Resonanz I

benötigtes Material:

- 2 Stimmgabeln (440 Hz) auf Holzkästen ohne Zusatzkörper
- 1 Schlägel zum Anschlagen

Durchführung:

Die zwei Stimmgabeln auf den Holzkästen sind ca. 0,5 m voneinander entfernt aufzustellen. Eine Stimmgabel wird kräftig angeschlagen und nach ca. 3 Sekunden durch Berührung der Stimmgabel gestoppt.

zusätzliche Information:

Die zweite Stimmgabel wurde durch Resonanz über eine weitere Distanz zum Schwingen angeregt, ohne dass diese angeschlagen wird.



8b Resonanz II

benötigtes Material:

- wie bei 8a, zusätzlich wird ein Zusatzkörper auf einer der beiden Stimmgabeln befestigt

Durchführung:

wie bei 8a - nur wird der Zusatzkörper an verschiedenen Stellen der Stimmgabel befestigt (mehrere Durchführungen des Experiments).

zusätzliche Information:

Wenn die Frequenz von einer Stimmgabel durch den Zusatzkörper nur gering verändert wird (wenn sich der Zusatzkörper ganz unten an der Stimmgabel befindet), dann kommt es noch zur Resonanz. Wird die Frequenz aber stark geändert, kommt es zu keiner Resonanz mehr.

Je näher die Frequenzen der beiden Stimmgabeln beieinander liegen, desto größere Amplituden kann die Erreger-Stimmgabel bei der anderen auslösen.





8c Stimmgabel und Kachel I

benötigtes Material:

- 1 Stimmgabel
- 1 Kachel

Durchführung:

Die angeschlagene Stimmgabel wird auf eine Kachel gehalten. Dabei nur den unteren „Stiel“ der Stimmgabel halten, da diese sonst nicht schwingen kann!



8d Stimmgabel und Kachel II

benötigtes Material:

- wie bei 8c, zusätzlich eine weitere Stimmgabel

Durchführung:

Es werden beide Stimmgabeln in Schwingung versetzt: eine wird in der Luft gehalten und die zweite wird auf die Kachel gesetzt wie bei Experiment 8c.



zusätzliche Information:

Die Stimmgabel auf der Kachel ist im Vergleich zur allein stehenden Stimmgabel lauter, die Tonhöhe ist gleich, die Zeit während die Stimmgabel schwingt ist allerdings kürzer. Die allein stehende Stimmgabel hat nur wenige Luftmoleküle um sich, die sie anregen kann. Deswegen ist sie leiser, kann aber länger schwingen. Die Stimmgabel auf der Kachel hat durch die Verbindung mit dieser eine viel größere Fläche und kann dadurch mehr Luftmoleküle anregen. Sie ist lauter, erzeugt aber nur für eine kürzere Zeit einen Ton.



8e Schwebung

benötigtes Material:

- 2 Stimmgabeln mit der gleichen Frequenz (440 Hz) und 1 Zusatzkörper

Durchführung:

Zuerst bringt man beide Stimmgabeln ohne Zusatzkörper nacheinander zum Schwingen. Anschließend werden beide gleichzeitig angeregt. Nun wird der Zusatzkörper auf einer Stimmgabel befestigt und beide Stimmgabeln gleichzeitig angeschlagen. Man kann die Frequenzen (Höhe des Zusatzkörpers) variieren und genau zuhören, was sich ändert.

zusätzliche Information:

Wenn zwei Töne mit nicht genau der gleichen Frequenz gleichzeitig klingen, dann kommt es zur Schwebung - einem Auf- und Abklingen des Tones. Je weiter die Frequenzen der beiden Stimmgabeln auseinander liegen, desto schneller ändert sich das Auf- und Abklingen des Tones. *Eine Overhead-Folie, die dies veranschaulicht, befindet sich im Anhang.*

8f Körperschall

benötigtes Material:

- 1 Stimmgabel

Durchführung:

Variante 1

Die Stimmgabel wird in Schwingung versetzt und an den Ellbogen gehalten, die Hand wird dabei auf das Ohr gelegt.

Variante 2

Die Stimmgabel zum Fuß halten und Knie an das Ohr heben.

Variante 3

Die Stimmgabel wird angeschlagen und so lange in der Luft gehalten, bis man sie nicht mehr hören kann. Dann nimmt man diese zwischen die Zähne.

zusätzliche Information:

Schall breitet sich in festen, flüssigen und gasförmigen Medien aus. Der Körper bzw. die Knochen sind ein guter Leiter von Schallwellen. Diese breiten sich mit einer viel höheren Geschwindigkeit aus als in Luft.





vs

Richtungshören

9

benötigtes Material:

- 1 Stab oder Lineal
- 1 m Schlauch

Durchführung:

Ein/e SchülerIn nimmt den Schlauch und hält die Enden an die Ohren. Eine zweite Person klopft mit Hilfe eines Stabes leicht in die Mitte des Schlauches, etwas links oder rechts davon (Markierungen sind im 1 cm-Abstand platziert). Die erste Person sagt, wo sie das Geräusch früher hört: rechts, links oder doch in der Mitte.

Erweiterung

Mit Hilfe der Schallgeschwindigkeit in der Luft (330 m/s) kann man den wahrnehmbaren Zeitunterschied bei unterschiedlicher Entfernung auch ausrechnen!

zusätzliche Information:

Das Erkennen der richtigen Seite ist schon ab 0,5 cm möglich. Dies bedeutet, dass die Person einen Schallunterschied von 30 Millisekunden wahrnehmen kann.





benötigtes Material:

- 2 Joghurtbecher
- eine lange Schnur (z.B. 5 m)

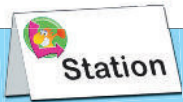
Durchführung:

In den Boden der beiden Joghurtbecher wird jeweils ein Loch gemacht (am besten mit einem heißen Draht durch den Boden stechen). Die Schnur wird durch den Becher durchgesteckt und dann verknotet, so dass sie nicht mehr durchrutschen kann. Nun bewegen sich die zwei Personen, die je einen Joghurtbecher in der Hand haben, solange voneinander weg, bis die Schnur gut gespannt (!) ist. Der eine spricht in den Joghurtbecher, während der andere diesen an sein Ohr hält und versucht zu verstehen, was der andere gesagt hat. Anschließend tauschen.

zusätzliche Information:

Die Schallschwingungen von unserem Mund gelangen über den Joghurtbecher an die Schnur und zum anderen Becher. Dies funktioniert nur, wenn die Schnur gerade und gespannt ist.





Die künstliche Glocke 11

benötigtes Material:

- 2 Löffel
- 1 Schnur
- 1 Gabel für die Erweiterung

Durchführung:

Die Löffel werden in der Mitte von der Schnur befestigt und aneinandergeschlagen. Wenn man nun die zwei Enden der Schnur an die Ohren hält während die Löffel wieder aneinandergeschlagen werden, verändert sich der Klang.

Erweiterung

Ein/e SchülerIn hält eine Gabel zwischen den Zähnen ganz fest. Wenn er/sie nun das freie Ende in Schwingung versetzt, so hört sich das Geräusch für den/die SchülerIn, der die Gabel im Mund hält, ganz anders an als für die restlichen SchülerInnen in der Klasse, die das Geräusch nur sehr leise wahrnehmen können.

zusätzliche Information:

Die Schwingungen übertragen sich von den Löffeln über die Schnur zu den Fingerknochen und Gehörknochen bis zum Innenohr, wo die Schwingungen umgewandelt und ins Gehirn weitergeleitet werden. Dabei hört man über die Knochenleitung einen anderen Ton, als wenn die Schwingung über die Luft zum Ohr gelangt.





benötigtes Material:

- 1 mechanische Uhr
- 1 Kunststofftrichter
- 1 Schlauch

Durchführung:

Der Trichter wird auf ein Ende des Schlauches gesteckt, über die tickende Uhr gelegt und von einem/r SchülerIn gehalten. Die andere Person hält das Ende des Schlauches an das Ohr und lauscht genau.

ACHTUNG: die Uhr darf nicht läuten, dies wäre viel zu laut und zerstört Zilien!

Erweiterung

Alle möglichen leise Geräusche können über den Schlauch weitergeleitet werden. Ein längerer Schlauch macht das Experiment noch interessanter (geht es auch über wirklich lange Distanzen?).

zusätzliche Information:

Im Vergleich zum „Joghurtbecher-Telefon“ funktioniert dieses Experiment auf eine andere Art. Die Schallwellen, die sich sonst kugelförmig verbreiten sind, durch den Trichter in eine Richtung gebündelt. Dadurch können auch leise Geräusche, die weiter weg sind, noch gut gehört werden.





benötigtes Material:

- 1 Glasplatte
- Feuerzeug
- Overheadprojektor
- 1 Kerze
- eine oder mehrere Stimmgabeln mit Schreibspitze

Durchführung:

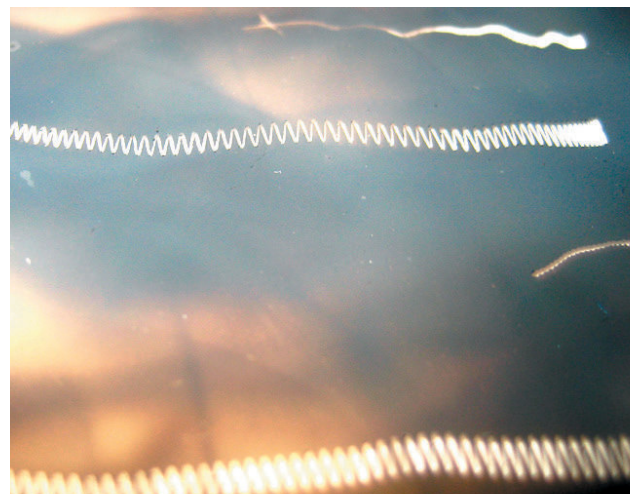
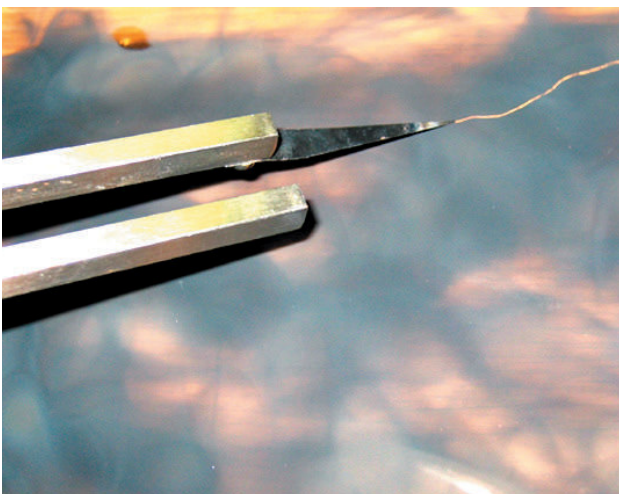
Man berußt die Glasplatte, indem man die Kerze knapp darunter hält. Anschließend wird diese, mit der berußten Seite nach oben, auf den Overheadprojektor gelegt. Nun wird die Stimmgabel zum Schwingen gebracht und schnell über die Glasplatte gezogen - dabei werden die Schwingungen sichtbar.

Es können unterschiedliche Schwingungen „aufgezeichnet“ werden: hoher Ton, tiefer Ton (mit unterschiedlichen Stimmgabeln), laut und hoch, laut und tief, leise und hoch, leise und tief, leiser werdender Ton etc.

Während der Durchführung soll ein/e SchülerIn die Lautstärke (laut oder leise) und die Tonhöhe (hoher oder niedriger Ton) notieren, anschließend können dann die Eigenschaften von Lautstärke und Tonhöhe in Bezug auf die Schwingungen noch einmal gemeinsam diskutiert werden.

zusätzliche Information:

Die Schwingungen der Stimmgabeln werden auf eine einfache Art sichtbar - hohe Töne haben eine hohe Frequenz, tiefe eine niedrigere Frequenz. Die Lautstärke spiegelt sich in der Amplitude wieder. *Eine Overheadfolie, die dies veranschaulicht, befindet sich im Anhang.*





benötigtes Material:

- CD-Player
- CD mit Wassergeräuschen
- Schallpegelmesser
- „Versuchskaninchen“
- Bleistift und Notizblock
- MP3-Player für die Erweiterung

Durchführung:

Der CD-Player mit der Wassergeräusche-CD wird mit Hilfe des Messgerätes auf 60 dB eingestellt. Die SchülerInnen sitzen alle ca. gleich weit entfernt vom CD-Player und schließen die Augen. Die Lautstärke des CD-Players wird langsam vom Lehrenden erhöht. Jede/r SchülerIn macht die Augen erst wieder auf wenn er/sie denkt, dass die doppelte Lautstärke erreicht wurde.

Dieses Experiment kann auch mit den SchülerInnen einzeln der Reihe nach durchgeführt werden. Wenn der/die SchülerIn denkt, dass die doppelte Lautstärke erreicht wurde, muss er/sie sich melden.

Der tatsächliche dB-Wert wird gemessen, notiert und besprochen. Je mehr „Versuchskaninchen“, umso besser.

Erweiterung

Es wird noch zusätzlich ein MP3-Player oder ähnliches benötigt. Ein „Versuchskaninchen“ benutzt den MP3-Player mit der Lautstärke, wie er sonst auch benützt wird. Diese wird mit dem Messgerät gemessen und notiert. Anschließend kann auch die max. Lautstärke des MP3-Players festgestellt werden. Am Besten man misst die Lautstärke, mit der Musik gehört wird, mit allen SchülerInnen der Klasse durch, notiert die Ergebnisse und vergleicht diese mit den Lärmäquivalenten (*Basiswissen Seite 18*).

zusätzliche Information:

Normalerweise nimmt der Mensch ab 10 dB eine Verdopplung der Lautstärke wahr. Die Selbsteinschätzung ist meist anders.

Erweiterung

Hörschäden können schon ab 85 dB auftreten, wenn eine Belastungszeit von 40 Stunden/Woche überschritten wird. Je höher der dB-Wert, desto kürzer die unbedenkliche Beschallungszeit von z.B. Musik. Siehe *Lärmäquivalente Seite 18*.





Woher? 15

benötigtes Material:

- Augenbinde
- Wecker o.ä.

15a Woher? I

Durchführung:

Alle SchülerInnen sitzen im Kreis und ein/e SchülerIn befindet sich in der Mitte mit verbundenen Augen. Eine Person aus dem Kreis macht irgendein Geräusch und der/die SchülerIn in der Mitte muss mit dem Finger dorthin zeigen, wo er/sie das Geräusch vermutet. Die Person in der Mitte soll wechseln, je nach Bedarf/Wunsch.

15b Woher? II

Durchführung:

Wie 15a, nur dass das erzeugte Geräusch diesmal ein Dauerton ist (z.B. Wecker oder Summton).

zusätzliche Information:

Bei 15a kann es sein, dass vorne und hinten verwechselt wird – dort gelangen die Geräusche zur ca. gleichen Zeit zu beiden Ohren.

Bei 15b fällt das Lokalisieren schwerer, weil kein kurzes Geräusch zu beiden Ohren gelangt und man die unterschiedlichen Zeitpunkte vergleichen kann, sondern der Dauerton ständig die Ohren erreicht.





benötigtes Material:

- CD-Player
- Schallpegelmessgerät
- Audio Demo CD von suvaPro und das Begleitheft
- Bleistift und Notizblock

16a Hörtest

Durchführung:

Anhand der Nummern 33-35 auf der CD kann man einen einfachen Hörtest in der Klasse gleichzeitig bei allen SchülerInnen durchführen. Zuerst kommt ein Dauerton der dazu dient, die richtige Lautstärke von 75 dB_A mit Hilfe des Schallpegelmessgerätes auf dem CD-Player einzustellen. Dann startet der Hörtest - alle weiteren Schritte sind in der Begleitdokumentation der CD auf Seite 16 und 17 sehr gut und genau beschrieben.

16b Gehörschaden Demonstration

Durchführung:

Auf der CD gibt es unterschiedliche Gehörschadensimulationen von Nummer 47 bis 66. Genauere Informationen darüber, welche Situationen dargestellt werden, finden Sie im Begleitbuch auf Seite 24 und 25.

zusätzliche Information:

Auf der CD finden sich weiters viele interessante Beiträge zum Thema Lärm, auch die Begleitdokumentation dazu ist sehr ausführlich und interessant.





benötigtes Material:

- Audio Demo CD von suvaPro oder CD welche Lärm, Musik etc. wiedergibt
- Konzentrationsübungen vom Anhang
- CD-Player

Durchführung:

Mehrere Konzentrationsübungen werden bei unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt: Stille, unterschiedliche Arten von Lärm (je nach Verfügbarkeit oder eigenem Interesse), Musik welche den SchülerInnen gefällt und welche die den SchülerInnen nicht so gefällt etc. Danach werden die Übungen ausgewertet und man analysiert, bei welcher Art von Lärm oder Geräuschen wie viele Punkte erreicht wurden.

Erweiterung: Die SchülerInnen machen Konzentrationsübungen, während mit der CD unterschiedlichste lärmende Geräusche vorgespielt werden. Anschließend sollen die SchülerInnen wiedergeben, welche Geräusche vorgespielt wurden.

zusätzliche Information:

Lärm beeinflusst die Konzentrationsfähigkeit, dies kann den SchülerInnen durch die Übung schön gezeigt werden.

Erweiterung: Die SchülerInnen sollen erkennen, dass man die Geräusche, die einen stören, teilweise ausblendet und nicht mehr so genau wahrnimmt, um sich besser konzentrieren zu können.

Allgemeine Information

Es gibt verschiedene Arten, die Konzentration zu testen:

- ▶ mehrere längere Rechenreihen zur Aufgabe stellen
- ▶ Texte schreiben
- ▶ Texte lesen und danach eine Inhaltsangabe wiedergeben lassen
- ▶ verschiedene Zeilen zum Auswendiglernen geben
- ▶ Abbildungen merken
- ▶ Bedeutung von angeführten Abkürzungen aufschreiben lassen
- ▶ Zahlenreihen vervollständigen lassen



Für einen Konzentrationstest eignen sich alle Aufgaben, die eine erhöhte Konzentration und Aufmerksamkeit fordern. Zunächst führt man den Test unter Ruhe aus, danach unter Lärmeinfluss.

Für die Auswertung vergleicht man die quantitativen und/oder qualitativen Unterschiede der Lösungsergebnisse. Um einen Trainingseffekt auszuschließen, muss darauf geachtet werden, dass beim Test unter Lärmbelastung andere (aber gleichwertige) Aufgaben angeboten werden.



Experimente – Teil B

nach Unterrichtsfächern



Weitere Experimente - Teil B

Biologie 53

-  vs 18. Schwingende Bänder
19. Herz und Lärm
20. Extraaurale Lärmwirkung diskutieren

Deutsch 54

21. Sei kreativ!
22. Erzähl's mir!
-  vs 23. Entspannung
24. Und weiter?

Werken 56

25. Die Panflöte
26. Der Kontrabass
-  vs 27. Die Trommel
28. Das Banjo









Mathematik 58

29. Schallpegelrechnung

Physik 59

-  vs 30. Sichtbare Schwingungen
-  vs 31. Die tanzenden Reiskörner
32. Die Hundepfeife
-  vs 33. Stimmgabel geht baden
-  vs 34. Durch Wände hören
35. Die Meeresschnecke
36. Kurvenkratzen
37. Chladnische Klangfiguren
38. Das Ohr als Wandler
39. Kannst du das Auto noch hören?
40. Schhallpegel-Messungen
41. Wie gut ist dein Gehör?
-  vs 42. Die Papierpistole
43. Hörtest mit Stimmgabel
-  vs 44. Hör-Memory
-  vs 45. Wir erzeugen Töne

Musik 64

46. Flöte spielen unter Wasser
-  vs 47. Schwirrholtz
-  vs 48. Ein neues Zupfinstrument
49. Gespannte Saite
-  vs 50. Gläser-Xylophon
-  vs 51. Wasserorgel
52. Gummiring-Gitarre
-  vs 53. Musik aus Pfeifen
-  vs 54. Grashalm-Musik
55. Gartenschlauch-Musik
56. Joghurtbecher-Plattenspieler
57. Das Glockenspiel
-  vs 58. Geräusche raten
-  vs 59. Singender Luftballon



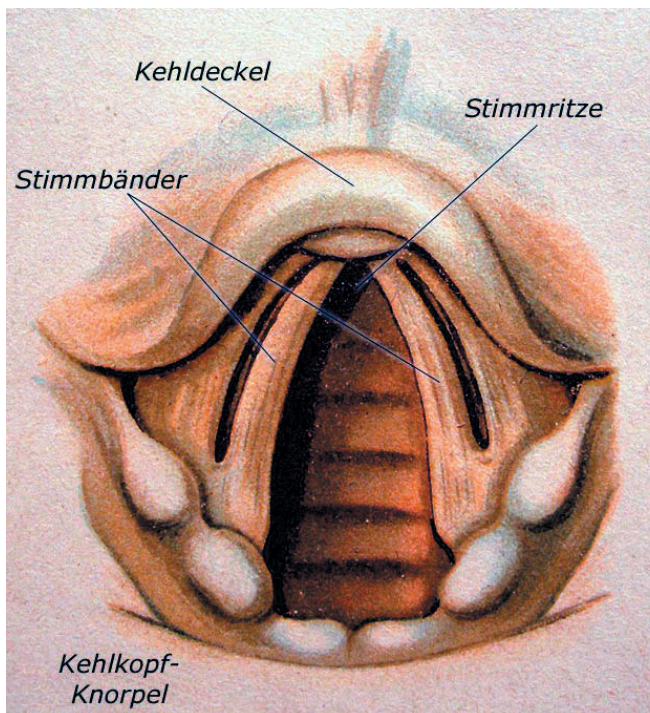
Biologie

18 Schwingende Bänder



Während wir sprechen halten wir unsere Finger auf die Stimmbänder. Dort können wir dann unser Sprechen auch fühlen.

zusätzliche Information: Die Stimmbänder befinden sich am oberen Ende der Luftröhre und bestehen aus dünnen Muskeln die durch die Luft, die von den Lungen kommt, in Schwingung versetzt werden. Dies ist die Voraussetzung dafür, dass wir sprechen können, aber auch singen oder schreien. Die Stimmbänder von Frauen sind etwas kürzer und straffer gespannt, deswegen ist ihre Stimme auch etwas höher als die der Männer.



19 Herz und Lärm

benötigtes Material: 1 Uhr, Lärmquelle (z.B. Audio Demo CD von suvaPro)

Durchführung: Ein/e SchülerIn setzt sich hin

und verhält sich ganz ruhig (nicht sprechen oder bewegen). Eine zweite Person misst den Puls, in dem er/sie auf der Innenseite des Handgelenkes den Puls fühlt und mitzählt, wie viele Schläge in einer Minute auftreten. Dieser Wert wird notiert. Dann wird sehr laute Musik bzw. Lärm eingeschaltet und in den folgenden 6-10 Minuten alle zwei Minuten der Puls gemessen und wieder notiert. Die Lärmquelle wird wieder abgeschaltet und nochmals über 10 Minuten (alle 2 Minuten) der Puls gemessen. Die gemessenen Werte können graphisch ausgewertet und diskutiert werden.

Variante: Das Experiment kann auch mit einem Blutdruckmesser durchgeführt werden.

zusätzliche Information: Bei allen Versuchspersonen wird es zu einer Zunahme des Pulses während der Lärmeinwirkung kommen, allerdings kann diese sehr unterschiedlich sein. Dies hängt von der Entfernung zur Lärmquelle und Lautstärke, aber auch von der Person selbst ab - Lärmempfinden ist ja subjektiv!

