

Schall mit unterschiedlichen Wirkungen

Christel Kutter, Dresden

Illustrationen von Julia Lenzmann, Stuttgart, und Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing



© Greg Hinsdale/Think Image Bank/Getty Images Plus

Die Unterrichtseinheit mit der Wiederholung und Vertiefung des Themas *Schwingungen und Wellen*. Die Anknüpfungspunkte zu den Fächern Musik, Biologie und auch Psychologie bestehen, bietet sich der Beitrag für den fachübergreifenden Unterricht. Auch im Rahmen einer Projektwoche bzw. in Vertretungsstunden lassen sich die Materialien gut einsetzen, ganz abgesehen von dem regulären Unterricht, den sie bereichern.

Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Physik

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Es ist gemäß § 60b UrhG hergestellt und ausschließlich zur Veranschaulichung des Unterrichts und der Lehre an Bildungseinrichtungen bestimmt. Die Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH erteilt Ihnen für das Werk das einfache, nicht übertragbare Recht zur Nutzung für den persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung. Unter Einhaltung der Nutzungsbedingungen sind Sie berechtigt, das Werk zum persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung in Klassensatzstärke zu vervielfältigen. Jede darüber hinausgehende Vervielfältigung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Hinweis zu §§ 60a, 60b UrhG: Das Werk oder Teile hiervon dürfen nicht ohne eine solche Einwilligung an Schulen oder in Unterrichts- und Lehrmitteln (§ 60b Abs. 2 UrhG) vervielfältigt, insbesondere kopiert oder eingescannt, verbreitet oder in ein Netzwerk eingestellt oder sonst öffentlich zugänglich gemacht oder wiedergegeben werden. Dies gilt auch für den Einsatz von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Die Aufführung abgedruckter musikalischer Werke ist ggf. GEMA-meldepflichtig.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und ggf. angefragt.

In unseren Beiträgen sind wir bemüht, alle Experimentenötigen Substanzen mit den entsprechenden Gefahrenhinweisen zu kennzeichnen. Dies ist ein kostenloser Service. Dennoch ist jeder Experimentator selbst angehalten, sich vor der Durchführung der Experimente genauestens über