20 Extraaurale Lärmwirkung diskutieren

Extraaurale Lärmwirkungen (außerhalb des Ohres) werden durch Straßenlärm, Fluglärm oder Gewerbelärm verursacht und entstehen durch Verbindungen der Hörbahn zu anderen Hirnregionen. Die SchülerInnen sollen aufgrund eigener Erfahrungen folgende Auswirkungen diskutieren:

- ▶ Regelkreise und Rückkopplung sensorischer, motorischer und vegetativer Zentren
 - a.) allgemeine Aktivierung: Beeinflussung der Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin
 - b.) Beeinflussung von vegetativen Zentren ohne vorheriges Erreichen des Bewusstseins: Beeinflussung des Fettstoffwechsels (Abfall der Triglyceride, Erhöhung des Gesamtcholesterins und des Blutzuckerspiegels), Beeinflussung des Herz-Kreislauf-Systems (Erhöhung des systolischen und/oder diastolischen Blutdrucks, Herzfrequenzsteigerung)



- ▶ sozialpsychologische Wirkungen: Kommunikationsstörungen, Störung von Ruhe und Entspannung (Einschlaf- und Durchschlafstörungen), Konzentrations-schwierigkeiten, Klagen über Vibrations-erscheinungen, Minderung des psychischen und sozialen Wohlbefindens (verringerte Leistungsfähigkeit)
- ▶ Bewusste Wahrnehmung des Höreindrucks: Vergleich mit bekannten Mustern, Einordnung und Bewertung (z.B. Sprachverständlichkeit, Sprecher-Hörer-Abstand, Bekanntheitsgrad der übermittelten Information, Stimmlage, Aussprache)
- „Eines Tages wird der Mensch den Lärm ebenso unerbittlich bekämpfen müssen wie die Pest“ - Martin Koch
- „Musik wird störend oft empfunden, dieweil sie mit Geräusch verbunden“ - Wilhelm Busch
- „Wer Mittags seinen Rasen mäht, beim Nachbarn großen Ärger sät“
- ▶ Die SchülerInnen sollen die Begriffe Lärm, Schall, Lärmschaden, etc. zuerst nach eigenem Wissen definieren und dann im Duden oder anderen Lexika die genaue Definition nachschlagen.

Deutsch

21 Sei kreativ!

Es gibt unterschiedliche Aufgabenstellungen die möglich sind:

- ▶ Die SchülerInnen sollen Synonyme für das Wort „Lärm“ finden. Diese könnten sein: Krach, Krawall, Radau, Tumult, Donner, Gedröhne, Gekreische, Spektakel, Knallen, ...
- ▶ Die SchülerInnen können Vorgänge, die unter Einwirkung von Lärm im Körper ablaufen, beschreiben.
- ▶ Die SchülerInnen können ähnliche, verwandte Wörter und Sprachwurzel suchen.
- ▶ Im Sprachschatz sind viele Redewendungen verankert, die negative Einwirkungen von Lärm verdeutlichen. Z.B.: Totenstille oder Grabesstille, ohrenbetäubender Lärm, dröhnender Lärm, der Schock hat ihm auf den Magen geschlagen, vor Schreck wurde er weiß wie die Wand, etc. Die SchülerInnen sollen weitere Beispiele finden.
- ▶ Man kann auch folgende Zitate/Sprüche (mit beliebiger Erweiterung) als Einstieg in die Materie diskutieren:

22 Erzähl's mir!

Die SchülerInnen können innerhalb einer Diskussion oder in Form eines Kurzvortrages über Probleme des Lärms sprechen, Verhaltensweisen diskutieren und darstellen, wie Lärm auf sie wirkt.

23 Entspannung



benötigtes Material: „Meditations CD“ mit entspannender Musik, CD-Player

Durchführung: Es ist wichtig sich mit Lärm auseinanderzusetzen, aber man sollte den SchülerInnen auch eine ruhige Umgebung schmackhaft machen.

Für diese Entspannungsübung soll es sich jede/r SchülerIn gemütlich machen - alle Körperteile sollen entspannt und locker sein. Die Augen sollen geschlossen werden und es herrscht absolute Ruhe im Raum. Nun wird die CD mindestens fünf Minuten lang abgespielt, um eine erholsame Wirkung zu erreichen.

Zu dieser Übung kann auch langsam, ruhig, mit weicher, dumpfer Stimme dazugesprochen werden. Man versetzt den Zuhörer in eine Traumwelt. Diese soll nichts Utopisches sein, sondern etwas Bekanntes (wie z.B. eine Blumenwiese im August). Die Traumwelt soll farbig, hell, stress- und gefahrlos sein, sie soll



Wärme ausstrahlen. Es gibt keine Konkurrenz und keine Feinde. Es gibt Wasser und Wolken und eine leichte Brise. Jeder Zuhörer kann selber Beobachter seiner Traumwelt sein. Er glaubt, über dieser zu schweben und alles von oben herab zu beobachten. Er hat nur sich und diese Phantasienatur. Obwohl er alleine unterwegs ist, hat er ein Gefühl der Geborgenheit. Er riecht die zartesten, angenehmsten Düfte und hört von fern ein Vogelgezwitscher. Es summen Bienen und der Wind spielt mit den Blättern.

Nach ca. fünf Minuten holt man die Ausflügler wieder zurück in die Realität. Man lässt ihn sanft landen, er spürt wieder den Boden unter den Füßen. Er registriert wieder, dass er nicht alleine ist. Er wacht auf und fühlt sich noch immer gut.

Möglicher Text für eine Traumreise:

„Setze dich so hin, dass du längere Zeit still sitzen kannst. Schließe die Augen oder konzentriere sie auf einen Punkt im Raum. Stelle dir vor, du sitzt auf einer grünen Wiese unter einem großen Baum. Man sieht dich kaum, so hoch ist das Gras. Bunte Blumen blühen um dich herum - gelbe - blaue - weiße - ein wunderschöner Teppich. Sie duften angenehm. Du hörst Bienen und Hummeln, die um die Blüten herumsummen. Auch über dir in der Baumkrone summt es. In deiner Nähe plätschert ein kleiner Gebirgsbach. Die Sonne scheint. Einige Strahlen scheinen durch eine Lücke zwischen den Blättern auf dein Gesicht. Das fühlt sich angenehm warm an. In der Ferne siehst du hohe Berge, deren Gipfel mit Schnee bedeckt sind. Greifvögel kreisen hoch oben in der Luft. Du stellst dir vor, dass du mit ihnen fliegen könntest und die Welt von oben betrachtest: die saftig grüne Wiese mit den bunten Blumen, den großen Baum, in dessen Zweigen Bienen summen, den kleinen Bach, der zwischen großen Felsen hindurchrinnt. Hier oben hörst du nur noch weit entfernte Geräusche und das Windgeräusch, das beim Gleiten durch die Luft entsteht. Jetzt setzt du langsam zur Landung an. Du schwebst langsam auf die Wiese zu und landest vorsichtig etwas entfernt von deinem Baum. Du siehst dich um und langsam nimmst du Abschied von deiner Traumwiese.“

24 Und weiter?

benötigtes Material: Klassenraum

Durchführung: Eine gewisse Ausgangslage einer Geschichte ist vorgegeben und es gibt drei Wahlmöglichkeiten, wie diese weitergehen kann. Die SchülerInnen sollen sich eine aussuchen und die Geschichte fortsetzen (*die Anleitung dazu finden Sie als Folien im Anhang*):

„Ausgangslage“: Eine Gruppe von drei Jungen und drei Mädchen wollen am Samstagabend auf das Konzert einer Band, die gerade voll im Trend ist, gehen. Sie freuen sich aufs Tanzen, wollen Spaß haben und die Musik genießen, die so schön im Bauch gespürt wird.

Wahlmöglichkeiten:

- Petra darf nur mit, wenn sie den Eltern verspricht, Ohrstöpsel zu tragen. Ihr Vater ist Musiker im Orchester und hört die hohen Töne schlecht. Petra erzählt dies ihrer Freundin. Den anderen möchte sie nichts sagen.
- Beim Eingang zum Konzertsaal steht ein Tisch. Dort liegen gelbe Ohrstöpsel auf, die gratis abgegeben werden. Die Jugendlichen diskutieren, ob sie diese mitnehmen und einsetzen wollen.
- Die Jugendlichen sind bereits im Konzert. Sie stehen ganz vorne zwischen beiden Boxentürmen. Es wummert bis in die Zehen. Ein Junge und ein Mädchen möchten weiter nach hinten gehen. Ihnen ist es zu laut. Doch sie möchten sich nicht von der Gruppe trennen.

Auftrag: Partner- oder Einzelarbeit, Gruppe oder Klasse, Zeit ca. 30-50 Minuten

Lest die Ausgangslage und die drei Wahlmöglichkeiten und entscheidet euch für eine davon. Diskutiert, fantasiert und schreibt dann eine Fortsetzung. Diese soll dann der restlichen Gruppe/Klasse vorgelesen werden.



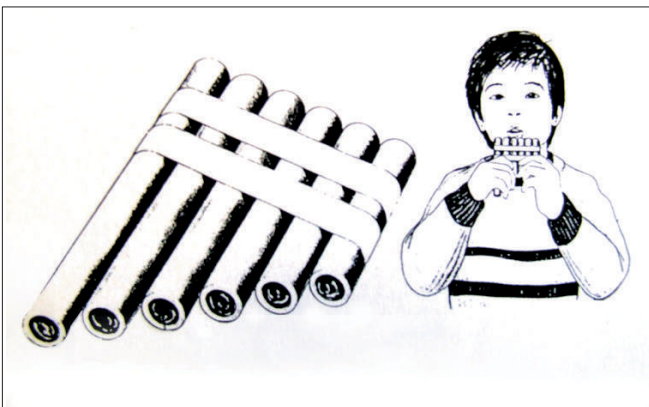
Werken

25 Die Panflöte

benötigtes Material: mehrere Bambusstücke oder Kunststoffrohre, Modelliermasse, Klebeband, Schere

Durchführung: Die Rohrstücke werden zunächst unterschiedlich lang (5-20 cm) zugeschnitten. Ein Ende jedes Röhrchens wird mit etwas Modelliermasse verschlossen. Dann werden die Pfeifen der Länge nach geordnet und so miteinander verbunden, dass die offenen Enden eine Gerade bilden. Zum Spielen legt man diese Öffnungen an die Unterlippe und bläst sachte darüber.

zusätzliche Information: Die Luft schwingt im Inneren der Rohre und erzeugt so die unterschiedlichen Töne. Kleine Luftmengen schwingen schneller als größere, weshalb die längeren Pfeifen tiefere Töne erzeugen als die kürzeren.



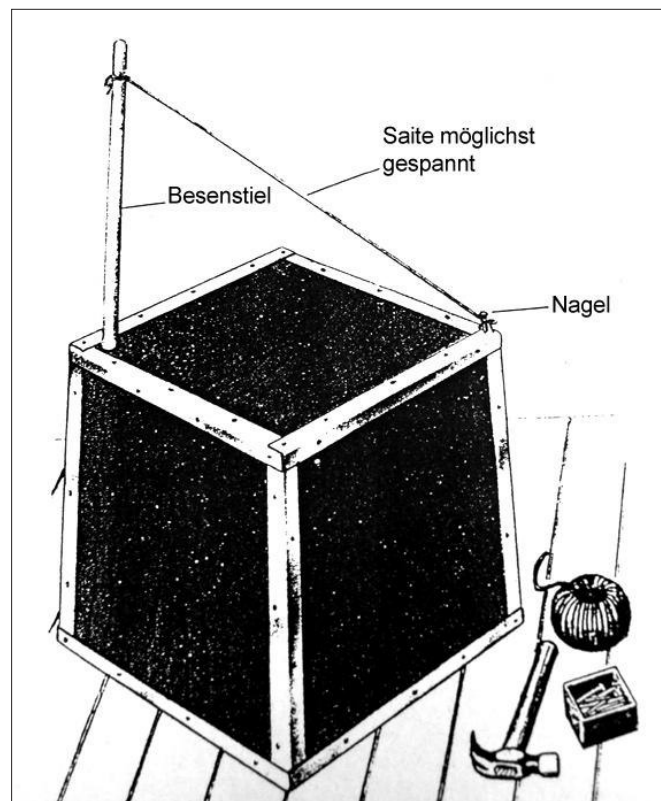
26 Der Kontrabass

benötigtes Material: Holzkiste, Besenstiel, Schnur, 1 Nagel, Hammer

Durchführung: In einer Ecke der Holzkiste wird ein Loch gebohrt, in das der Besenstiel gesteckt wird. Daran wird ein Ende der Schnur festgebunden. In der diagonal gegenüberliegende Ecke wird ein Nagel hineingeschlagen, an dem das andere Ende der Schnur festgebunden wird. Die Schnur muss so fest wie möglich angezogen wer-

den. Um zu spielen, hält man die Kiste mit einem Fuß fest und nimmt den Besenstiel in die eine Hand, mit der anderen zupft man die Saite. Es entsteht ein tiefer, voller Ton – die Kiste dient als Resonanzboden und verstärkt den Ton.

zusätzliche Information: Wenn wir den Besenstiel so bewegen, dass die Saite weiter gespannt wird, steigt die Tonhöhe. Weist die Saite weniger Spannung auf, sinkt der Ton. Mit etwas Übung lassen sich sogar einfache Melodien spielen!



27 Die Trommel

VS

benötigtes Material: leere Behälter wie Plastikschüsseln, Schachteln, Kartonröhren, Plastiksäcke, kräftige Schnur, Klebeband, Schere, dünne Stäbchen (z.B. Essstäbchen aus dem Chinesenrestaurant)

Durchführung: Zunächst wird der Plastiksack aufgeschnitten und ausgebreitet. Dann wird der leere Behälter auf die Folie gelegt und ein entsprechendes Stück herausgeschnitten, wobei man etwa 7-10 cm Rand übrig lässt. Mit Hilfe



einer zweiten Person wird nun die Plastikhaut über den Behälter gezogen, eine Person hält die Haut und die andere klebt sie an den Rändern fest. Dann wird sie am Rand mit der Schnur festgebunden. Damit ein guter Ton entsteht, muss die Plastikhaut straff gespannt sein und darf keine Falten aufweisen. Die nun fertige Trommel wird entweder mit den Fingern oder mit den Stäbchen angeschlagen.

zusätzliche Information: Unterschiedliche Töne erhält man, wenn man das Material des Trommelfells (z.B. Luftballongummi oder Backpapier) oder die Größe und Art des Behälters (z.B. Metall oder Papierkorb) verändert.



28 Das Banjo

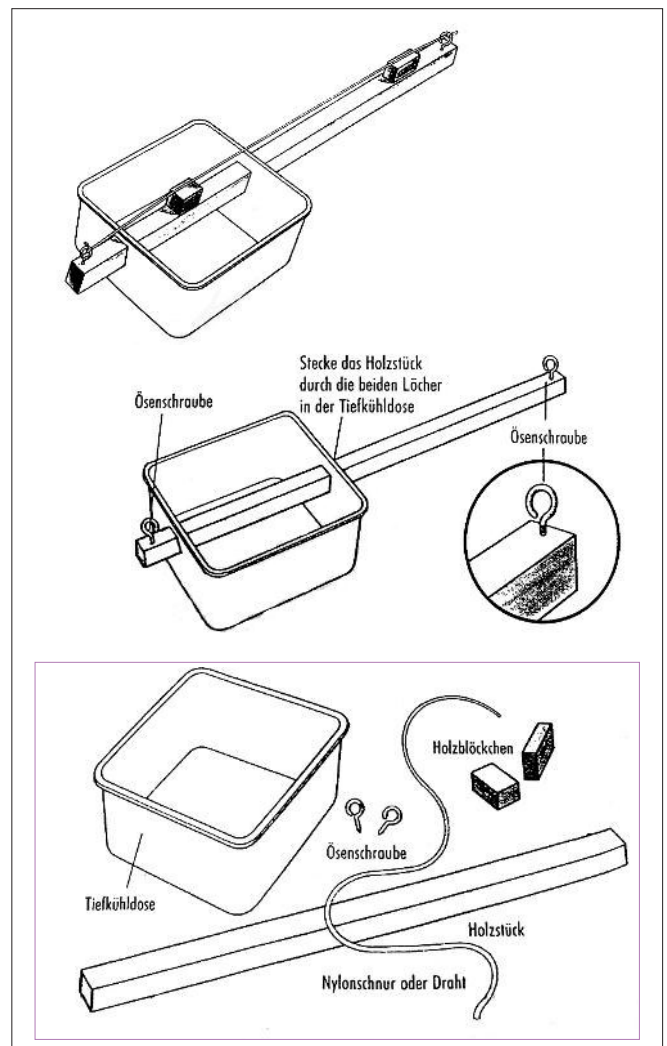
benötigtes Material: 1 Stück Holz (Länge ~ 90 cm, Höhe und Breite ~ 2 cm), 1 große leere Tiefkühldose oder einen Eiscremebehälter, Nylonschnur (wie vom Fischer verwendet) oder Gitarrensaite min. 1 m lang, 2 Ösenschrauben, 2 kleine Holzblöckchen, die für den Abstand der Saite vom Griffbrett sorgen, Leim/Klebeband

Durchführung:

- Schneide mit einem scharfen Messer zwei viereckige Löcher in die gegenüberliegenden Seiten der Tiefkühldose, knapp unterhalb des Randes. Die Löcher müssen genauso groß sein, dass das Holzstück hineinpasst.
- Steck das Holzstück durch die beiden Löcher,

so dass ein Ende um ungefähr 5 cm vorragt. Befestige das Holzstück mit Leim oder Selbstklebeband.

- Befestige je eine Ösenschraube an den Enden des Holzstücks, verbinde beide durch eine Fischerschnur oder eine Gitarrensaite und ziehe diese fest an.
- Befestige die beiden Holzblöcke, den einen nahe an der Schraube, den anderen inmitten der Tiefkühldose (siehe Skizze unten).
- Spanne die Saite durch drehende Bewegungen der Ösenschraube.
- Bemale das Banjo in bunten Farben!
- Zum Spielen hältst du die Saite am Griffbrett fest und zupfst sie mit der anderen Hand zart an. Um unterschiedlich hohe Töne zu erzeugen, verschiebst du die Hand am Griffbrett und hältst die Saite an verschiedenen Stellen fest.





Mathematik

29 Schallpegelrechnung

Addiert man Schallquellen gleicher Intensität, so führt dies zu einer Pegelerhöhung um 3 dB.

$$\begin{aligned} \text{Beispiel: } 80 \text{ dB} + 80 \text{ dB} &= 83 \text{ dB} \\ 0 \text{ dB} + 0 \text{ dB} &= 3 \text{ dB} \end{aligned}$$

nach der Formel: $L_{ges} = L_1 + 10 \lg n$

mit L_1 = Schallpegel der Einzelquelle und n = Anzahl der gleichen Schallquellen

Dieses zunächst paradox erscheinende Ergebnis ist völlig richtig, denn der Schallpegel 0 dB heißt ja nicht, das auch die Schallintensität gleich Null wäre. Man muss hierbei bedenken, dass das Dezibel der Logarithmus eines Verhältnisses der Schallintensität zum Bezugswert 10^{-12} W/m^2 ist. Ist die Schallintensität gleich diesem Bezugswert, so ist das Verhältnis 1 und dessen (zehnfacher) Logarithmus Null.

Verdopplung der Anzahl der Schallpegelquellen = +3 dB

Verfünffachung der Anzahl der Schallpegelquellen = +7 dB

Verzehnfachung der Anzahl der Schallpegelquellen = +10 dB

Eine Halbierung der Anzahl der Schallpegelquellen führt zu einer Subtraktion um 3 dB. Dies kann auch leicht durch fünfmalige Addition gezeigt werden. Dies bedeutet in der Praxis, dass eine Halbierung des Verkehrs nur eine Minderung des Lärms um 3 dB zur Folge hat, was für unser Empfinden noch lange nicht halb so laut ist!

Addiert man Schallquellen verschiedener Intensität, so gilt folgende Formel:

$$L_{ges} = 10 \lg \left(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,2 \cdot L_1} + \dots + 10^{0,1 \cdot L_n} \right)$$

Differenz der beiden zu addierenden Schallpegel	Erhöhung des höheren der beiden Schallpegel
0-1 dB	3 dB
2-3 dB	2 dB
4-9 dB	1 dB

Beispiele:

Addiere folgende fünf Schallpegel: 60, 66, 74, 71 und 55 dB

1. Schritt:

$$\begin{aligned} 60 \text{ dB} + 66 \text{ dB} &= 67 \text{ dB} \\ (66 \text{ dB} + 1 \text{ dB} - \text{da Differenz } 6 \text{ dB}) \\ 74 \text{ dB} + 71 \text{ dB} &= 76 \text{ dB} \quad (74 \text{ dB} + 2 \text{ dB}) \end{aligned}$$

2. Schritt:

$$76 \text{ dB} + 55 \text{ dB} = 76 \text{ dB} \quad (76 \text{ dB} + 0 \text{ dB})$$

3. Schritt:

$$76 \text{ dB} + 67 \text{ dB} = 77 \text{ dB} \quad (76 \text{ dB} + 1 \text{ dB})$$

Anmerkung:

Die Reihenfolge der Additionen spielt keine Rolle. Mit dem Taschenrechner entsprechend der Formel genau gerechnet: 76,34 dB

Weitere Beispiele:

$$\begin{aligned} 10 * 0 \text{ dB} &= 10 \text{ dB} \\ 10 \text{ dB} + 10 \text{ dB} &= 13 \text{ dB} \\ 10 * 10 \text{ dB} &= 20 \text{ dB} \\ 80 \text{ dB} + 80 \text{ dB} &= 83 \text{ dB} \\ 10 * 80 \text{ dB} &= 90 \text{ dB} \\ 60 \text{ dB} + 70 \text{ dB} + 45 \text{ dB} + 80 \text{ dB} &= 80,5 \text{ dB} \end{aligned}$$



Physik

30 Sichtbare Schwingung



benötigtes Material: 1 Weinglas, 1 Stück Zwirn, 1 Büroklammer und 1 Bleistift oder Kochlöffel

Durchführung: Die Büroklammer wird am Ende des Zwirns befestigt und das andere Ende so am Stiel des Weinglases angebracht, dass die Büroklammer über den Rand, in das Weinglas hineinhängt. Das Weinglas wird auf den Tisch gestellt und mit einer Hand am Stiel festgehalten. Mit der anderen Hand wird das Glas mit dem Bleistift angeschlagen, so dass ein Ton entsteht. Während ein Ton zu hören ist, springt die Büroklammer herum. Die Schwingungen vom Glas werden auf diese übertragen.



31 Die tanzenden Reiskörner



benötigtes Material: 2 Tamburin, Schlägel, Reiskörner

für **Variante:** eine Glasschüssel, Reiskörner, Frischhaltefolie, Musikanlage (CD Player)

Durchführung: Man legt ein paar Reiskörner auf das Tamburin. Das zweite Tamburin wird leicht angeschlagen. Die Körner beginnen zu tanzen, weil sie die Schwingungen des anderen Tamburins übernehmen.

Variante: Man nimmt eine Glasschüssel und spannt eine Frischhaltefolie straff darüber. Die Schüssel wird neben Boxen einer Anlage gestellt und die Reiskörner daraufgegeben. Schaltet man die Musik nun ein, so tanzen die Reiskörner auf der Folie.

zusätzliche Information: Auf die gleiche Art und Weise funktioniert auch unser Trommelfell. Es beginnt zu schwingen obwohl es nicht „angeschlagen“ wird.



32 Die Hundepfeife

benötigtes Material: Hundepfeife, evt. Schraubenzieher

Durchführung: Man benötigt eine Hundepfeife, bei der man den äußeren und hinteren Resonanzkörper entfernt. Wenn man nun die innere Schraube so weit wie möglich herausschraubt, kann man den Ton (der sehr hoch ist) gerade noch hören. Schraubt man diese wieder weiter hinein, kann man den Ton nicht mehr hören, weil er über 20.000 Hz liegt (der Hund hört dies noch, da seine Grenze bei 40.000 Hz liegt).



zusätzliche Information: Die obere Hörgrenze, nimmt mit zunehmendem Alter ab. Bei alten Leute kann sie sogar bis auf ca. 5.000 Hz sinken. Dies hat nicht allzu weitreichende Konsequenzen, weil Sprache und Musik meist zwischen 100 Hz und 8.000 Hz liegen.

Statt der Hundepfeife kann auch der Frequenz-generator aus dem Koffer-Set verwendet werden, um den SchülerInnen die Frequenzhöhe und den Hörbereich des Menschen näher zu bringen.

33 Stimmgabel geht baden

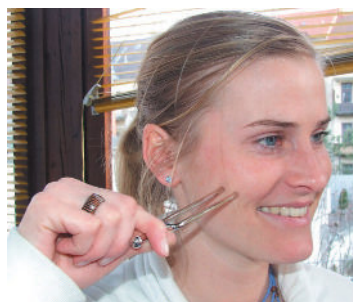


benötigtes Material: 1 Glas, Wasser, 1 Stimmgabel

Durchführung: Schwingungen kann man auch im Wasser sichtbar machen. Man füllt dazu ein Glas mit Wasser ca. zur Hälfte, bringt eine Stimmgabel in Schwingung und führt diese langsam zur Wasseroberfläche. Sobald die Stimmgabel die Wasseroberfläche berührt, spritzt das Wasser.

ACHTUNG: Stimmgabel danach abtrocknen!

Erweiterung: Die schwingende Stimmgabel kann auch an die Haut und die Lippe gehalten werden, um die Schwingungen auch spüren zu können.



34 Durch Wände hören



benötigtes Material: 1 leeres Glas

Durchführung: Wenn in einem Raum Schallwellen erzeugt werden, pflanzen sich diese nicht nur in der Luft fort, sondern bringen auch Wände und Türen zum Schwingen. Hält man ein leeres Glas an die Wand oder Tür, so kann man Geräusche hören, die hinter der Wand oder Tür sind.

35 Die Meeresschnecke

benötigtes Material: 1 Meeresschnecke

Durchführung: Hält man sich eine Meeresschnecke ans Ohr, so kann man ein Rauschen hören (Aufklärung: man hört kein Meer sondern sein eigenes Blut!). Dies ermöglicht die gute Schallübertragung im Körper.

36 Kurvenkratzen

benötigtes Material: Radio oder andere Lärmquelle

Durchführung: Man braucht 2 Räume, die durch einen Gang miteinander verbunden sind. In einem stellt man ein Radio auf und begibt sich dann in den anderen Raum. Dort kann man das Radio hören obwohl es nicht mehr sichtbar ist (keine direkte Verbindung herrscht). Dies funktioniert natürlich auch, wenn man einen Wecker oder einen anderen Gegenstand hinter eine Kiste stellt.

37 Chladnische Klangfiguren

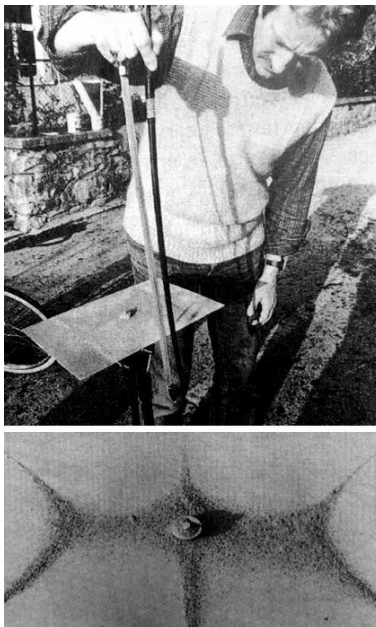
Dieses Experiment ist eher aufwendig.

benötigtes Material: Mikrofonständer, 1 dünne Metallplatte, Quarzsand, Cello- oder Geigenbogen



Durchführung: In der Mitte der Metallplatte wird ein Loch gebohrt, auf dem ein Mikrofonständer waagrecht montiert wird. Darauf wird Quarzsand gestreut und mit dem Cellobogen am Rand von oben nach unten entlang gestrichen. Dadurch entsteht mit dem Sand ein Muster.

zusätzliche Information: Durch das Streichen der Metallplatte mit dem Bogen wird diese in Schwingungen versetzt. Anstelle von Knotenpunkten (bei schwingenden Saiten) treten Knotenlinien oder Klangbilder auf, die je nach Größe und Form der Metallplatte variieren und durch den aufgestreuten Quarzsand sichtbar gemacht werden. Diese Klangfiguren können auch verändert werden – anstreichen an verschiedenen Stellen des Plattenrandes, Dämpfung des Randes durch Finger. Dort, wo die Finger die Schwingung bremsen, entstehen Knotenlinien, auf denen der Sand liegen bleibt. Dieses Phänomen wurde vom Begründer der experimentellen Akustik, Ernst Friedrich Chladni, entdeckt.



38 Das Ohr als Wandler

Schöne und relativ einfache Rechnung mit interessanten Schlüssen.

Wären Trommelfell und ovales Fenster direkt miteinander verbunden, dann wäre im Gleichgewichtszustand die Kraft auf das Trommelfell F_r gleich der Kraft F_0 , die auf das ovale Fenster wirkt. F_r wird aber durch den Schalldruck p_r auf das Trommelfell erzeugt. Das Trommelfell hat die Fläche A_r , das ovale Fenster die Fläche A_0 .

$$\begin{aligned} \text{Es gilt mit: } \quad F &= p \cdot A & F_0 &= F_r \\ p_0 \cdot A_0 &= p_r \cdot A_r \Rightarrow \frac{p_0}{p_r} &= \frac{A_r}{A_0} \end{aligned}$$

Das Ohr ist also ein Druckwandler. Es ist aber auch ein Kraftwandler. Wegen der Hebelwirkung durch Hammer und Amboss ist nämlich $F_0 = 1,3 F_r$, so dass gilt:

$$p_0 \cdot A_0 = 1,3(p_r \cdot A_r) \Rightarrow \frac{p_0}{p_r} = 1,3 \frac{A_r}{A_0}$$

Das Trommelfell hat die Fläche von 55 mm^2 , das ovale Fenster eine Fläche von $3,2 \text{ mm}^2$ (Durchschnittswert).

$$\text{Daher: } \frac{p_0}{p_r} = 1,3 \cdot \left(\frac{55 \text{ mm}^2}{3,2 \text{ mm}^2} \right) \approx 22$$

Der Druck auf das Trommelfell wird somit auf das 22-fache verstärkt.

39 Kannst du das Auto noch hören?

benötigtes Material: MP3-Player

Durchführung: Man lässt eine Person mit einem MP3-Player Musik hören, mit der Lautstärke die diese Person sonst auch verwendet. Daneben reden zwei Personen miteinander. Welche Geräusche kann die Person mit dem MP3-Player noch hören bzw. wie weit muss diese die Lautstärke herunterdrehen bis sie etwas hört? Es empfiehlt sich, das Experiment mit mehreren Personen durchzuführen. Dies mag eine wichtige Erfahrung für manche SchülerInnen sein.



40 Schallpegel-Messungen

benötigtes Material: Schallpegelmessgerät, Notizblock, etwas zum Schreiben

Durchführung: Eine Gruppe von SchülerInnen wird mit einem Schallpegelmessgerät (und voriger Einführung in die Handhabung) ausgestattet und soll in der Schule (Gang in der Pause und während der Stunde, Klassenraum, LehrerInnenzimmer, etc.), direkt neben der Straße, hinter einer Hecke, gleich neben einer Mauer, in einer Wohnung/Schule bei geschlossenem und offenem Fenster, etc. den Schalldruckpegel messen. Die SchülerInnen sollen sich überlegen, wo und was man überall messen kann – das was sie selbst interessiert.

Bei den Messungen sollten zwei Personen Protokoll (*Vorlage siehe Anhang*) führen und folgende Punkte notieren: Schallquelle, ungefähre Entfernung, vorhandene Schallisolierungen, Uhrzeit, Datum, mögliche Reflexionsmöglichkeiten sowie eigene Eindrücke und Hörerlebnisse.

Anschließend werden die Ergebnisse mit der gesamten Klasse diskutiert.

41 Wie gut ist dein Gehör?

benötigtes Material: 1 Nadel, 1 Lineal

Durchführung: Zwei SchülerInnen führen dieses Experiment aus. Ein/e SchülerIn stellt sich ein paar Meter entfernt mit dem Rücken zum Tisch. Die zweite Person lässt eine Nadel aus immer der gleichen Höhe fallen (mit Hilfe des Lineals). Wenn der/die SchülerIn die Nadel fallen hört, hebt er/sie die Hand, anschließend geht er zwei Schritte nach vorne. Dies wiederholt sich so lange, bis der/die SchülerIn die Nadel nicht mehr hört. Die Entfernung wird gemessen. Wenn man dies mit mehreren SchülerInnen (ev. sogar gleichzeitig) macht, kann man Unterschiede im Hörvermögen feststellen.

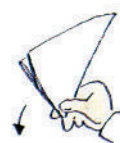
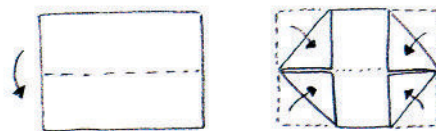
42 Die Papierpistole



benötigtes Material: 1 Blatt A3-Papier

Durchführung: Mit dem Blatt Papier werden folgende Schritte durchgeführt (siehe Skizze):

1. Das Papier wird in der Mitte zusammengelegt und anschließend wieder geöffnet.
2. Dann werden alle vier Ecken nach innen gefaltet, so dass eine Seite davon an der Mittellinie liegt.
3. Nun wird das Papier wieder in der Mitte zusammengefaltet, mit den Ecken innen.
4. Anschließend wird das Papier der Breite nach zusammengefaltet und wieder geöffnet.
5. Die am weitesten entfernte Ecke wird an der Mittellinie entlang nach unten, über die andere Ecke, gefaltet.
6. Das Papier wird an der bereits bestehenden Mittellinie entlang gefaltet, aber in der anderen Knickrichtung.
7. Halte die beiden spitzen Enden zwischen drei Fingern und bewege die „Pistole“ schnell nach unten, so dass der Innenteil unter einem heftigen Knall nach außen schießt.





43 Hörtest mit Stimmgabel

benötigtes Material: Stimmgabel

Durchführung: Man setzt den Griff einer schwingenden Stimmgabel auf die Mitte des Kopfes. Hört die Testperson den Ton auf einer Seite lauter als auf der anderen, so liegt eine Schallleitungsschwerhörigkeit vor (z.B. durch eine Mittelohrentzündung verursacht). Dort wo er den lautereren Ton hört, befindet sich das kranke Ohr. Dies kann bei einem gesunden Menschen auch simuliert werden, wenn dieser sich ein Ohr zuhält. Bei einer Innenohrschwerhörigkeit wird der Ton auf dem gesunden Ohr lauter gehört.

zusätzliche Information: Bei der Schallleitungsschwerhörigkeit werden die Schallwellen im Außen- oder Mittelohr aufgehalten und können das unbeschädigte Innenohr nicht erreichen. Bei der Innenohrschwerhörigkeit, die 90 % der Hörprobleme bei Erwachsenen verursacht, sind die Haarzellen im Innenohr beschädigt und können deshalb Geräusche nicht mehr so klar differenzieren.

44 Hör-Memory



benötigtes Material: kleine Dosen (z.B. Film Dosen, alle müssen gleich ausschauen), unterschiedlichste Gegenstände: z.B. Erbsen, Mürmeln, Reiskörner, Knöpfe, Holzstücke, Reißnägeln, Büroklammern, etc.



Durchführung: In je zwei Dosen werden die gleichen Gegenstände gegeben. Auf die Unterseite wird eine Zahl geschrieben, anhand der dann der Inhalt wieder rekonstruiert werden kann. Die Gruppe/Einzelperson muss durch Schütteln der Dose das Paar mit dem gleichen Inhalt finden. Wenn dies erraten wurde, bekommt sie das Paar. Wer am meisten Paare erraten hat, hat gewonnen!

45 Wir erzeugen Töne



benötigtes Material: unterschiedlich große Tupperware Dosen, unterschiedliche Gummiringe

Durchführung: Über eine Tupperware Dose werden zwei bis drei unterschiedliche Gummiringe gespannt. Nun werden diese angezupft und gespannt gelauscht ob man einen Unterschied zwischen den einzelnen Gummiringen erkennen kann.





Musik

46 Flöte spielen unter Wasser

benötigtes Material: 1 alte Blockflöte aus Kunststoff, großer Becher, Wasser

Durchführung: Man nimmt die Blockflöte, hält alle Löcher zu und bläst vorsichtig hinein – es entsteht ein tiefer Ton. Nun holt man tief Luft, bläst wieder in die Blockflöte und hält diese ins Wasser. Anschließend schiebt man, während weiter geblasen wird, die Flöte tiefer hinein. Dann wird noch einmal Luft geholt und hineingeblasen während die Blockflöte langsam wieder aus dem Wasser gezogen wird.

zusätzliche Information: Wenn man in die Blockflöte bläst, entsteht durch die Luftsäule in dieser ein Ton. Wenn die Blockflöte nun ins Wasser getaucht wird, so steigt das Wasser in der Flöte auch und damit verändert sich die Länge der Luftsäule - der Ton wird höher. Dementsprechend wird der Ton tiefer wenn die Flöte wieder herausgezogen wird.

47 Schwirrh Holz



benötigtes Material: 1 Stück Holz ca. in der Größe eines Lineals, 1 etwa 1,5 m lange Schnur

Durchführung: In ein Ende des Holzes wird ein Loch gebohrt worin ein Ende der Schnur befestigt wird. Mit dem anderen Ende wird das Holz über dem Kopf im Kreis geschwungen. Ab einer gewissen Drehgeschwindigkeit wird die Luft in Schwingung versetzt und es entsteht ein dröhnender Laut.

zusätzliche Information: Je schneller man das Holzstück dreht, umso lauter wird dieses Geräusch. Wenn man ein breites Stück Holz verwendet, wird der Ton tiefer und lauter. Man kann auch Metall- oder Kunststoffstücke verwenden und die unterschiedlichen Tonhöhen anschließend vergleichen.

48 Ein neues Zupfinstrument

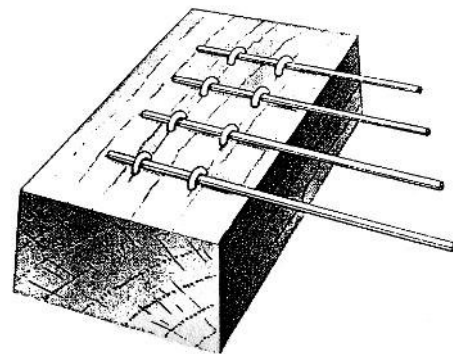
VS



benötigtes Material: 4-6 Drahtstücke unterschiedlicher Länge von 5-10 cm (z.B. aus einem Metallkleiderbügel), U-förmige Nägel, Hammer, Holzblock (ca. 15 x 10 x 5 cm)

Durchführung: Die unterschiedlich langen Drahtstücke werden gerade gebogen und auf den Holzblock genagelt, so dass diese am Holzblock eine Gerade bilden. Nun können die freistehenden Enden mit dem Finger angezupft werden.

zusätzliche Information: Das Musikinstrument würde sehr viel leiser klingen, wenn die Drahtstücke nicht am Holzblock fixiert wären. Er dient als Resonanzkörper.



49 Gespannte Saite

benötigtes Material: Fischernylonschnur, 1 Holzbrett (ca. 3 cm dick, 60-90 cm lang), Nagel, Hammer, kleiner Eimer, Steine, 2 kleine Holzstückchen

Durchführung: Als erstes wird ein Nagel an ein Ende des Holzbrettes geschlagen und ein Ende der Schnur daran befestigt. Das Brett wird nun so auf den Tisch gelegt, dass das Ende ohne Nagel über die Tischkante hinaus steht. Dort wird der kleine Eimer hängend am losen Ende der Schnur befestigt, die beiden kleinen Holzstücke zwischen Saite und Holzbrett gelegt. Wird die Saite angezupft, so hat diese eine andere Tonhöhe,



als wenn Steine im Eimer liegen. Man kann die Tonhöhe auch ändern, indem man den Abstand der Holzstückchen zueinander verändert.

50 Gläser-Xylophon



benötigtes Material: 4 Gläser oder Flaschen in derselben Form und Größe, Wasser, Schlägel

Durchführung: Drei von den vier Gläsern werden unterschiedlich hoch mit Wasser gefüllt. Das vierte Glas bleibt leer. Nun schlägt man mit dem Schlägel seitlich auf die Glaswand. Es entstehen unterschiedliche Töne – je mehr Wasser im Glas vorhanden ist, welches in Schwingung versetzt wird, desto tiefer ist der Ton. Talentierte SchülerInnen können auch Melodien mit den Gläsern spielen.



51 Wasserorgel



benötigtes Material: 5 gleich große und gleich geformte Flaschen, Wasser

Durchführung: Vier von den fünf Flaschen werden mit unterschiedlich viel Wasser gefüllt, eine bleibt leer. Wenn man nun quer über die Flaschenöffnungen bläst, entstehen unterschiedliche Töne – kleine Luftmengen schwingen dabei schneller als große. Wenn also mehr Wasser und damit weniger Luft in einer Flasche ist, so ist der Ton höher als wenn weniger Wasser in der Flasche ist.

Erweiterung:

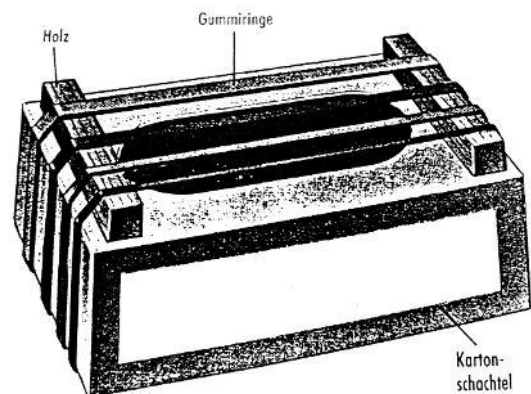
Das gleiche Experiment kann man auch gut mit unterschiedlichen Flaschengrößen und gleicher oder anderer Wasserhöhe durchführen.



52 Gummiring-Gitarre

benötigtes Material: mehrere Gummiringe unterschiedlicher Länge und Stärke, 1 Kartonschachtel, Schere, 2 Holzstücke (ca. 1 cm breit und ca. so lang wie die Schachtel)

Durchführung: An der Oberseite der Schachtel wird mit der Schere eine Öffnung herausgeschnitten und die verschiedenen Gummiringe um die Schachtel herum gespannt. Wenn man diese jetzt anzupft, dann scheuern sie noch am Karton, es wird kein klarer Ton erzeugt. Wenn jetzt allerdings die Holzstege auf den Enden des Kartons befestigt werden und die Gummiringe darüberlaufen, dann ist der Ton viel klarer. Die Spannung der Saiten entscheidet über die Tonhöhe.





53 Musik aus Pfeifen



benötigtes Material: Pfeifen, Blasinstrumente, etc. unterschiedlichster Art

Durchführung: Durch das Blasen in die unterschiedlichen Instrumente gerät die Luft im Inneren in Schwingung und es können unterschiedliche Töne erzeugt werden.

zusätzliche Information: Blasinstrumente enthalten Röhren oder Pfeifen aus Holz oder Metall. Wenn ein Blasinstrument aus einem sehr langen Pfeifenstück besteht, so wird dieses zur Platzersparnis kreis- oder schraubenförmig aufgerollt. Wir unterscheiden Holz- und Blechblasinstrumente.

54 Grashalm-Musik



benötigtes Material: Grashalm

Durchführung: Mit einem flachen Grashalm (oder einem dünnen Blatt) kann man leicht ein einfaches Rohrblatt bauen. Dazu wird dieses einfach zwischen Daumen und Daumenballen eingespannt, dann wird scharf darübergeblasen. Es beginnt zu schwingen und man hört einen lauten, quietschenden Ton.

zusätzliche Information: Einige Holzblasinstrumente enthalten im Mundstück ein Rohrblatt. Der Bläser erzeugt einen Ton, indem er Luft durch einen Spalt zwischen zwei Rohrblattzungen hindurchbläst. Dadurch wird die Luftsäule im Instrument zum Schwingen angeregt. Blechblasinstrumente enthalten dagegen keine Rohrblattzunge. Stattdessen müssen die Musiker ihre Lippen vibrieren lassen.

55 Gartenschlauch Musik

benötigtes Material: 1 etwa 1 m langen Gartenschlauch

Durchführung: Mit diesem Experiment kann man nachvollziehen, wie ein Blechblasinstrument zu spielen ist. Man nimmt den Gartenschlauch, spitzt

die Lippen und bringt sie nahe beim Schlauchende zum Vibrieren. Die Lippen übernehmen also die Aufgabe des Rohrblatts. Die Luft wird durch den Schlauch geblasen, es entstehen Schwingungen und (nicht sehr musikalische) Töne, deren Höhe sich ändert, wenn man die Lippen mehr oder weniger fest zusammenpresst.

56 Joghurtbecher-Plattenspieler

benötigtes Material: 1 spitze Nadel, 1 Joghurtbecher, 1 alte Schallplatte (ist besser geeignet als eine neue!)

Durchführung: Die Nadel wird durch den Boden eines leeren Joghurtbechers von innen nach außen durchgestoßen und festgeklebt. Nun hält man den Joghurtbecher so über die Schallplatte, dass die Nadelspitze in der Rille mitfährt. Dadurch wird sie in Schwingung versetzt. Der Joghurtbecher dient als Resonanzboden und verstärkt die Schallwellen. Wenn man nun mit dem Ohr nahe an den Becher geht, kann man die Musik recht gut hören.



57 Das Glockenspiel

benötigtes Material: 1 Kupferrohr (ca. 1 m lang), feste Schnur, Selbstklebeband, Schere, Besenstiel, 2 Sessel, Eisenstab (großer Nagel)

Durchführung: Das Kupferrohr wird in sieben



Stücke zersägt, das kürzeste sollte 5 cm lang sein, die weiteren Stücke jeweils um 2,5 cm länger, bis 20 cm erreicht sind. Um die oberen Enden wird jeweils ein fester Faden gebunden und mit dem Klebeband festgeklebt. Dann werden die Rohre an einem Besenstiel befestigt, der auf zwei Sessellehnen aufliegt, sie dürfen den Boden nicht berühren. Nun schlägt man mit einem großen Nagel die Rohre an und erzeugt unterschiedliche Töne?

Erweiterung: Statt der Kupferrohre kann man auch mehrere gleich dicke, aber verschieden lange Nägel verwenden. Je länger der Nagel, desto tiefer wird der Ton sein, der beim Anschlag erklingt.

58 Geräusche raten



benötigtes Material: Gläser oder Becher, unterschiedliche Flüssigkeiten oder Dinge (z.B. Mineralwasser prickelnd, Leitungswasser, Nüsse, Kaffeebohnen, Reis, etc.), Augenbinde



Durchführung: Zuerst schauen sich beide SchülerInnen die vorhandenen Dinge genau an. Eine Person bekommt die Augenbinde umgebunden, die zweite leert die Flüssigkeit oder das Ding in ein Glas oder einen Becher. Der Andere muss hören, was das sein könnte und dies dann erraten. Anschließend tauschen!

59 Singender Luftballon



benötigtes Material: Luftballon (am Besten mehrere, gehen leicht kaputt), unterschiedliche Cent-Münzen mit Rillen am Rand

Durchführung: Eine Münze wird in einen Luftballon gegeben und dieser aufgeblasen. Durch schnelles Kreisen des Luftballon beginnt dieser zu singen. Mit unterschiedlichen Münzen können verschiedene Töne erzeugt werden.

zusätzliche Information: Die Rillen am Rand der Münzen bringen die Luftballonhaut zum Vibrieren und erzeugen so einen Ton.





Glossar



A

Absorption

Die Schwächung der Intensität oder die Verringerung der → Energie einer Teilchen- oder Wellenstrahlung beim Durchgang durch Materie. Das Material, durch das die Absorption erfolgt, wird als **Absorber** bezeichnet.

Akkord

Zusammenklang von Tönen verschiedener Tonhöhe; im System des Terzaufbaus (seit Jean-Philippe Rameau; franz. Komponist 1683-1764): **Moll-Akkord** als Dreiklang mit kleiner, **Dur-Akkord** als Dreiklang mit großer Terz.

Akustik

Die Lehre vom → Schall. Die Akustik ist ein Teilgebiet der Mechanik; sie befasst sich mit mechanischen → Schwingungen im Frequenzbereich zwischen ca. 20 Hz (untere → Hörgrenze) und 20.000 Hz (obere Hörgrenze), die sich in einem elastischen Medium wellenförmig (zumeist als Longitudinalwelle) ausbreiten und im menschlichen → Gehör (→ Ohr) einen Schalleindruck hervorrufen können. Wegen ihres physikalisch ähnlichen Verhaltens werden häufig mechanische Schwingungen und → Wellen mit → Frequenzen unterhalb von ca. 20 Hz (→ Infraschall) und oberhalb von 20.000 Hz (= 20 kHz) bis 10 MHz (→ Ultraschall) ebenfalls der Akustik zugerechnet.

Altersschwerhörigkeit

Im Alter nimmt das Hörvermögen für hohe Töne ab, von maximal 21.000 Hz mit 20 Jahren auf 15.000 Hz mit 35 Jahren, 12.000 Hz mit 50 Jahren und 5.000 Hz ab 60 Jahren. Sehr hohe Töne wie Grillenzirpen, Vogelgezwitscher, S- und T-Laute kann man dann nicht mehr hören. Hinzu kommt im Alter ein Anstieg der → Hörschwelle, der zu Altersschwerhörigkeit führt. So bringt etwa die normale Altersschwerhörigkeit von Männern zwischen 60 und 65 Jahren einen Hörverlust bei 4 kHz von durchschnittlich 31 dB mit sich (d.h. bei dieser → Frequenz müssen die Töne, um gehört zu werden, bereits um 31 dB lauter sein, als in der Jugendzeit). Bei Frauen gleichen Alters ist der Hörverlust geringer (ungefähr 20 dB). Diese Alterserscheinungen gehen zurück auf die nachlassende Beweglichkeit der schwingenden Teile des → Ohres, also des Trommelfells, der Gehörknöchelchen, des ovalen Fensters und der Basilarmembran, und das Absterben von Haarzellen. (siehe auch → Schwerhörigkeit)

Amboss

Der Mittlere der drei Gehörknöchel (→ Ohr), diese stellen die Verbindung zwischen äußerem Ohr und Innenohr her und übertragen die Schwingungen.

Ammenschlaf

Als Ammenschlaf bezeichnet man das Phänomen, dass eine Mutter für extreme → Geräusche (wie z.B. tosender Donner) unempfindlich ist und davon nicht geweckt wird, vom leisesten Weinen ihres Kindes aber sofort hellwach wird.

Amplitude: Schwingungsweite

Der Weg eines Pendels vom Umkehrpunkt zur Ruhelage heißt Amplitude. Es ist der größtmögliche Wert, den eine als unabhängige Variable betrachtete, sich periodisch ändernde physikalische Größe bei einer → Schwingung annimmt. So ist bei einer mechanischen Schwingung die Amplitude gleich der größten Auslenkung des schwingenden Körpers aus seiner Ruhelage.

Äquivalenter Dauerschallpegel

→ Schalldruckpegel

Audiometer: Gehörprüfer

Erzeugen elektrische Wechselströme verschiedener → Frequenz und Intensität. Die Wechselströme betreiben → Luftschall- und Knochenschallhörer, die einen möglichst reinen, von Oberwellen freien Ton abstrahlen. Die Verwendung obertonfreier Töne für die Hördiagnostik geht auf Ohm, von Helmholtz und Bezold zurück und gilt seither unwidersprochen. Mit dem Audiometer werden Töne ab 125 Hz aufwärts überprüft, 10.000 Hz bis 12.000 Hz bilden die obere Grenze des Prüfbereichs. Geprüft wird meist in Oktavabständen, ab 500 Hz oder 1.000 Hz auch in Halb-Oktavabständen.

Audiometrie: Gehörprüfung

aural: am (im, beim) → Ohr

B

Basilarmembran

Trennung zwischen Paukentreppen und Schnecken gang (in der Schnecke); siehe auch → Ohr.

Bell, Alexander Graham (1847–1922)

Eröffnete in Boston bereits mit 25 Jahren seine eigene Schule zur Ausbildung von Lehrern für Gehörlose.



Seine bekannteste Leistung ist die Entwicklung des Telefons.

C

Chladnische Klangfiguren

[nach E.F. Chladni]: Figuren, die sich auf mit Korkpulver (oder Quarzsand) bestreuten schwingenden Platten herausbilden.

Bringt man eine an einer Stelle fest eingespannte elastische Platte durch Anschlagen oder Anstreichen mit einem Geigenbogen zum Schwingen, so bilden sich auf ihr stehende \rightarrow Wellen heraus. Es gibt also auf der Platte außer Stellen, die ständig schwingen, auch Stellen, die während des gesamten Schwingungsvorganges in Ruhe bleiben. Sie werden als Knotenlinien oder Knotenflächen bezeichnet. Man kann sie sichtbar machen, indem man die Platte mit feinem Korkpulver (Quarzsand) bestreut. Dieses wird von den schwingenden Stellen weggeschleudert und sammelt sich an den ständig in Ruhe bleibenden Knotenlinien und Knotenflächen an.

Die Form der Chladnischen Klangfiguren hängt außer vom Material und der Abmessung der Platte in starkem Maße auch davon ab, an welcher Stelle die Platte angeschlagen oder angestrichen wird und an welcher Stelle sie fest eingespannt ist, da sich an der Anregungsstelle naturgemäß stets ein Bewegungsbauch und an der Einspannstelle stets ein Bewegungsknoten herausbildet.

Cortisches Organ

Das eigentliche Hörorgan, das sich in der Schnecke befindet (zwischen Reissner Membran und Basilarmembran); siehe auch \rightarrow Ohr

D

Dezibel

[nach G. \rightarrow Bell]; Einheitenzeichen dB; das logarithmierte Größenverhältnis zweier gleichartiger Größen G_1 und G_2 (z.B. zweier Auslenkungen bei \rightarrow Schwingungen). Es ist $\text{dB} = 1$ wenn $\log(G_1/G_2) = 1/10$ gilt. Das Dezibel ist eine Pseudoeinheit, die vor allem im Zusammenhang mit Schalleinwirkungen auf den Menschen gebräuchlich ist. Dabei wird der Quotient aus dem durch eine \rightarrow Schallquelle (z.B. Motor) hervorgerufenen Schallpegel und einem Normalschallpegel zugrunde gelegt.

Dissonanzen

Zu den Dissonanzen zählt man solche Tonpaare, zwischen denen die folgenden \rightarrow Intervalle bestehen:

Intervall	Frequenzverhältnis
Sekund	9:8
Septim	15:8

Zu ihnen gehören Frequenzverhältnisse mit wesentlich größeren Zahlen als jene, welche die \rightarrow Konsonanzen aufweisen.

Doppler-Effekt

[nach C. Doppler]; Erscheinung, dass bei jeder Art von \rightarrow Welle eine Änderung der \rightarrow Frequenz bzw. der \rightarrow Wellenlänge eintritt, sobald Beobachter und Wellenerreger sich relativ zueinander bewegen. Besonders eindringlich zeigt sich der Doppler-Effekt bei Schallwellen. Fährt beispielsweise eine pfeifende Lokomotive auf einen ruhenden Beobachter zu, so hört dieser einen höheren Ton, als wenn sich die Lokomotive von ihm wegbewegt. Ebenso hört ein sich auf eine ruhende \rightarrow Schallquelle zubewegender Beobachter einen höheren Ton als ein sich von der Schallquelle wegbewegender Beobachter.

Beim Doppler-Effekt unterscheidet man zwei Fälle:

1. Ruhender Wellenerreger – bewegter Beobachter und
2. bewegter Wellenerreger – ruhender Beobachter. Da die beiden Fälle zu verschiedenen Ergebnissen führen, kommt es bei der Erscheinung des Doppler-Effekts nicht nur, wie man anfänglich meinen könnte, auf die relative Bewegung zwischen Wellenerreger und Beobachter an, sondern vielmehr auch darauf, wer von beiden sich relativ zum Ausbreitungsmedium bewegt (nur wenn die Geschwindigkeit des Beobachters bzw. des Wellenerregers klein ist gegenüber der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle, ist der Unterschied der beiden Fälle vernachlässigbar).

Dynamik

ist in der Musik die Lehre von der Tonstärke.

Die wichtigsten dynamischen Bezeichnungen sind:

pp	pianissimo	sehr leise
p	piano	leise
mf	mezzoforte	halbstark
f	forte	stark
ff	fortissimo	sehr stark

Durch ein hinzugefügtes „più“ (d.h. mehr) und „meno“ (d.h. weniger) entstehen noch Abstufungen wie: più f = stärker, meno f = weniger stark.



Allmähliches Zu- oder Abnehmen der Tonstärke wird bezeichnet durch:

crescendo, cres. (sprich krescendo)	stärker werdend
decrescendo, decresc.	schwächer werdend
diminuendo, dim.	abnehmend

Anstelle der Bezeichnung „crescendo“ verwendet man auch die Crescendo-Gabel:

Anstelle der Bezeichnung „decrescendo“ oder „diminuendo“ die Diminuendo-Gabel:

Für einzelne Töne gelten noch weitere Bezeichnungen:

sf, sfz, fz	sforzato	stark betont
fp	fortepiano	stark und sofort leise

E

Echo: Widerhall

Schallreflexion, bei der der reflektierte Schall getrennt vom Originalschall wahrnehmbar ist. Das menschliche → Ohr vermag zwei Schallereignisse (z.B. zwei Pistolenschüsse) nur dann als getrennt voneinander zu kennen, wenn zwischen beiden ein zeitlicher Unterschied von mindestens 1/10 Sekunde besteht.

Da sich der → Schall in der Luft mit einer Geschwindigkeit von rund 330 m/s ausbreitet, legt er in dieser Zeit 34 m zurück. Der Abstand zwischen → Schallquelle und dem reflektierenden Hindernis muss deshalb mindestens $34:2 = 17$ m betragen, damit ein Echo zustande kommt. (siehe auch → Nachhall)

Echolot

Eine auf der Reflexion von Schallwellen beruhende Vorrichtung zur Messung von Gewässertiefen. Von einer am Schiffsrumpf angebrachten → Schallquelle aus wird ein kurzer, kräftiger Schallimpuls in Richtung Gewässerboden gesendet, dessen → Echo auf einen ebenfalls am Schiffsrumpf befindlichen → Schallempfänger trifft. Die Laufzeit (Δt) des Schallimpulses, d.h. die Zeit, die er für den Weg zum Gewässerboden und zurück benötigt, wird mit einem Kurzzeitmesser gemessen. Bei bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit des → Schalls im Wasser (v_w) lässt sich dann die Wassertiefe (h) bestimmen aus der Beziehung

$$h = \frac{v_w \cdot \Delta t}{2}$$

Eigenfrequenz

Diejenige → Frequenz, mit der ein durch einen einmaligen Anstoß zum Schwingen erregtes und dann sich selbst überlassenes schwingungsfähiges System (z.B. ein Schwingkreis) schwingt; die Frequenz also, mit der die → Eigenschwingungen erfolgen.

Eigenschwingung

Die → Schwingung, die ein schwingungsfähiges Gebilde mit einer → Eigenfrequenz ausführt. Die Eigenschwingung ist stets eine gedämpfte Schwingung. Ein System kann verschiedene Eigenschwingungen haben, nämlich eine → Grundschiwingung und deren Oberschwingungen. Dies ist bei Musikinstrumenten wichtig.

Elongation: Auslenkung

Bei einer mechanischen → Schwingung die jeweilige Entfernung des schwingenden Körpers von seiner Ruhe- bzw. Gleichgewichtslage. Die Auslenkung ist dabei eine zeitabhängige Größe. Ihr Maximalwert heißt Amplitude. Im entsprechend übertragenen Sinne spricht man auch von Elongation bei nichtmechanischen Schwingungen. Bei einer harmonischen Schwingung ist die Auslenkung dem Sinus der Zeit proportional.

Energie

Formelzeichen E (auch W); die in einem physikalischen System gespeicherte Arbeit, d.h. die Fähigkeit eines physikalischen Systems, Arbeit zu verrichten. Die verschiedenen in der Natur vorkommenden Energieformen (elektrische, thermische, magnetische, mechanische [kinetische, potentielle], chemische Energie) können ineinander umgerechnet und weitgehend auch umgewandelt werden.

Eustachische Röhre

Auch Ohrtrumpete oder Tuba genannt. Verbindung zwischen dem Nasen-Rachenraum und der Paukenhöhle (Mittelohr). Sie ist notwendig für den Druckausgleich und die Belüftung der Paukenhöhle; siehe auch → Ohr

extraaural: außerhalb des → Ohres



F

Frequenz → Schwingung

Formelzeichen ν ; bei einem periodischen Vorgang, z.B. einer Schwingung, der Quotient aus der Anzahl n der Perioden (vollen Schwingungen) und der dazu erforderlichen Zeit:

$$\nu = \frac{n}{t}$$

Die Frequenz gibt an, wie viele Schwingungen pro Zeiteinheit (meist pro Sekunde) stattfinden. Für die Dimension der Frequenz gilt: $\dim \nu = Z^{-1}$

SI – Einheit der Frequenz ist das → Hertz (Hz). Eine Schwingung hat die Frequenz 1 Hz, wenn in einer Sekunde eine volle Schwingung erfolgt.

Frequenzbewertungskurve

Der nichtlineare Frequenzgang des → Ohres hat zur Einführung von Bewertungsfiltern geführt, mit denen es möglich ist, Schallmessungen in Relation zum menschlichen Ohr durchzuführen. Diese Bewertungsfilter schwächen das Schallsignal gemäß international genormten Bewertungskurven ab, welche mehr oder weniger den Kurven gleicher Lautstärke entsprechen.

- Die A-Bewertungskurve entspricht etwa der 40-Phon-Kurve (gebräuchlichste Kurve).
- Die B-Bewertungskurve entspricht etwa der 70-Phon-Kurve.
- Die C-Bewertungskurve entspricht etwa der 100-Phon-Kurve.
- Die D-Bewertungskurve entspricht einer speziellen Kurve, welche → Frequenzen im Bereich von 1 kHz bis 10 kHz besonders hervorhebt. Sie wird hauptsächlich bei Messungen von Flugverkehrslärm benutzt.

Alle → Schallpegelmesser besitzen einen A-Bewertungsfilter, der zwischen Vorverstärker und Detektor angeordnet ist, da ein A-Bewertungsfilter das Empfindungsverhalten des menschlichen Ohres nachbildet.

Fühlschwelle

Sie ist die obere Grenze der Hörfläche. Die Fühlschwelle gibt an, bis zu welchem maximalen → Schalldruck (20 Pa) eine Schallwelle noch als → Schall empfunden wird. Bei noch höherem Schalldruck tritt Schmerzempfindung auf.

G

Gehör

Die Fähigkeit, die Schallwellen mit dem Hörorgan (→ Ohr) wahrzunehmen.

- **relatives Gehör:** Fähigkeit, Töne im Zusammenklang zu unterscheiden.
- **absolutes Gehör:** Fähigkeit, einen Ton nach Gehör zu bestimmen.

Gehörschutz

Betrifft den Schutz des menschlichen → Ohres vor gesundheitsgefährdendem → Lärm (> 85 dB). Hierfür eignen sich folgende Gehörschützer: Watte, Stöpsel, Kapseln und spezielle Helme. Durch die Benutzung lässt sich am Trommelfell eine Pegelminderung bis zu 30 dB erreichen. Um wirksam zu sein, müssen Gehörschützer während der gesamten Einwirkdauer gehörgefährdender Lärmpegel getragen werden. Werden sie auch nur für kurze Zeit abgesetzt, reduziert sich ihre Schutzwirkung bereits drastisch (z.B. wird ein Gehörschützer während eines Acht-Stunden-Tages im Lärmbereich nur vier Stunden getragen, beträgt seine effektive Schutzwirkung lediglich 3 dB, wird er acht Stunden getragen ist eine Schutzwirkung von 30 dB gegeben).

Geräusch: → Schall

Geräusch – Immission

Darunter versteht man die Einwirkung von → Geräuschen auf die in der Umgebung der → Schallquelle wohnenden und arbeitenden Menschen.

Grundschiwingung

Bei einer zusammengesetzten → Schwingung diejenige (harmonische) Teilschwingung, deren → Frequenz den kleinsten Wert hat. Die übrigen Schwingungen werden als Oberschwingungen bezeichnet, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache der Frequenz der Grundschiwingung (Grundfrequenz) sind. Bei akustischen Schwingungen (→ Schall) werden entsprechend die Bezeichnungen Grundton und → Obertöne verwendet.



H

Hammer

Der Hammer ist das erste Gehörknöchelchen und schließt direkt an das Trommelfell an, von wo die Schallwellen kommen; siehe auch → Ohr

Hertz, Heinrich (1857 – 1894)

Deutscher Physiker; Abkürzung: Hz, SI-Einheit der → Frequenz. Zeigt die Anzahl der → Schwingungen pro Sekunde an.

Festlegung: 1 Hertz (Hz) ist gleich der Frequenz eines periodischen Vorgangs der Periodendauer 1 Sekunde (s):

$$1 \text{ Hz} = \frac{1}{s} = s^{-1}$$

hochfrequent

Hochtönig, hohe Töne betreffend. Töne über 1.000 Hz sind energiereicher und hören sich „heller und schriller“ an.

Hörbereich

Ist derjenige Frequenzbereich, innerhalb dessen mechanische → Schwingungen vom menschlichen → Gehör als → Schall wahrgenommen werden können. Der Hörbereich erstreckt sich von ca. 20 Hz (untere → Hörgrenze) bis zu 20.000 Hz (obere Hörgrenze). Der Hörbereich umfasst also ungefähr 10 Oktaven (→ Tonleiter). Die obere Hörgrenze sinkt mit zunehmendem Alter stark ab und liegt für 35-jährige bei etwa 15.000 Hz, für 80-jährige bei etwa 5.000 Hz.

Hörgrenze

obere Hörgrenze: Darunter versteht man die höchste → Frequenz einer noch als Ton hörbaren Schallschwingung. Sie erreicht bei Jugendlichen etwa 18.000 Hz, sinkt mit zunehmendem Alter aber kontinuierlich ab und ist individuell verschieden. Schallschwingungen noch höherer Frequenz (ab 20.000 Hz) werden als → Ultraschall (unhörbar) bezeichnet.

untere Hörgrenze: Ist die tiefste Frequenz einer noch als Ton hörbaren Schallschwingung. Sie beträgt etwa 10 Hz. → Schall mit noch tieferer Frequenz (unter 20 Hz) heißt → Infraschall (unhörbar).

Hörschwelle

Die Hörschwelle bildet die untere Begrenzung des → Hörbereichs. Sie gibt an, bei welchem → Schalldruck eine Schallwelle eine gerade noch wahrnehmbare

Gehörempfindung hervorruft. Der benötigte Schalldruck ist von der → Frequenz abhängig. Bei einer Frequenz von 20 Hz ist dazu ein etwa 10.000 Mal so großer Schalldruck nötig als im Bereich der größten Empfindlichkeit von 1.000 Hz bis 5.000 Hz.

Hörschwellenverschiebung

Sind die Haarzellen infolge Ermüdung durch starken → Lärm nicht mehr so empfindlich, senden sie erst bei stärkerem Reiz ein elektrisches Signal. Die → Hörschwelle für einzelne → Frequenzen wird angehoben und das Hörvermögen verschlechtert sich. Die Hörschwellenverschiebung kann vorübergehend (→ TTS – temporary threshold shift) oder bleibend (→ PTS – permanent threshold shift) sein.

Hörsturz

Ist eine akut auftretende Schwerhörigkeit (→ Altersschwerhörigkeit) eines oder beider → Ohren. Er entsteht durch akuten Sauerstoffmangel im Innenohr durch mangelhafte Durchblutung (ähnlich wie beim Herzinfarkt oder beim Hirnschlag). Die Durchblutungsstörung muss schnell behoben werden, damit es nicht zum Absterben der → Haarzellen des Innenohres kommt.

Humbold, Alexander Freiherr (1769-1859)

Deutscher Naturforscher und Geograph; berechnete die → Schallgeschwindigkeit (ca. 330 m/s in der Luft).

I

Infraschall

Darunter versteht man mechanische → Schwingungen und → Wellen mit → Frequenzen unterhalb von ca. 20 Hz, die zwar vom menschlichen → Gehör nicht mehr als → Schall wahrgenommen werden können (→ Hörbereich), die sich jedoch in ihrem physikalischen Verhalten nicht wesentlich vom hörbaren Schall unterscheiden.

Interferenz

Bezeichnung für die Gesamtheit der charakteristischen Überlagerungserscheinungen, die beim Zusammentreffen zweier oder mehrerer Wellenzüge (mechanische oder elektromagnetische Wellen, Materiewellen, Oberflächenwellen) mit fester Phasenbeziehung untereinander am gleichen Raumpunkt beobachtbar sind. Ausgeprägte Interferenzerscheinungen erhält man, wenn die interferierenden Wellen annähernd gleiche Amplituden besitzen. Sind die Perioden der Einzelwellen



nicht gleich, so ist die Amplitude der resultierenden Welle zeitabhängig (→ Schwebung). Typische Interferenzerscheinungen sind auch **stehende Wellen** (→ Welle), die man erhält, wenn eine fortschreitende Welle reflektiert wird und reflektierte und ankommende Welle miteinander interferieren.

Interferenz bedeutet keine Wechselwirkung der Einzelwellen, sondern ist eine Folge ihres gleichzeitigen Vorhandenseins in einem Raumpunkt. Nach Verlassen des Interferenzgebietes weisen die Einzelwellen keinerlei bleibende Spuren des Zusammentreffens mehr auf.

Intervall

Darunter versteht man den Abstand von zwei Tönen. Das Intervall zweier Töne ist durch das Frequenzverhältnis (→ Konsonanzen) der sie verursachenden Schallwellen bestimmt. Die Namen der Intervalle kommen aus der lateinischen Sprache. Man unterscheidet folgende Intervalle: Prim, Sekund, Terz, Quart, Quint, Sext, Septim, → Oktav.

K

Kammerton

Darunter versteht man den Ton a' mit der → Frequenz 440 Hz. Es handelt sich dabei um einen internationalen Vergleichston.

Beim Zusammenspiel mehrerer Instrumente ist es nötig, dass alle bei derselben Note den gleichen Ton erzeugen. Um die Instrumente aufeinander abstimmen zu können, braucht man einen Vergleichston – den Kammerton.

Klang → Schall

Klangfarbe

Das Amplitudenverhältnis der im → Klang enthaltenen Teilschwingungen wird als Klangfarbe wahrgenommen. Sie ist physikalisch durch die → Frequenzen, die Anzahl und die Stärke der dem Grundton überlagerten harmonischen → Obertöne bestimmt.

Beim Anregen einer Saite können außer dem Grundton gleichzeitig viele Obertöne erzeugt werden, welche mit dem Grundton erklingen. Der Grundton bestimmt dabei die Tonhöhe, die Obertöne bestimmen die Klangfarbe. In entsprechender Weise werden auch bei Anregung von Luftsäulen gleichzeitig der Grundton und mehrere Obertöne erzeugt. Da bei verschiedenartigen Instrumenten gleichen Grundtons die Obertöne jeweils unterschiedlich stark (in einer für

das Instrument charakteristischen Weise) erklingen, können wir die einzelnen Instrumente an der Klangfarbe unterscheiden.

Knall → Schall

Knochenschalleitung

Schalleitung über die Schädelknochen zum Innenohr. Bei der Knochenschalleitung werden vor allem Töne höherer → Frequenz (oberhalb 800 Hz) begünstigt. Dadurch wird die eigene Stimme höher als real empfunden. Hört man die eigene Stimme aus dem → Lautsprecher, klingt sie daher ganz anders (tiefer). Die Knochenschalleitung verbessert die Sprachverständlichkeit. Der Hörgewinn ist vor allem bei den höheren Frequenzen beträchtlich.

Konsonanzen

Zusammenklang zweier Töne, der vom menschlichen → Gehör als wohlklingend empfunden wird. Die Konsonanz ist umso vollkommener, je kleiner die Zahlen sind, durch die sich das Frequenzverhältnis der beiden zusammenklingenden Töne darstellen lässt. Zu den Konsonanzen rechnet man heute allgemein solche Tonpaare, zwischen denen die folgenden → Intervalle bestehen.

Intervall	Frequenzverhältnis
Oktav	2:1
Quint	3:2
Quart	4:3
Sext	5:3
große Terz	5:4
kleine Terz	6:5

Körperschall

Neben dem → Schall, der sich in der Luft ausbreitet (→ Luftschall) und auf diesem Weg zum → Ohr des Menschen gelangt ist auch Schall, der sich in festen Körpern ausbreitet, für Lärmstehung und Lärmausbreitung wichtig, sowohl bei der Schallentstehung in Maschinen als auch in Musikinstrumenten und bei der Schallausbreitung in Gebäuden durch Wände und Decken. Die → Schwingungen der festen Körper regen die an ihrer Oberfläche liegenden Luftteilchen zu Schwingungen an und es führt damit Körperschall zu Luftschallanregung.

Als kennzeichnende Größe für den Körperschall wird die Schwinggeschwindigkeit, als → Schallschnelle bezeichnet (nicht mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit zu verwechseln), herangezogen. Sie kann in der Bauteiloberfläche gemessen werden und gibt ein Maß für den abgestrahlten → Luftschall (der auch noch von



dem für den jeweiligen Bauteil zutreffenden Abstrahlmaß abhängt). Eine Verminderung von Körperschall führt daher immer auch zu einer Verminderung des abgestrahlten Luftschalls. Körperschall kann im Bereich sehr tiefer → Frequenzen auch als Erschütterung wahrgenommen werden.

L

Lärm

Ist Schall (→ Geräusch), der Nachbarn oder Dritte stören, gefährden, erheblich benachteiligen oder erheblich belästigen kann.

Lärmäquivalente

Lärmäquivalente geben an, in welchem Zeitraum man sich welchem Schalldruckpegel aussetzen darf, ohne Schäden im Ohr davonzutragen. Lärmäquivalent sind z.B.: 80 dB in 8 Stunden, 95 dB in 48 Minuten, 100 dB in 15 Minuten, 105 dB in 4 Minuten.

Lärmschutzwände

Können an Straßen, Schienenstrecken und Betriebsanlagen sowie Sport- und Freizeitanlagen eingesetzt werden. Lärmschutzwände an Straßen oder Schienenstrecken müssen eine entsprechende Längenausdehnung haben. Damit haben sie eine ausgedehnte Trennwirkung und einen wesentlichen Einfluss auf das Stadt- oder Landschaftsbild. Gegen die Trennwirkung sind sie mit Türen oder entsprechend bemessenen Schallschleusen auszustatten, im Hinblick auf das Stadt- und Landschaftsbild erfordern sie eine sehr sorgfältige architektonische Planung. Schallabsorbierende Lärmschutzwände sind wegen der Vermeidung von – durch reflektierende Wände entstehenden – Spiegelschallquellen vorzuziehen. Lärmschutzwände an Schienenstrecken müssen jedenfalls hochabsorbierend sein. Ein Verzeichnis der → Schalldämmung und Schallabsorption vieler Bau-arten von Lärmschutzwänden enthält die ÖAL-Richtlinie 23, Blatt 2.

Lautheit: N

Ist eine subjektive Größe. Sie wird in sone angegeben. Die Beziehung zwischen der Lautheit N und dem → Lautstärkepegel L_N in → Phon ist folgend festgelegt:

$$N = 2^{0,1(L_N - 40)}$$

Die festgelegte Beziehung definiert also den Wert von 1 sone als die Lautheit eines → Schalls mit dem Lautstärkepegel 40 Phon.

Lautsprecher

Gerät zur Umwandlung elektrischer → Energie eines tonfrequenten Wechselstroms in Schallenergie, die über eine Membran abgestrahlt wird.

Lautstärkepegel: L_N

Ist ein Maß für die Stärke der subjektiven Wahrnehmung eines Schallorganes. Der Lautstärkepegel L_N wird in → Phon angegeben. Der Lautstärkepegel eines → Schalls beträgt n Phon, wenn von normalhörenden Beobachtern der Schall als gleich laut beurteilt wird wie ein reiner Ton der → Frequenz 1.000 Hz, der als ebene fortschreitende Schallwelle genau von vorne auf den Beobachter trifft und dessen → Schalldruckpegel n dB beträgt.

Eine Änderung des Lautstärkepegels um 10 Phon entspricht einer Halbierung bzw. einer Verdopplung der subjektiv empfundenen → Lautheit.

Luftschall

Ist der → Schall, der sich in der Luft ausbreitet. Dabei werden die einzelnen Teilchen zu → Schwingungen um ihre Ruhelage angeregt, regen weiter die benachbarten Luftteilchen an und es treten durch diese Schwingungen der Teilchen Verdichtungen und Verdünnungen auf, die sich wellenartig ausbreiten.

Diese Verdichtungen und Verdünnungen sind als Druckschwankungen, die sich dem → Luftdruck überlagern, messbar und werden vom menschlichen → Ohr wahrgenommen.

Je größer die Druckschwankungen (der → Schalldruck) sind, desto lauter wird das Schallereignis wahrgenommen. Je schneller die Druckschwankungen aufeinanderfolgen, d.h. je höher die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde (die → Frequenz) sind, desto höher wird der Ton wahrgenommen.

Der → Hörbereich erstreckt sich über einen sehr großen Schalldruckbereich von 20 μPa bis zu 20 Pa. Der → Schalldruck wird daher nicht in → Pascal (der üblichen verwendeten Einheit für den Druck 1 Pa = 1 N/m²) angegeben, sondern in einem logarithmischen Maß, als → Schalldruckpegel in → Dezibel.



M

Mach-Zahl

[nach E. Mach]: Formelzeichen Ma (oder auch M); der Quotient aus der Geschwindigkeit u eines sich in einem Medium bewegenden Körpers und der → Schallgeschwindigkeit v in diesem Medium:

$$Ma = u/v$$

Bei $Ma = 1$ fliegt also beispielsweise ein Flugzeug mit Schallgeschwindigkeit, bei $Ma = 2$ mit doppelter und bei $Ma = n$ mit n -facher Schallgeschwindigkeit in der betreffenden Luftschicht. Da die Schallgeschwindigkeit von den meteorologischen Verhältnissen abhängt und von Zeitpunkt zu Zeitpunkt und von Ort zu Ort verschieden sein kann, ist auch die Geschwindigkeit eines mit $Ma = 1$ fliegenden Flugzeugs nicht immer überall gleich groß.

In der Luftfahrt wird die Mach-Zahl für die Angabe von Fluggeschwindigkeiten, vor allem von schnell fliegenden Flugzeugen, verwendet.

Mikrofon

Gerät, mit dessen Hilfe Schallschwingungen in elektrische Spannungs- und Stromschwankungen umgewandelt werden können.

Modulation

Veränderung von Merkmalen einer → Schwingung (Trägerschwingung) entsprechend dem Verlauf einer zweiten Schwingung (der sogenannten modulierten Schwingung). Man unterscheidet im wesentlichen zwei Verfahren:

Amplitudenmodulation (Abk. AM): Die Auslenkung der Trägerschwingung wird bei konstanter → Frequenz entsprechend der modulierten Schwingung verändert (Ton gleich – Lautstärke variiert).

Frequenzmodulation (Abk. FM): Die Frequenz der Trägerschwingung wird durch die modulierte Schwingung beeinflusst; die Amplitude der Trägerschwingung bleibt unverändert (Ton variiert – Lautstärke bleibt gleich).

N

Nachhall

Schallreflexion, bei der im Gegensatz zum → Echo der zurückgeworfene → Schall nicht getrennt im Originalschall wahrgenommen werden kann, sondern in ihn übergeht. Nachhallscheinungen spielen

eine wichtige Rolle in der Raumakustik (→ Akustik). In geschlossenen Räumen sind sie im allgemeinen erwünscht, da durch sie der Originalschall verstärkt wird.

O

Obertöne

Die zugleich mit dem Grundton, d.h. mit dem tiefsten Ton eines Tongemisches (z.B. eines → Klages), auftretenden Töne höherer → Frequenz. Sind die Frequenzen der Obertöne ganzzahlige Vielfache der Frequenz des Grundtones, spricht man von harmonischen Obertönen, anderenfalls von unharmonischen Obertönen. Physikalische Ursache der Obertöne sind Oberschwingungen der → Schallquelle.

Ohr

Das der Schallaufnahme dienende Sinnesorgan von Menschen und Tieren. Beim menschlichen Ohr lassen sich drei Abschnitte unterscheiden:

1. das **äußere Ohr** mit Ohrmuschel und Gehörgang
2. das **Mittelohr** mit Trommelfell, Paukenhöhle, Gehörknöchelchenkette (Hammer, Amboss und Steigbügel) und Ohrtrumpete (Eustachische Röhre)
3. das **Innenohr (Labyrinth)** mit Vorhof, Bogengängen und Schnecke (Cochlea)

Der leicht geknickte **Gehörgang** ist etwa 2,5 cm lang und hat einen Durchmesser von 6-8 mm. Er hat die Aufgabe, die auftretenden Schallwellen zum Mittelohr zu transportieren.

Der Gehörgang wird durch das **Trommelfell** abgeschlossen. Es ist ein leicht gespanntes, trichterförmiges Häutchen. Seine wirksame Fläche beträgt etwa 55 mm² und seine Dicke 0,1 mm. An seiner Rückseite ist die Gehörknöchelchenkette befestigt. Sie besteht aus **Hammer**, **Amboss** und **Steigbügel** und stellt ein Hebelsystem dar. Die Steigbügelplatte, deren Fläche etwa 3,2 mm² beträgt, grenzt an das mit Lymphe gefüllte Innenohr (Labyrinth) an. Der Raum zwischen Trommelfell und Innenohr heißt **Paukenhöhle**. Trommelfell und Gehörknöchelchenkette stellen aufgrund ihrer Elastizität ein schwingungsfähiges Gebilde dar. Es wird durch die auftretenden Schallwellen zu erzwungenen → Schwingungen erregt. Schon nach einer Einschwingzeit von 0,25 Millisekunden stimmt der Verlauf der erzwungenen Schwingung mit dem der erregenden Schallschwingung überein. Bedingt durch die Hebelwirkung der Gehörknöchelchenkette einerseits und durch die verschiedenen großen Flächen



von Trommelfell und Steigbügel Fußplatte andererseits, ist der von den Schallschwingungen hervorgerufene Wechseldruck an der Steigbügel Fußplatte etwa 22-mal so groß wie am Trommelfell.

Die ordnungsgemäße Funktion von Trommelfell und Gehörknöchelchenkette ist abhängig von einer guten Belüftung der Paukenhöhle. Der notwendige Druckausgleich erfolgt über die **Ohrtrompete (Eustachische Röhre)**, eine etwa 3,5 cm lange Verbindung zwischen Paukenhöhle und Nasen-Rachenraum.

Das mit Lympflüssigkeit gefüllte **Innenohr** besteht aus den Bogengängen, dem Vorhof und der Schnecke, dem eigentlichen Hörorgan, in dem die Schallschwingungen in Nervenimpulse umgewandelt werden.

Die **Schnecke** (Cochlea) ist ein in etwa 2,5 Windungen spiralgig-schraubenförmig aufgewickelter, schlauchförmiger Doppelgang, der ausgestreckt eine Länge von ca. 3,5 cm hat und ungefähr so groß wie eine Erbse ist. Auf der Basilarmembran, einer häutigen Scheidewand in der Schnecke, sitzt das **Cortische Organ**, das eigentliche Hörorgan im engeren Sinne. Es trägt in vier parallelen Reihen angeordnet eine große Anzahl von Sinneszellen, die Haarzellen. Die Haarzellen der zur Schneckenachse hin innersten Reihe – die inneren Haarzellen – tragen linienförmig angeordnete **Sinneshörchen** (Zilien); die Hörchen der drei Reihen äußerer Haarzellen sind V- oder W-förmig angeordnet. Pro Millimeter trägt die Basilarmembran etwa 100 Viererreihen von Haarzellen mit weit über 10.000 Hörchen. Etwa 30.000 Nervenfasern stellen die Verbindung zwischen den Haarzellen und dem Gehirn her. Der obere der beiden Schneckenkanäle, **Vorhoftreppe** genannt, wird zur Paukenhöhle hin durch das **ovale Fenster** begrenzt. Der untere Schneckenkanal wird **Paukentreppe** genannt. Er wird zur Paukenhöhle hin durch das **runde Fenster** begrenzt. Beide Fenster sind von dünnen Membranen bedeckt.

Die vom Gehörgang aufgenommenen und von Trommelfell und Gehörknöchelchenkette weitergeleiteten Schallschwingungen gelangen über die Steigbügel Fußplatte und die Membran des ovalen Fensters in die Lympflüssigkeit des oberen Schneckenkanals und bewirken in ihr Druckschwankungen. Diese können über die elastische Basilarmembran auf den unteren Schneckenkanal übertragen werden. Dort erfolgt, da die Flüssigkeit praktisch inkompressibel ist, ein Druckausgleich zur Paukenhöhle. Infolge der Druckschwankungen bildet sich in der Schnecke eine sogenannte Wanderwelle heraus, die sich längs der Basilarmembran bewegt. Ihre Amplitude nimmt zunächst mit der Entfernung vom ovalen Fenster zu, erreicht einen Höchstwert und sinkt dann sehr rasch auf Null ab. Die Lage des Höchstwertes der Amplitude dieser Wanderwelle hängt von der → Frequenz

der auftreffenden Schallwelle ab. Je höher diese Frequenz ist, um so näher am ovalen Fenster liegt der Höchstwert. Druckschwankungen mit niedrigen Frequenzen werden über das Helicotrema an der Schneckenspitze ausgeglichen. Dadurch können wir Tonhöhenunterschiede wahrnehmen.

Durch die Auslenkung der Hörchen, hauptsächlich der inneren Haarzellen, werden elektrische Prozesse in den Haarzellen eingeleitet, die schließlich eine Veränderung der elektrischen Nervenimpulse bewirken und vom Hörzentrum im Gehirn weiterverarbeitet werden.

Wir können etwa 1.000 verschiedene Tonhöhen im Frequenzbereich von ca. 20 Hz bis 20.000 Hz unterscheiden. Bei dieser erstaunlich scharfen Frequenzanalyse spielen die Hörchen der äußeren Haarzellen eine wichtige Rolle. Sie sorgen durch aktive Bewegung im Takt der Wellenbewegung dafür, dass das Wellenmaximum wesentlich schärfer ausgeprägt wird als bei allein passiver Bewegung der Basilarmembran; dabei spielt wahrscheinlich eine Rückkopplung über die zum Gehirn und von dort zu den inneren Haarzellen verlaufenden Nervenfasern eine Rolle.

Durch die aktive Bewegung der äußeren Sinneshörchen wird sowohl die große Frequenzauflösung als auch die erstaunliche Empfindlichkeit unseres → Gehörs erreicht. Die aktive Steuerungsfunktion der Sinneshörchen der äußeren Haarzellen ist für die Feinanalyse beim Hören von Sprache unter ungünstigen Bedingungen wie Nebengeräuschen besonders wichtig.

Oktav

Der 8. Ton einer diatonischen → Tonleiter, Schwingungsverhältnis 2:1 zum Grundton. Hat ein Ton die → Frequenz f_1 , so hat der um eine Oktave höhere Ton f_8 die Frequenz

$$f_8 = 2 \cdot f_1$$

ovales Fenster

Das ovale Fenster befindet sich zwischen Mittelohr und Innenohr und ist die Verbindung von Steigbügel und Vorhoftreppe. Dort kommt es, aufgrund von unterschiedlichen Flächen, zu einer 20 bis 25-fachen Verstärkung der Schallwellen; siehe auch → Ohr



Pascal (Pa)

[nach B. Pascal]: SI-Einheit des Druckes

Festlegung: 1 Pascal (Pa) ist gleich dem auf eine Fläche gleichmäßig wirkender Druck, bei dem senkrecht auf



die Fläche 1 m² die Kraft 1 Newton (N) ausgeübt wird.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Paukenhöhle

Die Paukenhöhle ist im Innenohr und stellt den Raum dar, in dem sich die drei Gehörknöchelchen befinden; siehe auch →Ohr

Paukentreppe

Die Paukentreppe ist der untere Kanal in der Schnecke (Innenohr); siehe auch → Ohr

Pegelskala

Der → Hörbereich des Menschen reicht auf dieser Skala von 0 dB bis 140 dB. 0 dB stellt dabei die absolute → Hörgrenze dar, ca. 130 dB die Schmerzgrenze. Eine Zunahme des → Schalldruckpegels um 10 dB empfindet der Mensch im allgemeinen als doppelt so laut. Und umgekehrt: 1.000 Autos verursachen z.B. an einer bestimmten Stelle einen Schalldruckpegel von 62 dB, 100 Autos entwickeln immer noch 52 dB.

Permanent threshold shift - PTS

Ist eine bleibende → Hörschwellenverschiebung. Sie tritt auf, wenn Hörzellen häufig bzw. lange überbelastet werden (ab 85 dB). Die Hörzellen gehen durch diese Überbelastung langsam zugrunde, d.h. sie erholen sich immer weniger und sterben ab. Ein Hörschaden ist entstanden. Die Folge ist eine Lärmschwerhörigkeit. Bestimmte → Frequenzen (am häufigsten sind zuerst die Frequenzen zwischen 2.000 Hz und 6.000 Hz betroffen) können nun nicht mehr gehört werden. Nach dem derzeitigen medizinischen Kenntnisstand ist Lärmschwerhörigkeit nicht heilbar.

Phon

Maßeinheit des → Lautstärkepegels, die entweder durch subjektiven Vergleich oder durch automatischen Vergleich (was zum sog. DIN-Phon führt) mit einer normierten → Schallquelle gewonnen wird.

Phononen

Die Energiequanten der → Schwingungen in festen und flüssigen Körpern, auch **Schallquanten** genannt.

R

Resonanz

Die erzwungene → Schwingung (meist sehr großer Amplitude), die zustandekommt, wenn auf ein schwingungsfähiges physikalisches System (z.B. ein Federpendel) eine periodisch sich ändernde äußere Kraft oder ein periodisch sich änderndes äußeres Feld einwirkt, deren bzw. dessen → Frequenz gleich oder nahezu gleich einer der → Eigenfrequenzen des schwingungsfähigen Systems sind.

Richtungshören: stereophones Hören

Da wir zwei Ohren haben, können wir die Einfallrichtung einer Schallwelle feststellen. Eine frontal einfallende Schallwelle trifft beide Ohren in gleicher Schwingungsphase, eine schräg einfallende dagegen mit einem Phasenunterschied. Vorder- und rückseitiger Einfall der Schallwelle kann durch die Form der Hörmuschel als richtungsempfindliches Empfangsorgan unterschieden werden. Bei tiefen Schallfrequenzen werden beide Ohren von Schallwellen annähernd gleicher Amplitude getroffen, da starke Beugung auftritt; die Ortung kann daher nur durch den Phasenunterschied erfolgen. Bei hohen → Frequenzen ist der Ohrenabstand unwesentlich größer als die Schallwellenlänge; es kann offensichtlich nicht mehr der Phasenunterschied maßgebend sein. Dafür wird jetzt (über 1.600 Hz) der Intensitätsunterschied durch mangelnde Beugung groß und allein maßgebend.

rundes Fenster

Das runde Fenster befindet sich am Ende der Paukentreppe (untere Kanal der Schnecke); siehe auch → Ohr

S

Schall

Mechanische → Schwingungen mit → Frequenzen zwischen ca. 20 Hz und 20.000 Hz (→ Hörbereich), die sich in einem elastischen Medium (in der Regel in Luft) vorwiegend in Form von Longitudinalwellen fortpflanzen und im menschlichen → Gehör einen Sinneseindruck hervorrufen können. In Festkörpern treten auch transversale Schallwellen auf, deren Energiequanten → Phononen sind. Alle mechanischen Schwingungen und → Wellen mit Frequenzen unterhalb von 20 Hz werden als → Infraschall, oberhalb von 20.000 Hz als



→ Ultraschall gezeichnet. Die vielgestaltigen Formen eines Schalls lassen sich in vier Gruppen einteilen: Ton, Klang, Geräusch, Knall.

Der Ton ist das einfachste Schallereignis. Er wird durch eine → Sinusschwingung (harmonische Schwingung) verursacht. Die Tonhöhe hängt von der → Frequenz, die Tonstärke von der Amplitude dieser harmonischen Schwingung ab. Je höher die Frequenz, desto höher der Ton, je größer die Amplitude, desto stärker/lauter der Ton.

Der **Klang** stellt ein Gemisch von Tönen dar, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache der Frequenz des tiefsten im Tongemisch vorhandenen Tones, des sogenannten **Grundtones**, sind. Die Frequenz dieses Grundtones bestimmt dabei die empfindungsmäßige Klanghöhe.

Als **Geräusch** bezeichnet man ein Gemisch zahlreicher Töne rasch wechselnder Frequenzen und rasch wechselnder Stärke.

Der **Knall** wird hervorgerufen durch eine schlagartig einsetzende, sehr kurz andauernde mechanische Schwingung großer Amplitude.

Beim Schall treten wie bei anderen Wellen Beugung, Brechung, → Absorption, → Interferenz und Reflexion auf; man spricht dabei von Schallbeugung, Schallbrechung usw. Die physikalischen Eigenschaften des Schalls werden durch die → Schallfeldgrößen charakterisiert. → Schallquellen werden auch als → Schallgeber bezeichnet.

Schallanalyse: Schallspektroskopie

Die Zerlegung eines Schalls in seine sinusförmigen Bestandteile, d.h. in seine Teiltöne. Es handelt sich dabei um eine harmonische Analyse einer zusammengesetzten → Schwingung.

Schallaufzeichnung

Speicherung von Schallvorgängen für eine spätere Wiedergabe. Man unterscheidet mechanische, elektro-mechanische, magnetische und photometrische Verfahren.

Schalldämm-Maß

Definiert wird das Schalldämm-Maß durch das 10-fache logarithmische Verhältnis der auf einen Bauteil auftreffenden → Schalleistung zu der von dem Bauteil abgestrahlten Schalleistung.

Nach dem Massengesetz nimmt das Schalldämm-Maß bei Frequenzverdopplung um 6 dB zu. Im Bereich der Koinzidenzfrequenz f_0 erfährt die Kurve des Schalldämm-Maßes aufgrund des Spuranpassungseffektes einen Einbruch. (Koinzidenz = zeitlicher Zusammenfall zweier Ereignisse).

Schalldämmung

Unter Schalldämmung oder Schallisolation wird die Verminderung des Schalldurchtritts durch eine Trennfläche (Wand, Decke usw.) verstanden.

Schalldämpfer

Vorrichtung zur Minderung des Auspuffgeräusches von Verbrennungskraftmaschinen.

Schalldichte

Formelzeichen w ; die mittlere räumliche Energiedichte in einer Schallwelle.

Schalldruck

(Schallwechseldruck): Formelzeichen p ; der bei der Schallwelle durch die schwingenden Teilchen im Ausbreitungsmedium verursachte Wechseldruck, der dem statischen Druck überlagert ist. In der Regel verwendet man die Bezeichnung Schalldruck für die Schalldruckamplitude.

$$\text{Dimension: } \dim p = M \cdot L^{-1} \cdot Z^{-2}$$

Gemessen wird der Schalldruck in → Pascal (Pa). Im menschlichen → Ohr vermag bereits ein Schalldruck von 0,00002 Pa eine Gehörempfindung hervorzurufen. Ein Schalldruck von 10 Pa verursacht dagegen schon eine Schmerzempfindung (→ Schallfeldgrößen).

Schalldruckpegel L_p : Schallpegel

Zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der Quadrate des Effektivwerts des → Schalldrucks p und des Bezugsschalldrucks p_0 :

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) \text{ oder auch}$$

$$L_p = 20 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right)$$

in → Dezibel (dB) mit $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$

A-bewerteter Schall(druck)pegel L_A

Mit der Frequenzbewertung A gemessener Schall-druckpegel (→ Frequenzbewertungskurve).

In der Praxis der Lärmbekämpfung wird der Schalldruck-pegel in Dezibel verwendet, unter Berücksichtigung der Frequenzabhängigkeit des menschlichen → Ohres. Dazu wurde eine „Frequenzbewertung“ eingeführt, die die geringe Empfindlichkeit des menschlichen → Ohres für die tiefen → Frequenzen nachbildet. Diese Fre-quenzbewertung wurde international einheitlich fest-gelegt und mit A-Bewertung bezeichnet (die weiteren



mit B, C und D bezeichneten Frequenzbewertungen werden nur wenig verwendet). Der mit dieser Frequenzbewertung gemessene Schalldruckpegel wird als „A-bewerteter Schalldruckpegel“ dB_A bezeichnet und in Dezibel angegeben. Der A-bewertete Schalldruckpegel hat sich für die Schreibung von → Schallimmissionen als zweckmäßig erwiesen. Alle handelsüblichen Schallmessgeräte (→ Schallpegelmesser) messen den Schalldruckpegel und den A-bewerteten Schalldruckpegel.

Viele Untersuchungen haben gezeigt, dass der A-bewertete Schalldruckpegel sehr gut geeignet ist, die Wirkung von → Lärm auf den Menschen zu beschreiben, sowohl im Hinblick auf Lautheitsempfinden, auf Lästigkeitsempfinden und Störwirkung als auch im Hinblick auf Gehörschädigung.

Allgemein kann man zugrundelegen, dass bei einem gleichbleibenden gleichartigen → Geräusch im Bereich über 40 dB ein Schallpegelunterschied von 1 dB kaum wahrnehmbar ist, 3 dB deutlich wahrnehmbar sind und 10 dB etwa doppeltem Lautheitseindruck entspricht.

Die Werte der A-Bewertung sind in folgender Tabelle in Abhängigkeit von der Frequenz angegeben.

A-Bewertung für Schallpegelmessungen

Frequenz (Hz)	Bewertung (dB)
10	-70,4
12,5	-63,4
16	-56,7
20	-50,5
25	-44,7
31,5	-39,4
40	-34,6
50	-30,2
63	-26,2
80	-22,5
100	-19,1
125	-16,1
160	-13,4
200	-10,9
250	-8,6
315	-6,6
400	-4,8
500	-3,2
630	-1,9
800	-0,8
1.000	0,0
1.250	0,6
1.600	1,0
2.000	1,2
2.500	1,3
3.150	1,2
4.000	1,0
5.000	0,5
6.300	-0,1
8.000	-1,1
10.000	-2,5
12.500	-4,3
16.000	-6,6
20.000	-9,3

Äquivalenter Dauerschallpegel L_{eq}

Einzahlangabe, die zur Beschreibung eines Schallereignisses mit schwankendem Schallpegel (z.B. Strassenverkehrslärm) dient. Er wird errechnet als der Schallpegel, der bei dauernder Einwirkung dem unterbrochenen → Lärm oder Lärm mit schwankendem Schallpegel energieäquivalent ist.

Der äquivalente Dauerschallpegel wird üblich A-bewertet gemessen, bezeichnet mit $L_{A,eq}$.

Beurteilungspegel L_r

Schallpegel, der der Beurteilung einer → Schallimmission zugrundezulegen ist. Er wird berechnet aus dem auf einen festgelegten Zeitabschnitt bezogenen äquivalenten Dauerschallpegel (Tag: die lautesten 8 Stunden in der Zeit von 6 bis 22 Uhr, Nacht: 22 bis 6 Uhr für den Verkehrslärm bzw. die ungünstigste halbe Stunde für Betriebslärm), gegebenenfalls mit „Zuschlägen“ für Tonkomponenten, Impulshaftigkeit, (Informationsgehalt) und mit dem „Schienenbonus“ für Schienenverkehrslärm.

Schallemission: Geräuschemission

Die Geräuschemission von → Schallquellen wird durch die abgestrahlte → Schalleistung beschrieben. Die menschliche Stimme hat eine Schalleistung von 10^{-6} bis 10^{-2} Watt, ein Dieselmotor (600 PS) 10^{-2} Watt und ein Elektromotor (800 kW) 10^{-1} Watt. Die Angabe der Schallemission von Schallquellen wie Maschinen, Geräten, Anlagen usw. ist eine wesentliche Unterlage für die Auswahl von Maschinen und Geräten im Hinblick auf Lärmschutz und die rechtzeitige Planung und wirtschaftliche Bemessung von Lärmschutzmaßnahmen. Die geeignete Größe zur Beschreibung der Geräuschemission ist die Schalleistung W einer Maschine, die Schallenergie pro Zeiteinheit, die von der Maschine unter festgelegten Betriebs- und Aufstellungsbedingungen in den gesamten umgebenden Luftraum abgestrahlt wird. Üblich wird sie angegeben als → Schalleistungspegel L_w (in dB).

Schallempfänger

Geräte, mit denen Schallschwingungen aufgenommen und in → Schwingungen anderer Energieformen umgewandelt werden können. Schallempfänger, die die Schallschwingungen in elektrische Schwingungen umwandeln, heißen → Mikrofone. Sie spielen insbesondere bei der Schallmessung, der → Schallaufzeichnung, der Schallübertragung und der → Schallanalyse eine bedeutende Rolle.

Schallfeld

Von Schallwellen erfülltes Raumgebiet. In hinreichend großer Entfernung von einer → Schallquelle können die



Schallwellen als ebene Wellen (→ Welle) betrachtet werden. Physikalisch beschrieben wird ein Schallfeld durch die → Schallfeldgrößen.

Schallfeldgrößen

Die ein Schallfeld charakterisierenden physikalischen Größen Schallausschlag, → Schallschnelle, Schallintensität, → Schalldruck und → Schalldichte.

Bei ebenen Schallfeldern, d.h. in hinreichender Entfernung von der → Schallquelle, genügt die Angabe einer einzigen dieser Schallfeldgrößen, da sich die anderen dann rechnerisch ermitteln lassen.

Schallgeber: → Schallquellen

Sind alle Körper mit der Fähigkeit zu mechanischen → Schwingungen im Frequenzbereich zwischen ca. 20 Hz und 20.000 Hz (→ Hörbereich), die im menschlichen → Gehör eine Schallempfindung hervorrufen können. Es kann sich dabei um feste, flüssige oder gasförmige Körper handeln. Von praktischer Bedeutung sind jedoch nur feste Schallquellen (wie schwingende Stäbe, Saiten oder Platten) und gasförmige (wie schwingende Luftsäulen in Pfeifen). Außer den auf mechanischem Wege erregten Schallgebern (dazu gehören die meisten Musikinstrumente) gibt es auch elektrisch erregte. Bei ihnen wird ein schwingungsfähiger Körper (z.B. eine Lautsprechermembran oder ein Schwingquarz) durch einen schallfrequenten Wechselstrom zu erzwungenen Schwingungen erregt. Die → Frequenz des schwingenden Körpers stimmt dabei nach kurzer Einschwingzeit mit der Frequenz des erregenden Wechselstroms überein.

Schallgeschwindigkeit

Formelzeichen v ; diejenige Geschwindigkeit, mit der sich Schallwellen in festen, flüssigen oder gasförmigen Ausbreitungsmedien fortpflanzen. Im allgemeinen ist sie in Gasen kleiner als in Flüssigkeiten und in Flüssigkeiten kleiner als in festen Körpern. Außer vom Material des Ausbreitungsmediums ist die Schallgeschwindigkeit insbesondere bei flüssigen und gasförmigen Körpern auch von Temperatur und Druck abhängig. Dagegen steht im allgemeinen keine Frequenzabhängigkeit. Bei der Schallausbreitung tritt also keine Dispersion auf. Zur Ermittlung der Schallgeschwindigkeit verwendet man häufig die Beziehung

$$v = \nu \cdot \lambda$$

(ν Frequenz, λ → Wellenlänge)

Schallgeschwindigkeit in festen Körpern

Stoff	Schallgeschwindigkeit m/s
Blei	1200
Elfenbein	3000
Messing	3420
Glas	5000
Aluminium	5100
Eisen	5170
Tannenholz	5260

Schallgeschwindigkeit in flüssigen Körpern

Stoff	Schallgeschwindigkeit m/s
Alkohol	1170
Petroleum	1326
Quecksilber	1430
Wasser	1464
Kochsalzlösung (20 %)	1600
Ammoniak	1663

Schallgeschwindigkeit in Gasen

Stoff	Schallgeschwindigkeit m/s
Sauerstoff	316
Luft	331
Stickstoff	334
Helium	971
Wasserstoff	1284

Schallimmission

Einwirkung von Schall (→ Lärm) auf den menschlichen Körper. Wenn eine Immission emotional negativ bewertet wird, kommt es zum Belästigungserleben. Einzuschließen in diese Kategorie wären auch Störungen bestimmter höherer Funktionen und Leistungen – wie etwa der geistigen Arbeit, der Lern- und Konzentrationsfähigkeit, der Sprachkommunikation etc. Solche Funktions- und Leistungsstörungen über einen längeren Zeitraum hinweg können sehr wohl zu einer Gesundheitsgefährdung werden.

→ aurale Auswirkungen

Es ist gesichert, dass kontinuierliche Schallpegel von $L_{A,eq} = 80$ dB, die 8 Stunden pro Tag über viele Jahre einwirken, eine gerade messbare → PTS (dauernde → Hörschwellenverschiebung) hervorruft. Aurale Lärmauswirkungen spielen derzeit hauptsächlich innerbetrieblich eine Rolle, kaum aber bei der umweltmedizinischen Lärmbegutachtung.

→ extraaurale Auswirkungen

Darunter versteht man indirekte Gesundheitsauswirkungen durch Stress, verursacht durch Schalleinwirkungen (→ Lärm). Diese Wirkungen sind eine Verengung der haarfeinen Blutgefäße und eine



Erhöhung von Puls und Blutdruck. Neben dem Kreislauf kann sich Lärm auch auf den Verdauungstrakt und auf den Stoffwechsel auswirken. Lärm hat mitunter auch verschiedene psychische Auswirkungen: Reizbarkeit, Nervosität oder im Gegenteil Apathie sind einige mögliche Folgen.

Schalleistung

Die von einer → Schallquelle abgegebene akustische Leistung in Watt (W).

Quotient aus der gesamten von einer Schallquelle ausgestrahlten → Energie und der Zeit, während der die Ausstrahlung erfolgt. Festlegung: eine Schallquelle hat die Schalleistung 1 Watt, wenn von ihr in 1 Sekunde eine Energie von 1 Joule abgestrahlt wird. In der folgenden Tabelle sind die Leistungen einiger Schallquellen angegeben.

Unterhaltungssprache	0,000007 W
Spitzenleistung der menschlichen Stimme	0,002 W
Geige (fortissimo)	0,001 W
Flügel (fortissimo)	0,2 W
Trompete (fortissimo)	0,3 W
Orgel (volles Werk)	1 – 10 W
Pauke (fortissimo)	10 W
Großlautsprecher	> 100 W

Schalleistungspegel L_w

Zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der → Schalleistung W und der Bezugsschalleistung W_0 .

$$L_w = 10 \lg \left(\frac{W}{W_0} \right)$$

in → Dezibel (dB) mit $W_0 = 10^{-12}$ Watt

Schallmauer

Bezeichnung für den starken Anstieg des Widerstands, der bei Annäherung der Fluggeschwindigkeit von Flugkörpern und Flugzeugen an die → Schallgeschwindigkeit (in Luft) auftritt und oberhalb der → Mach-Zahl $Ma = 1$ einen Extremwert erreicht.

Schallpegelmesser

Ist ein Gerät, mit dessen Hilfe man den Schallpegel messen kann. Ein Schallpegelmesser empfängt den Schall in ähnlicher Weise wie das menschliche → Ohr und liefert objektive, reproduzierbare Messungen des → Schalldruckpegels.

Zum Schallpegelmesser gehören im wesentlichen folgende Funktionsblöcke: das → Mikrofon, der Vorverstärker, die Frequenzbewertung, der Detektor, die → Zeitbewertung und die Anzeige. Das → Mikrofon wandelt die akustischen Druckschwankungen in ein äquivalentes (gleichwertiges) elektrisches Signal um. Der Vorverstärker verstärkt das sehr schwache elektrische Signal vom Mikrofon. Mit der Frequenzbewertung ist es möglich, Schallmessungen in Relation zum menschlichen Ohr durchzuführen. Der Detektor wandelt das AC-Signal (Wechselstromsignal) in ein DC-Signal (Gleichstromsignal) um. Das Signal wird hier in einen Pegel umgewandelt, der einen der → Schallpegelparameter repräsentiert. Die → Zeitbewertung bestimmt, wie schnell der Schallpegelmesser auf Änderungen des Schallpegels anspricht. Die Anzeige gibt dem Benutzer den gemessenen Wert bekannt. Dies kann eine Digitalanzeige, eine Thermometer-Anzeige oder ein Drehspulinstrument sein. Die digitale Anzeige eines Schallpegelmessers wird jede Sekunde aufgefrischt, der jeweils angezeigte Pegel ist der maximale Effektivpegel, der während der letzten Sekunde aufgetreten ist.

Schallpegelparameter

Zu den Schallpegelparametern gehören: der Spitzenwert (peak), der Spitze-Spitze-Wert (peak to peak amplitude), der Mittelwert (average) und der Effektivwert (RMS = root mean square).

Der Spitzenwert ist die maximale → Amplitude (Ausschlag) des Signals. Dieser Parameter wird häufig gemessen, da er zusammen mit dem Effektivwert des Signals ein wichtiges Maß bei der Ermittlung der gehörschädigenden Wirkung von → Lärm darstellt, insbesondere dann, wenn der Lärm stark impulshaltig ist.

Der Spitze-Spitze-Wert ist der Abstand zwischen der maximalen positiven → Amplitude und der maximalen negativen Amplitude des Signals. Die Spitze-Spitze-Werte werden in Schallmessungen gewöhnlich nicht verwendet.

Der Mittelwert ist das arithmetische Mittel des Signals. Er wird manchmal in Verbindung mit elektrischen Signalen verwendet, hat aber für Schallmessungen keine Bedeutung.

Der Effektivwert ist ein Maß für den Energiegehalt des Signals. Wenn wir von → Schalldruckpegeln sprechen, dann ist, sofern nicht anders angegeben, immer der Effektivwertpegel gemeint.



Im Zusammenhang mit diesen Schallpegelparametern muss noch der Scheitelwert erwähnt werden, der das Verhältnis zwischen Spitzenwert und Effektivwert ausdrückt.

Schallquelle: → Schallgeber

Eine Schallquelle strahlt Schall ab. Man unterscheidet drei Schallquellenarten: Punktquellen, Linienquellen und Flächenquellen.

Punktquelle: liegt dann vor, wenn ihre Abmessungen im Vergleich zu den abgestrahlten → Wellenlängen klein sind. Die Schallenergie breitet sich hier nach allen Richtungen gleichmäßig, also kugelförmig aus. Die Schallintensität nimmt im Quadrat mit wachsender Entfernung ab. Eine Abstandverdopplung entspricht also einer Abnahme des Schallpegels um 6 dB. Punktquellen sind z.B. Musikinstrumente, Sprecher, einfache → Lautsprecher, Rasenmäher, etc.

Linienquelle: sehr viele aneinandergereihte Punktquellen ergeben eine Linienquelle. Die Schallenergie breitet sich hier zylinderförmig aus. Da nur noch zwei Dimensionen zur Verfügung stehen, nimmt die Schallintensität proportional mit wachsender Entfernung ab. Eine Abstandverdopplung vermindert den Schallpegel um nur 3 dB. Linienquellen sind z.B. ein sehr langer Eisenbahnzug oder eine nicht abreißende Kolonne von Motorfahrzeugen.

Flächenquelle: sehr viele aneinandergereihte Linienquellen ergeben eine Flächenquellen. Die Schallenergie breitet sich im Extremfall nur in einer Dimension aus. Die Schallintensität bleibt gleich (konstant), egal welcher Abstand. Flächenquellen sind z.B. zahlreiche geöffnete Fenster einer Fabrikshalle oder ein Flugzeughanger mit geöffneten Toren.

Schallschnelle

Formelzeichen u ; die zeitlich und örtlich veränderliche Geschwindigkeit, mit der die Teilchen des Ausbreitungsmediums um ihre Ruhelage schwingen. Sie ist streng zu unterscheiden von der → Schallgeschwindigkeit.

Schallschutzfenster: Lärmschutzfenster

Sind dreifach verglast und zwischen Rahmen und Mauer schallisoliert (Lärminderung ca. 40 dB). An Autobahnen, Schnellstraßen und Schienenverkehrswegen gilt österreichweit eine einheitliche Förderung für passiven Lärmschutz. An Landesstraßen werden diese in den Bundesländern unterschiedlich vergeben.

Schallspektrum

Graphische Darstellung des Ergebnisses einer → Schallanalyse in einem Koordinatensystem, auf

dessen waagrechter Achse die → Frequenz (meist im logarithmischen Maßstab) und auf dessen senkrechter Achse der → Schalldruck oder der → Lautstärkepegel der im analysierten Schall enthaltenen Teiltöne aufgetragen werden. Bei Klängen und Tongemischen besteht das Schallspektrum aus einer Anzahl paralleler senkrechter Linien. Man spricht dann von einem Linienspektrum oder einem diskontinuierlichen Spektrum. Bei → Geräuschen dagegen liegen die Frequenzen der Teiltöne im allgemeinen so dicht beieinander, dass die einzelnen Linien nicht mehr getrennt werden können. Man erhält dann als Schallspektrum eine Kurve und spricht von einem kontinuierlichen Spektrum.

Schallstärke: Schallintensität

Formelzeichen I ; Quotient aus der auf eine senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung stehende Fläche treffenden → Schallleistung (gemessen in Watt) und der Größe dieser Fläche.

Die Schallintensität ist somit zahlenmäßig gleich der, pro Zeiteinheit (z.B. pro Sekunde) durch die senkrecht zur Schallausbreitung stehende Flächeneinheit (z.B. 1 cm²) hindurchgehende Schallenergie. Eine Schallintensität von 1 W/cm² liegt vor, wenn pro Sekunde durch eine senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung stehende Fläche von 1 cm² die Schallenergie von 1 Joule hindurchgeht. Dimension:

$$\dim I = \frac{\dim \text{Schallleistung}}{\dim \text{Fläche}} = M \cdot Z^{-3}$$

Schalltoter Raum

In einem Raum mit stark absorbierenden Begrenzungsflächen wird nahezu die gesamte Schallenergie von den Begrenzungsflächen absorbiert, d.h. „geschluckt“. Die Schallenergie breitet sich von der Quelle aus, als ob sich die Schallquelle im Freien befände. Man spricht daher auch vom sogenannten Freifeld. Einen solchen Raum bezeichnet man als reflexionsarmen Raum.

Schallwellenwiderstand

Formelzeichen W_0 ; Quotient aus → Schalldruck p und → Schallschnelle u in einem ebenen → Schallfeld.

Schnecke

Die Schnecke befindet sich im Innenohr und ist ca. so groß wie eine Erbse. Sie hat ca. 2,5 Windungen, die in drei Kanäle unterteilt sind (getrennt durch Membrane): Vorhofftreppe (oben), Schneckengang oder Corti Organ, Paukentreppe (unten); siehe auch → Ohr



Schwebung: modulierte → Schwingung

Schwerhörigkeit

Der Mensch hört, wenn die durch Schallwellen verursachten → Schwingungen vor allem über Trommelfell, Gehörknöchelchen und ovales Fenster auf die Schnecke im Innenohr übertragen, von den Sinneszellen im Cortischen Organ in elektrische Potentiale umgewandelt und schließlich über Hörnerven zur weiteren neuralen Verarbeitung ins Gehirn geleitet werden.

Dieser Weg von den Schallwellen bis zum Höreindruck kann an mehreren Stellen gestört werden, was zu einer Beeinträchtigung der Hörfähigkeit führen kann. Diese Beeinträchtigung kann unterschiedlich stark sein und auf angeborenen oder erworbenen Defekten beruhen.

Bei der **Schalleitungsschwerhörigkeit** (konduktive Störungen) ist die mechanische Leitung zum sensorischen Teil des Hörorgans beeinträchtigt. Sie kann z.B. durch einen missgebildeten äußeren Gehörgang verursacht werden. Außerdem können Entzündungen und krankhafte Veränderungen der Gehörknöchelchen im Mittelohr oder fehlender Druckausgleich durch Tubenverschluss die Schalleitung beeinträchtigen. Eine eingeschränkte Elastizität der Membranen im Innenohr kann ebenfalls Ursache der Schalleitungsschwerhörigkeit sein. Die Hörminderung äußert sich in einer Intensitätsdämpfung (unter Umständen sind Lautstärken bis 60 → Phon nicht mehr hörbar) und einer Verringerung der Hörweite.

Lärmschwerhörigkeit: wiederholte und langandauernde laute Schalleinwirkungen (z.B. Discobesuche, „Beschallung“ über Kopfhörer) führen zunächst zu kurzfristigen Hörbeeinträchtigungen (→ TTS). Wenn nach lauten Schalleinwirkungen keine größeren Pausen eingelegt werden, kommt es infolge einer teilweisen Zerstörung der feinen Härchen der Sinneszellen zu einer dauernden Lärmschwerhörigkeit (→ PTS).

Bei der **Innenohrschwerhörigkeit** oder auch Schallempfindungsschwerhörigkeit (sensorisch-neurale Hörstörung) ist die Umwandlung der mechanischen Schallreize in nervöse Impulse und die Weiterleitung der Erregungen in den spezifischen Nerven zu den Hörzentren des Gehirns gestört. Innenohr- und Hörnerv-Erkrankungen können erblich bedingt sein, nach Erkrankungen der Mutter während der Schwangerschaft (z.B. Röteln), nach Komplikationen während der Geburt auftreten oder durch Hirnhautentzündungen verursacht werden. Ein Mensch, bei dem die zentralen Teile des Gehörs geschädigt sind, hört nicht nur schwächer (Hörschwellenerhöhung), sondern auch anders (Wahrnehmungsverzerrung), weil es in den verschiedenen Frequenzbereichen (meist den hohen) zu mehr oder

weniger starken Ausfällen kommt. Dadurch werden → Geräusche, Sprache und Musik in ihren jeweiligen Klangqualitäten entstellt und verzerrt.

Hörstörungen treten manchmal nur bei einem → Ohr auf (monaurales Hören). Dies führt zur Unsicherheit bei der Ortung akustischer Reize. In einem unruhigen Umfeld haben die betreffenden Menschen Probleme, das Gesprochene zu verstehen. Eine weitere Hörbeeinträchtigung beruht ausschließlich auf zentralen Wahrnehmungsstörungen. Die aufnehmenden Sinne sind durchaus intakt, aber die zentralnervöse Verarbeitung im Gehirn ist gestört. (siehe auch → Altersschwerhörigkeit)

Schwingung

Eine zeitlich periodische Änderung einer oder mehrerer Zustandsgrößen in einem physikalischen System, die auftritt, wenn bei Störung eines Gleichgewichtszustandes Rückstellkräfte wirksam werden, die den Gleichgewichtszustand wieder herzustellen suchen. Die sich ändernde Größe kann dabei beispielsweise der Abstand eines Körpers von seiner Ruhelage, die Temperatur eines Körpers, die Intensität einer Lichtquelle oder die Stärke eines elektrischen oder magnetischen Feldes sein.

Elastische Schwingung: ein elastischer Körper (ein Körper an einer Schraubenfeder, eine → Stimmgabel, eine gespannte Saite) führt bekanntlich Schwingungen aus, wenn er aus der Ruhelage gebracht und losgelassen wird, solche Schwingungen bezeichnet man als elastische Schwingungen.

Harmonische Schwingung: → Sinusschwingung

Gedämpfte Schwingung: ist eine Schwingung, welche allmählich zur Ruhe kommt; da in der Praxis stets ein Teil der Schwingungsenergie in andere Energieformen (meist Wärmeenergie) umgewandelt wird, nimmt die → Amplitude allmählich nach null hin ab, sofern nicht ständig → Energie zugeführt wird.

Modulierte Schwingung: bei Überlagerung zweier Sinusschwingungen (f_1, f_2) mit geringfügigem Frequenzunterschied entsteht eine modulierte Schwingung mit der Modulationsfrequenz $f_1 - f_2$. Offenbar kommt sie dadurch zustande, dass die langsamere der beiden Schwingungen in ihrer Phase gegenüber der schnelleren etwas zurückbleibt und so die Phasenverschiebung alle möglichen Werte von 0 bis 2π im Laufe der Zeit durchläuft. Bei Phasengleichheit tritt maximale → Amplitude der resultierenden Schwingung auf, bei Gegenphasigkeit tritt minimale Amplitude und eventuell Auslöschung ein. Dieser Wechsel zwischen gegenseitiger Verstärkung und Schwächung erfolgt umso schneller, je mehr die → Frequenzen der Teilschwingungen voneinander abweichen. Die Lautstärke des Tones schwankt



periodisch. Man bezeichnet diese Erscheinung als → Schwebung.

Schwingungsdauer: Periode

Formelzeichen T ; die Zeit, die zu einer vollen → Schwingung benötigt wird; bei einem schwingenden Pendel also beispielsweise für einen vollen Hin- und Hergang.

→ Frequenz ν und Schwingungsdauer T hängen wie folgt zusammen:

$$T = \frac{1}{\nu} \quad \nu = \frac{1}{T}$$

Schwingungsschreiber: Oszillograph

Ist ein Gerät, welches das Zeit-Weg-Diagramm einer → Schwingung unmittelbar sichtbar macht.

Sinusschwingung: harmonische Schwingung

Eine → Schwingung, bei der die Auslenkung y dem Sinus (oder dem Kosinus) der Zeit t proportional ist. Die Schwingungsgleichung einer Sinusschwingung lautet:

$$y = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

(A Amplitude, ω Kreisfrequenz, φ_0 Phasenkonstante)

Sirene

Ein → Schallgeber, bei dem der → Schall durch die periodische Unterbrechung eines Luft- oder Gasstromes und die dadurch bewirkten Druckschwankungen hervorgerufen wird. Bei der Lochsirene geschieht dies durch eine im Luftstrom befindliche rotierende Lochscheibe.

Steigbügel

Das Letzte der drei Gehörknöchelchen, er schließt an das Innenohr (ovale Fenster) an; siehe auch → Ohr

Stereophonie

Elektro-akustische Schallübertragung, die raumgetreues (stereophones) Hören gestattet; Anwendung im Tonfilm (mehrere Magnettonspuren; räumlich aufgestellte Wiedergabegeräte), bei Schallplatten, Tonbändern und in der Rundfunktechnik (Hochfrequenzstereophonie).

Stimmgabel

Ist als gebogener schwingender Stab anzusehen, dessen Oberschwingungen durch die besondere Form schnell abklingen, so dass kurze Zeit nach Anschlagen nur noch der Grundton zu hören ist.

T

Taubheit

Angeborene oder durch Krankheit erworbene hochgradige Schwerhörigkeit oder völlige Hörunfähigkeit. Angeborene oder in sehr frühem Alter erworbene Taubheit ist verbunden mit Stummheit (Taubstummheit). Verständigung durch Laut- oder Zeichensprache.

Temporary threshold shift - TTS

→ Schwerhörigkeit - ist eine vorübergehende → Hörschwellenverschiebung. Sie beruht auf einer Ermüdung der Haarzellen aufgrund starker langandauernder Lärmeinwirkung (z.B. Discobesuche). Die Haarzellen können sich aber erholen, das Hörvermögen bildet sich in einer lärmfreien Zeit mehr oder weniger vollständig zurück.

Tinnitus

Als Tinnitus bezeichnet man quälende, chronische Dauergeräusche (Piepsen, Sausen oder Summen) in einem → Ohr. Mögliche Ursachen dafür sind Hörbeeinträchtigungen, Lärmschäden, Hörstürze, Drehschwindel oder auch einfach „nur“ Stress. Wenn dieses → Geräusch auftritt, ist sofort ein Arzt aufzusuchen, da nur eine sofortige Behandlung Abhilfe schaffen kann. Sehr oft begleitet dieses Geräusch den Menschen aber ein Leben lang und er muss einfach lernen, damit umzugehen.

Tonfrequenzen

Frequenzen im Bereich des menschlichen Hörens, also zwischen ca. 20 Hz und 20.000 Hz (→ Hörbereich). In der Elektronik gilt häufig eine → Frequenz von 100 Hz als untere Grenze der Tonfrequenzen.

Tonleiter

Folge von Tönen, die bei einem beliebigen Ton (Grundton) beginnt und bei seiner mit ihm im Frequenzverhältnis von 2:1 stehenden → Oktav endet. Es gibt eine chromatische Tonleiter und eine diatonische Tonleiter.

Bei der **chromatischen Tonleiter** werden 11 Töne zwischengeschaltet. Eine Oktav wird bei der chromatischen Tonleiter daher in 12 gleiche Halbtonintervalle mit dem Frequenzverhältnis 1: $\sqrt[12]{2}$ geteilt. Überdies wird auf den Normton oder → Kammerton a' mit $f = 440$ Hz Bezug genommen. Die → Frequenzen der Halbtöne bilden nun eine geometrische Zahlenfolge mit dem Quotienten

$$q = \sqrt[12]{2} = 1,05946$$

$$\text{z.B. } c'' = 440 \text{ Hz} \cdot q^3 = 523,2 \text{ Hz}$$



Musikinstrumente die so gestimmt sind, nennt man temperiert (z.B. Klavier, Harmonika). Auf solchen Instrumenten kann man verschiedene Tonleitern spielen. Die Abweichung der temperierten Stimmung von der musikalisch reinen oder natürlichen Stimmung ist so gering, dass sie den Musikgenuss nicht stört. Bei der diatonischen Tonleiter werden zwischen Grundton und Oktav sechs Töne zwischengeschaltet. Als Beispiel für eine diatonische Tonleiter dient die natürliche C-Dur-Tonleiter:

Frequenz in → Hertz	Name des Tones	→ Intervall zum Grundton
528	C'	2:1 Oktav
495	H'	15:8 große Septim
440	A'	5:3 große Sext
396	G'	3:2 Quint
352	F'	4:3 Quart
330	E'	5:4 große Terz
297	D'	9:8 Sekund
264	C' Grundton	1:1 Prim

Unter Beibehaltung der Frequenzverhältnisse kann diese Tonleiter nach oben und unten fortgesetzt werden.

U

Überschallgeschwindigkeit

Geschwindigkeit eines Körpers, die größer ist als die → Schallgeschwindigkeit im umgebenden Medium (→ Mach-Zahl > 1). (siehe auch → Schallmauer)

Ultraschall

Ist ein für das menschliche → Gehör nicht wahrnehmbarer → Schall mit → Frequenzen oberhalb des → Hörbereichs von 20.000 Hz bis 1 GHz. Schall mit Frequenzen die höher sind als 1 GHz heißt Hyperschall. Ultraschall kann mit der Galton-Pfeife (auch Ultraschallpfeife oder Hundepfeife genannt) oder einer Ultraschallsirene erzeugt werden. Von besonderer praktischer Bedeutung ist jedoch die Erzeugung von Ultraschall mit magnetostruktiven und piezoelektrischen Ultraschallgebern. Ultraschall wird u.a. verwendet zur zerstörungsfreien Prüfung von Werkstücken im Hinblick auf schädliche Hohlräume, zur Entgasung von Metall- und Glasschmelzen und zur Tötung von Bakterien (Sterilisierung). In der medizinischen Diagnostik wird Ultraschall z.B. in der Kardiographie, in der Therapie z.B. zur Zerstörung kranker Zellen an schwer zugänglichen Stellen des menschlichen Körpers, eingesetzt. Auch Nierensteine werden seit einiger Zeit mit Ultraschall zerkleinert.

V

Verhältnisgrößen

In der → Akustik verwendet man ähnlich wie in der Nachrichtentechnik sehr häufig Verhältnisgrößen. Verhältnisse von linearen Größen zueinander bezeichnet man als **Faktoren**, z.B. Reflexionsfaktor y_1/y_0 . Verhältnisse von quadratischen Größen zueinander heißen **Grade** z.B. y_1^2/y_2^2 . Drückt man Verhältnisse von akustischen Größen gleicher Einheit zueinander logarithmisch aus, so erhält man **Maße** (z.B. Übertragungsmaß) oder **Pegel** (z.B. → Schalldruckpegel).

Es gibt relative und absolute Pegel.

Relative Pegel sind ausschließlich Wertverhältnisse, aus denen keinerlei Rückschlüsse auf die Zahlenwerte und Einheiten der einzelnen, zueinander im Verhältnis gesetzten Größen, gezogen werden können.

Bei **absoluten Pegeln** ist die im Nenner stehende Größe durch Vereinbarung festgelegt. Man nennt sie Bezugsgröße. Dem Wert der Bezugsgröße wird der Pegelwert 0 (Nullpegel) zugeordnet.

Vorhoftrappe

Die Vorhoftrappe ist der oberste Kanal in der Schnecke und beginnt am ovalen Fenster; siehe auch → Ohr

W

Weber-Fechnersches Gesetz

Kann wie folgt formuliert werden:

- relativ (d.h. prozentual, nicht absolut) gleiche Reizänderungen bewirken absolut gleiche Empfindungsänderungen
- in geometrischer Folge wachsende Reizstärken verursachen in arithmetischer Folge wachsende Sinneseindrücke

Beispiel: Alle Sinneseindrücke sind psychische Erlebnisse. Verursacht werden sie durch Reize, das sind physikalische Vorgänge. Das Hörorgan vermittelt bei Reizung durch eine Schallwelle die Empfindung eines Tones bestimmter Tonhöhe und Lautstärke. Zwischen vielen Eigenschaften der Reize und den entsprechenden Eigenschaften der Wahrnehmungen besteht derselbe gesetzmäßige Zusammenhang. Er lässt sich am einfachsten und sichersten anhand der Schallfrequenz und der ihr zugeordneten Tonhöhe feststellen: fest steht, dass eine Erhöhung der Schallfrequenz (Reizgröße) mit einem bestimmten



Faktor stets eine Tonerhöhung (Sinneseindruck) um ein bestimmtes \rightarrow Intervall, also um eine bestimmte Differenz, ergibt. Einer geometrischen Folge von Schallfrequenzen entspricht eine in gleichen Tonintervallen, also arithmetisch, fortschreitende Tonfolge. Erhöht man etwa die Schallfrequenz von 440 Hz um 25 %, also um 110 Hz, so hört man das Intervall einer Terz. Erhöht man die Schallfrequenz von 880 Hz ebenfalls um 25 %, das sind hier 220 Hz, so hört man wieder das Intervall einer Terz. Unser Hörorgan stellt also nicht die absolut, sondern die relativ gleichen Reizänderungen als gleich fest. Diese für alle Sinnesorgane gültige Gesetzmäßigkeit wird als Weber-Fechnersches Gesetz bezeichnet.

Welle

Räumlich und zeitlich periodischer Vorgang, bei dem \rightarrow Energie transportiert wird, ohne dass gleichzeitig auch ein Massentransport stattfindet. Die transportierte Energie wechselt dabei periodisch ihre Form. Schwingen die einzelnen Teilchen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung, nennt man eine solche Welle Transversalwelle oder Querwelle. Verläuft dagegen die Schwingungsrichtung parallel zur Ausbreitungsrichtung, liegt eine Longitudinalwelle oder Längswelle vor. Bei einer Transversalwelle folgen Wellenberg und Wellental, bei einer Longitudinalwelle Verdichtung und Verdünnung der schwingenden Teilchen des Ausbreitungsmediums aufeinander.

stehende Welle \rightarrow Interferenz

Werden zwei in entgegengesetzter Richtung laufende sonst aber gleichartige Wellen überlagert, so entsteht eine stehende Welle. Der Abstand zweier Knoten ist gleich der halben \rightarrow Wellenlänge der fortschreitenden Welle.

Bedingung für das Zustandekommen einer stehenden Welle ist: bei einer stehenden Welle sind nur jene Knotenabstände zulässig, mit denen sich die Randbedingungen erfüllen lassen. Die Randbedingungen sind: bei zwei festen Enden liegt an beiden Enden ein Knoten und dazwischen daher eine ganze Zahl halber Wellenlängen. Sind beide Enden frei, so liegt an ihnen je ein Bewegungsbauch und dazwischen ebenfalls eine ganze Zahl halber Wellenlängen.

Bei einer stehenden Welle gibt es Punkte, die nicht schwingen, deren \rightarrow Amplitude also Null ist; sie heißen Bewegungsknoten. Alle Punkte zwischen zwei benachbarten Knoten schwingen in gleicher Phase, aber mit verschiedener Amplitude. Die Stellen maximaler Amplitude heißen Bewegungsbäuche. Punkte, deren Abstand gleich dem Abstand benachbarter Knoten ist, schwingen mit gleicher Amplitude in entgegengesetzter Phase. Es gibt stehende Transversalwellen und stehende Longitudinalwellen. Für beide gelten obige

Regeln.

Wellenlänge

Formelzeichen λ . Abstand zweier aufeinanderfolgender Punkte einer \rightarrow Welle, die sich im gleichen Schwingungszustand befinden.

Z

Zeitbewertung \rightarrow Schallpegelmesser

Schallpegelmesser besitzen eine oder mehrere international genormte Zeitbewertungen oder Zeitkonstanten, um bei schwankenden Schallpegeln trotzdem Anzeigen am Schallpegelmesser zu erhalten, die vom menschlichen Auge noch verfolgt und interpretiert werden können. Sie helfen die Schwankungen zu reduzieren.

Die drei genormten Anstiegs- und Abfallzeitkonstanten für die Zeitbewertung sind: f (fast), s (slow) und i (impuls). Bei einem konstanten Signal muss der Schallpegelmesser in allen drei Zeitbewertungen den gleichen Pegel anzeigen. Häufig muss Schall in Übereinstimmung mit bestimmten Normen gemessen werden. In diesem Fall geben fast immer die Normen an, welche Zeitbewertung zu verwenden ist. Wenn keine Angaben gemacht werden, kann man sich an folgende Richtlinie halten: f (fast) und s (slow) sind dann zu verwenden, wenn das Schallsignal keine Impuls beinhaltet. In der Zeit, als Schallpegelmesser noch analoge Drehspulinstrumente enthielten, galt folgende Faustregel: verwende für alle Messungen grundsätzlich f, und wenn ein Überschwingungen des Zeigers um mehr als 4 dB auftritt, dann verwende s. Für die heute verwendeten Digitalanzeigen kann man ähnlich verfahren. Die Zeitbewertung i (impuls) wird dann verwendet, wenn das Signal Impulse beinhaltet.

Zilien \rightarrow Ohr

Auch Sinneshärchen oder Haarzellen, die sich in der Schnecke im Innenohr befinden und die mechanische Bewegung der Welle in einen elektrischen Impuls umwandeln. Dieser wird dann weiter ans Gehirn gesendet und dort verarbeitet.



Anhang



Allgemeine Informationen zum Thema Lärm:

Informationen der Stadt Graz über Lärm, Verkehrslärmkataster, Schallmessstationen online, rechtliche Rahmenbedingungen, vorbeugender Lärmschutz

➤ <http://www.umwelt.graz.at> - Fachbereiche - Lärm

Informationen zum Thema Lärm vom Land Steiermark im LUIS (Landes-Umwelt-Informationssystem)

➤ <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/ziel/25545/DE>

Übersicht über das Angebot des Umwelt-Bildungs-Zentrum (UBZ) Steiermark für Schulen und LehrerInnen, Download-Möglichkeit von unterschiedlichen Dokumenten zum Thema Lärm

➤ <http://www.ubz-stmk.at/laerm>

Die österreichische Plattform mit Informationen des Lebensministeriums zum Thema Lärm (Umgebungslärmkarten, Lärmrechner, Lärmkarten für Gebiete aus ganz Österreich, Gesetze, Schwellenwerte, etc.)

➤ www.laerminfo.at

Sehr gute Seite mit vielseitigen Informationen zum Thema Lärm, auch auf Schulen bezogen

➤ <http://www.schullaerm.baden-wuerttemberg.de>

Websites für Jugendliche und Kinder:

Sehr gut aufbereitete Homepage über alle Facetten von Lärm, speziell für Jugendliche; auch gut geeignet um sich die Homepage zu Hause anzuschauen und Gelerntes zu wiederholen

➤ <http://www.laermorama.ch>

Eraction Onlineversion zum interaktiven und experimentellen Arbeiten zum Thema Ohr und Lärm am Computer (Informationen, Spiele, Tests, etc.)

➤ <http://www.earaction.de>

„Hören, Lärm, laute Musik, Gehörschutz, Tinnitus und Schwerhörigkeit - deine ultimative Quelle speziell für junge Menschen!“ Sehr gute Seite mit vielen Informationen!

„Mutterseite“: ➤ <http://www.hear-it.org>

Unterseite in Deutsch, für junge Leute:

➤ <http://german.youth.hear-it.org>

Internet für Kinderohren - Radio 108,8 der fiktive Radiosender, speziell für Kinder zum Thema Hören aufbereitete Homepage

➤ <http://www.radio108komma8.de>

Auditorix - Entdecke die Welt des Hörens, speziell für Kinder gemacht, vergibt auch das AUDITORIX Hörbuchsiegel

➤ <http://www.auditorix.de>

Stand: Juli 2014



Websites über Gehörschutz, Hör-Trainings, Ausstellungen zum Thema etc.:

Kostenloser Hörtest im Internet, man bekommt sein Audiogramm (Ergebnis der Testung) inkl. Bewertung des Ergebnisses per E-Mail zugesandt

➤ <http://www.auricilla.de>

Informationen zum Thema Zuhören und Vorstellung von drei Büchern zum Thema Zuhören, Lärm und Burnout sowie der Ausstellung „Klangtunnel“ in Birkfeld

➤ <http://www.zuhoeren.at>

Tolle, interaktive Ausstellung zum Thema Hören, Schall, Lärm; bietet auch Führungen für Schulen an

➤ <http://www.klangtunnel.at>

Fa. Neuroth bietet Gehörschutz und Hörgeräte an, auf der Homepage aber auch interessante Informationen zum Thema

➤ <http://www.neuroth.at>

Firma Hutter Acustix - schalltechnische Optimierung von Klassen

➤ <http://www.hutter.co.at>

Allgemeine Informationen zum Thema Hören, Lärm, Hörsysteme

➤ <http://www.forumbesserhoeren.de>

dazugehören – Audiopädagogische Förderung für Menschen mit Hörproblemen, speziell auch Kinder

➤ <http://www.dazugehoeren.com>

Website, die unterschiedlichsten Gehörschutz für jede Situation (Wind, Wasser, Arbeitslärm, Musik, etc.) anbietet

➤ <http://www.sonicshop.de>



Fortsetzung gefragt!

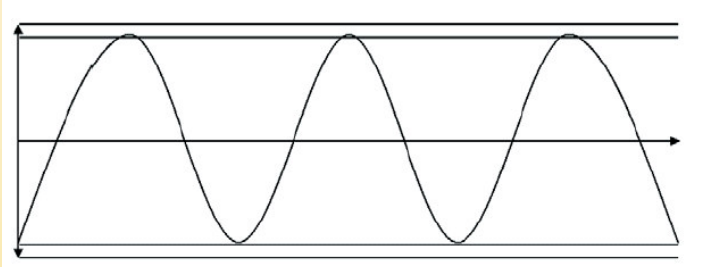
Ausgangslage: Eine Gruppe von drei Jungen und drei Mädchen wollen am Samstagabend auf das Konzert einer Band, die gerade voll im Trend ist, gehen. Sie freuen sich auf Tanzen, wollen Spaß haben und die Musik genießen, die so schön im Bauch gespürt wird.

Wahlmöglichkeiten:

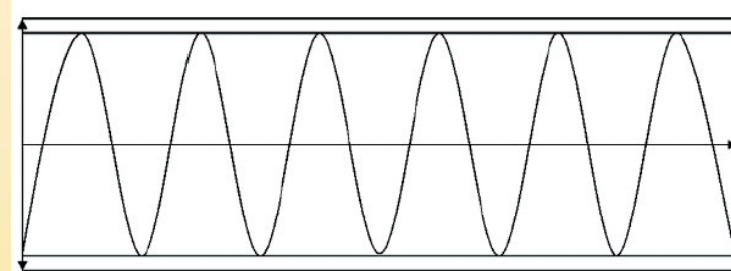
- Petra darf nur mit, wenn sie den Eltern verspricht, Ohrstöpsel zu tragen. Ihr Vater ist Musiker im Orchester und hört die hohen Töne schlecht. Petra erzählt dies ihrer Freundin. Den anderen möchte sie nichts sagen.
- Beim Eingang zum Konzertsaal steht ein Tisch. Dort liegen gelbe Ohrstöpsel auf, die gratis abgegeben werden. Die Jugendlichen diskutieren, ob sie diese mitnehmen und einsetzen wollen.
- Die Jugendlichen sind bereits im Konzert. Sie stehen ganz vorne zwischen beiden Boxentürmen. Es wummert bis in die Zehen. Ein Junge und ein Mädchen möchten weiter nach hinten gehen. Ihnen ist es zu laut. Doch sie möchten sich nicht von der Gruppe trennen.

Auftrag: Partner- oder Einzelarbeit, Gruppe oder Klasse, Zeit ca. 30 – 50 Minuten
Lest die Ausgangslage und die drei Wahlmöglichkeiten und entscheidet euch für eine davon. Diskutiert, fantasiert und schreibt dann eine Fortsetzung. Diese soll dann der restlichen Gruppe/Klasse vorgelesen werden.

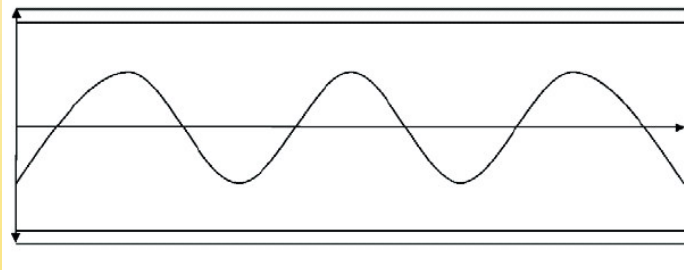
Frequenzen und Amplituden



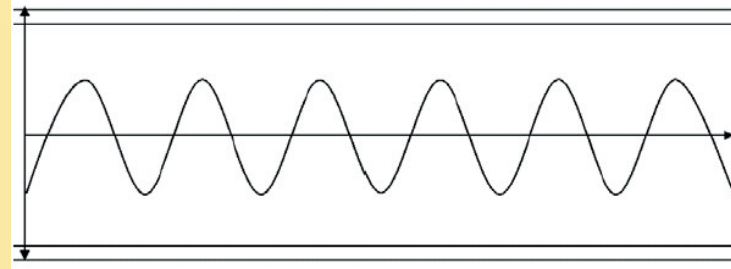
laut und tief



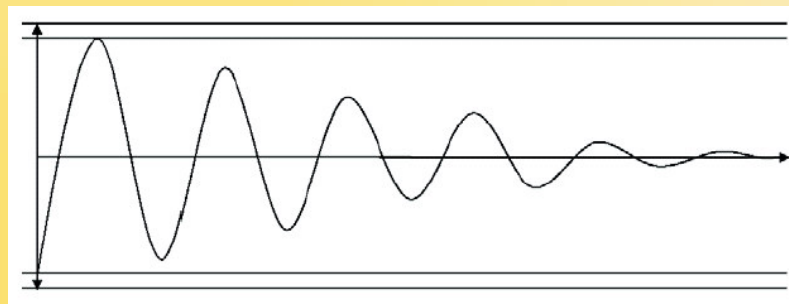
laut und hoch



leise und tief



leise und hoch

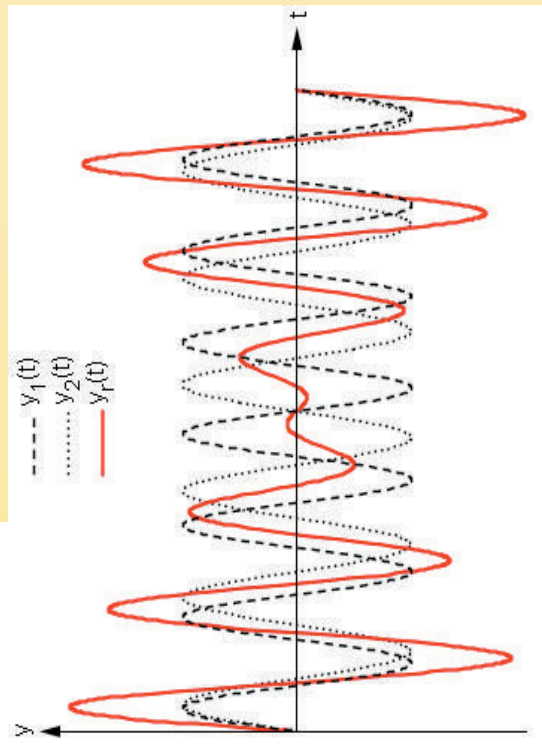
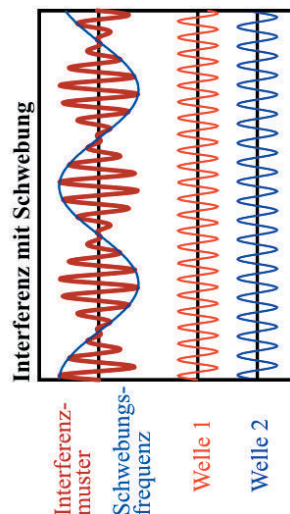
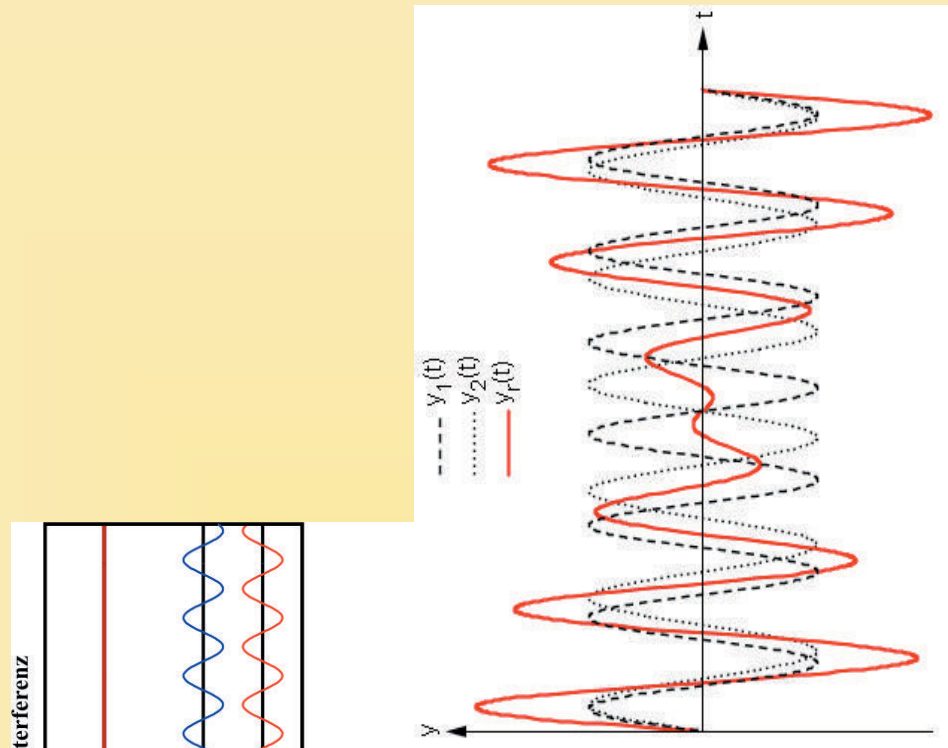
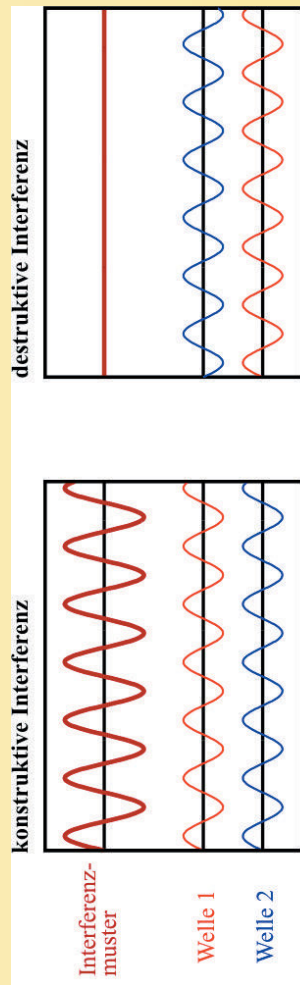


leiser werdend





Schwebung





Konzentrationstests

Die Konzentrationstests haben den Zweck zu zeigen, dass man sich unter Lärmeinfluss nicht so gut konzentrieren kann, wie wenn es ruhig ist. Dabei ist es zusätzlich noch interessant, nicht immer den gleichen Lärm (oder auch Musik) zu verwenden, sondern unterschiedlichen. Die AudioDemo CD von suvaPro bietet unterschiedliche störende Geräusche dafür.

Die Zeitangaben sind Richtwerte gemessen an Erwachsenen. Je nach Klassen kann die Zeit auch etwas hinauf- oder hinuntergesetzt werden (man kann die Tests auch zuerst durchführen und nach der eigenen Erfahrung auf die Zeit, die die Klasse benötigt, schließen).

1. Zahlen

Bei diesem Test sind Zahlen anzukreuzen. Dies geschieht innerhalb von 30 Sekunden pro Block. Es gibt zwei Phasen, die erste in Ruhe und die zweite unter Lärmeinwirkung (a und b).

Die Tests bei den Linien in gleich große Streifen schneiden. Diese werden dann den SchülerInnen auf einen Stapel gelegt. Zwischen den Tests sollen keine Pausen gemacht werden. Die Angabe was zu tun ist, ist vorzulesen, dann startet die Zeit. Die Lärmquelle soll sehr rasch nach dem ersten Test eingeschaltet werden.

In Ruhe 1.1.a:

vorlesen: „Kreuzt die Zahlen an, wo die erste Zahl gerade und die zweite ungerade ist“

70	21	23	12	19	
35	97	52	25	41	
47	81	18	22	80	
57	27	86	56	89	
88	24	74	33	83	Summe=9

Bei Lärm 1.1.b:

vorlesen: „Kreuzt die Zahlen an, wo die erste Zahl ungerade die zweite gerade ist“

08	58	81	06	15	
14	69	04	33	04	
77	28	28	50	18	
49	10	60	62	25	
47	89	86	44	70	Summe=6

In Ruhe 1.2.a:

zweite Variante:

vorlesen: „Kreuzt die Zahlen an, wo die erste Zahl gerade und die zweite ungerade ist“

11	51	42	13	38	
57	29	80	31	09	
34	84	48	69	95	
71	18	98	44	94	
58	85	99	14	42	Summe=4



Bei Lärm 1.2.b:

vorlesen: „Kreuzt die Zahlen an, wo die erste Zahl ungerade und die zweite gerade ist“

31	48	57	65	83	
38	21	47	98	76	
46	34	88	66	88	
44	36	45	27	19	
99	73	29	21	78	Summe=6

2. Streiche alle 6en durch

Die SchülerInnen haben pro Zeile 8 Sekunden Zeit, dann wird „weiter“ gesagt und die SchülerInnen müssen in die nächste Zeile springen, egal ob sie am Ende der Zeile angelangt sind oder nicht.

In Ruhe 2.1.a:

59996956955696956999595659956999 Summe=7

59556959955695955959995969599995 Summe=3

Bei Lärm 2.1.b:

69566959669999995595959955959569 Summe=6

99696959655959955659595965999596 Summe=6

In Ruhe 2.2.a:

95969559965695996565969559696969 Summe=9

99695695959955699555565959695559 Summe=5

Bei Lärm 2.2.b:

695996959596959595969595999595 Summe=4

96959695996969569599699595695699 Summe=8



3. Begriffe schieben

In Ruhe 3.1.a:

Es sind folgende Begriffe gegeben, die die SchülerInnen auch vor sich liegen haben:

KLUG BERG TRAUM BUCH
 WAND HAND KIND

Nun soll der Begriff „Traum“ mit dem Begriff „Hand“ vertauscht werden und die SchülerInnen sollen sich die neue Reihenfolge merken, Zeit dafür 15 Sekunden. Dann sollen sie auswendig alle Begriffe nach der neuen Reihenfolge auf das nächste Blatt aufschreiben, auch wieder in 15 Sekunden. Diese lauten:

KLUG BERG HAND BUCH
 WAND TRAUM KIND

Bei Lärm 3.1.b:

HALS TUCH LANG GNUS
 NUSS RAND ANDI

zu vertauschen sind „Hals“ und „Andi“:

ANDI TUCH LANG GNUS
 NUSS RAND HALS



4. Männer merken

In Ruhe 4.1.a:

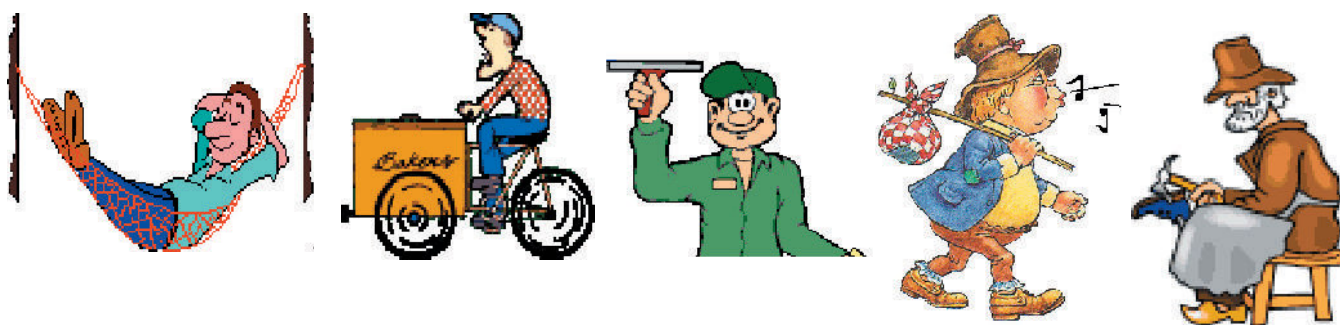
Den SchülerInnen werden folgende Skizzen von Affen (bei Ruhe)/Männern (bei Lärm) vorgelegt. Diese haben 15 Sekunden Zeit, um sich möglichst viele Details davon zu merken. Dann sollen sie folgende Fragen, wieder innerhalb von 15 Sekunden, beantworten:



Fragen:

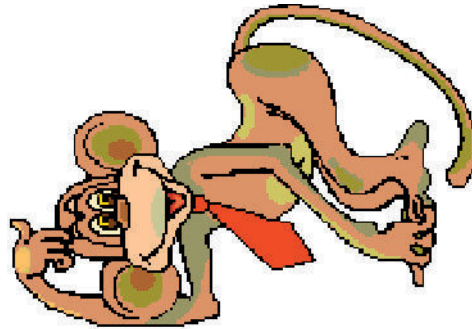
1. Wie viele Affen sind abgebildet?
2. Wie viele davon tragen einen Hut?
3. Was macht der dritte Affe von links?
4. An welcher Position befindet sich der Affe mit der roten Krawatte?

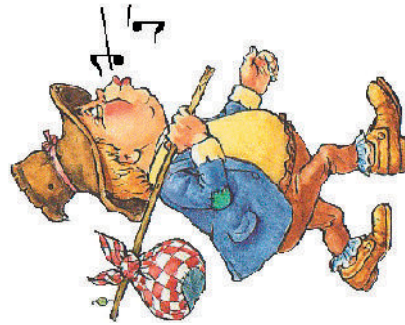
Bei Lärm 4.1.b:



Fragen:

1. Wie viele Männer sind abgebildet?
2. An welcher Position befindet sich der Mann der auf dem Fahrrad sitzt?
3. Was macht der Mann an der zweiten Position von links?
4. Trägt der Mann an der ersten Position von rechts ein blaues oder rotes T-Shirt?







1.1.a:

70	21	23	12	19
35	97	52	25	41
47	81	18	22	80
57	27	86	56	89
88	24	74	33	83



1.1.b:

08	58	81	06	15
14	69	04	33	04
77	28	28	50	18
49	10	60	62	25
47	89	86	44	70



1.2.a:

11	51	42	13	38
57	29	80	31	09
34	84	48	69	95
71	18	98	44	94
58	85	99	14	42



1.2.b:

31	48	57	65	83
38	21	47	98	76
46	34	88	66	88
44	36	45	27	19
99	73	29	21	78





2.1.a:

59996956955696956999595659956999

59556959955695955959995969599995



2.1.b:

695669596699999995595959955959569

99696959655959955659595965999596



2.2.a:

95969559965695996565969559696969

99695695959955699555565959695559



2.2.b:

69599695959695959596959595999595

96959695996969569599699595695699





3.1.a:

KLUG

BERG

TRAUM

BUCH

WAND

HAND

KIND



3.1.a:



3.1.b:

HALS

TUCH

LANG

GNUS

NUSS

RAND

ANDI



3.1.b:





4.1.a:

Frage 1: _____

Frage 2: _____

Frage 3: _____

Frage 4: _____



4.1.b:

Frage 1: _____

Frage 2: _____

Frage 3: _____

Frage 4: _____



Name:	Wochentag/Datum:
<h2>Protokoll eines Musikalltags</h2>	

Uhrzeit	Art der Musik <small>(z.B. Rock, Pop, Rap, Heavy Metal, Hip Hop, Ethno, Hagen, Groove)</small>	Quelle <small>(z.B. Radio, MP3 Player, Lautsprecher im Supermarkt, Geschwister, Nachbar, selbst musizieren)</small>	Musik, der man sich selbst aussetzt	Musik, der man ausgesetzt ist	Dauer	Lautstärke <small>leise <-> laut 1 2 3 4 5</small>	Wie würdest du das Gehörte einstufen? <small>Musik <-> Lärm</small>	Beschreibe in Stichworten deine Empfindung bei dieser Musik: <small>(ggf. auf Extrablatt)</small>
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		
						1 2 3 4 5		

Für den/die SchülerIn





Schallpegelmessung

Messung in der Schule:

Namen des Messteams:

Beispiele:

Datum, Uhrzeit	Erhebungsort	Schallpegelwert (dB _A)	Anmerkungen
30.11.2014 8:30	Klasse 3.b	85	Pause nach 1. Stunde, Fenster offen, alle Schüler im Raum
30.11.2014 8:43	Klasse 3.b	62	während der Stunde, Fenster offen, Straßenlärm stört
30.11.2014 10:30	Eingangshalle	min. ca. 73 max. ca. 101	große Pause, viele Schüler laufen und schreien herum

Datum, Uhrzeit	Erhebungsort	Schallpegelwert (dB _A)	Anmerkungen



Wissenswertes zum Thema Lärm

Name:

1. Schallwellen sind Schwankungen des **LUFTDRUCKES**, die sich mit Schallgeschwindigkeit ausbreiten.
2. Die Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt ca. **330** m/s.
3. Schallwellen werden von einer schwingenden Schallquelle erzeugt und gelangen zum **TROMMELFELL**, wo sie das Hörempfinden auslösen.
4. Die **FREQUENZ** gibt die Anzahl der Druckschwankungen pro Sekunde an.
5. Je höher die Frequenz einer Schallwelle ist, desto **HÖHER** hört man den Ton.
6. Die Stärke der Druckunterschiede in der Schallwelle gibt die **LAUTSTÄRKE** an.
7. Die Lautstärke misst man mit einem **SCHALLDRUCKPEGELMESSGERÄT**.
8. Die Lautstärke wird in **DEZIBEL (dB)** gemessen.
9. Die Erhöhung der Lautstärke um 10 dB bedeutet, dass man den Ton **DOPPELT** so laut wahrnimmt.
10. Eine Lautstärke von mehr als **85 dB** kann zu einer bleibenden Schädigung des Gehörs führen.
11. Für geistige, konzentrierte Arbeit darf die Lautstärke nicht höher als **50 dB** sein.
12. In unserer Klasse herrscht eine Lautstärke von **xxx dB**.



Wissenswertes zum Thema Lärm

Name:

1. Schallwellen sind Schwankungen des _____, die sich mit Schallgeschwindigkeit ausbreiten.
2. Die Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt ca. _____ m/s.
3. Schallwellen werden von einer schwingenden Schallquelle erzeugt und gelangen zum _____, wo sie das Hörempfinden auslösen.
4. Die _____ gibt die Anzahl der Druckschwankungen pro Sekunde an.
5. Je höher die Frequenz einer Schallwelle ist, desto _____ hört man den Ton.
6. Die Stärke der Druckunterschiede in der Schallwelle gibt die _____ an.
7. Die Lautstärke misst man mit einem _____.
8. Die Lautstärke wird in _____ gemessen.
9. Die Erhöhung der Lautstärke um 10 dB bedeutet, dass man den Ton _____ so laut wahrnimmt.
10. Eine Lautstärke von mehr als _____ kann zu einer bleibenden Schädigung des Gehörs führen.
11. Für geistige, konzentrierte Arbeit darf die Lautstärke nicht höher als _____ sein.
12. In unserer Klasse herrscht eine Lautstärke von _____.



Literatur

- ▶ Bundesamt für Gesundheit, Schweiz (Hrsg.): Ohrwürmer – Unterrichtsmappe für Gehörschutz 5./6. Klasse
- ▶ Bundesamt für Gesundheit, Schweiz (Hrsg.): sound – Unterrichtsmaterialien zum Gehörschutz Oberstufe
- ▶ Bundesgesundheitsblatt 5/95
- ▶ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm. 2007
- ▶ Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Deutschland (Hrsg.): Lärm und Gesundheit – Materialien für die Klassen 5 bis 10. Köln 2008, (<http://www.bzga.de/?uid=ab2e722acf5cf3a343b6e6793a451942&id=medien&sid=6&sub=1&idx=113>)
- ▶ CHIBICI B.: Die Lärm Spirale – Vom Umgang mit einer immer lauterem Welt. Verlagshaus der Ärzte. 2007
- ▶ Fa. Bilsom Group: Infobroschüre und Overheadfolien „Unersetzbar: das Gehör“
- ▶ Geo Ausgabe 11/2003. Seite 70. Illustration: Das Ohr – Gehör- und Gleichgewichtsorgan von Hark Weidling
- ▶ HOTTER E. UND ZOLLNERITSCH J.: Lärm in der Schule. Leykam Buchverlagsgesellschaft m.b.H. Nfg. & Co. KG. Graz. 2008
- ▶ LANDSBERG-BECKER J. et. al., Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Deutschland (Hrsg.): Lärm und Gesundheit – Materialien für die Grundschule (1.-4. Klasse). Köln, ohne Zeitangabe (<http://www.bzga.de/?uid=ab2e722acf5cf3a343b6e6793a451942&id=medien&sid=6&idx=112>)
- ▶ MOTTA P.: Wunder Mensch – Reportagen aus dem Innenleben. Köln. Verlagsgesellschaft. 1992
- ▶ WOLFBAUER R.: Laut ist out! – Lärmschutz ist IN. Graz. 1999



Inhaltsübersicht Lärm-Praxiskoffer-Set

kleiner Koffer

- 1 Unterrichtsmappe
- Broschüre „Die Lärmgeistlein“
- suvaPro CD und Begleitheft
- CD Experiment Versuchskaninchen
- CD Lärmsimulationsprogramm V5.0
- Plastik-Noppenfolie zum Dämmen
- 1 kleiner/s Teppich/Tuch
- 1 Bodenfliese
- 1 Zwinge + Aufhängevorrichtung + Metallboden für Stativ
- 1 Schlauch (1 m lang, mit Markierungen)
- 2 Anschlaghammer (1x mit Metall-Spitze, 1x mit Plastik-Spitze)
- 1 Stimmgabel 2.000 Hz/1.700 Hz
- 1 Stimmgabel mit Zeichenspitze 100 Hz
- 1 Sack Ohrstöpsel (als Muster)
- 2 Mappen mit Tischkarten und Beschreibungen der ausgewählten Experimente (auch VS)



Aluminium-Koffer

- 1 Plastikflasche als Schallkanone
 - 1 Voltcraft-Handschallpegelmesser in schwarzer Kunststoffbox
 - 1 Frequenzgenerator
 - 2 Trommeln in Schachtel mit 2 Holzschlägeln und Styroporkugel
 - 2 Stimmgabeln 440 Hz mit 2 Reiter und 2 Resonanzkörper in Styropor-Box
 - 2 Trichter
 - 1 Schachtel mit Schalldämmung & 1 Wecker
 - 1 Schachtel mit Lärmampel
 - kleine Box mit:
 - 2 Teelichter
 - 1 Reserve-Styroporkugel
 - 1 Tuch zum Verbinden der Augen
 - 1 Rollmeter
 - gesondert:**
 - 1 Stativ-Stange
 - 1 Poster Schalldruckpegelskala
- 2 laminierte A4-Poster (Zilien unter dem Elektronenmikroskop, Vergleich Zilien intakt/beschädigt)
- 7 laminierte A3-Poster

Von der eigenen Schule werden für die Projektumsetzung benötigt: Ruhiger Raum ohne Nebengeräusche, CD-Player, Boxen, MP3-Player/Handy (von den SchülerInnen), ev. Newton Pendel

Verleih: Umwelt-Bildungs-Zentrum Steiermark (Frau Dreißig)
8010 Graz, Brockmanngasse 53, Tel.: 0316-835404, E-Mail: nicole.dreissig@ubz-stmk.at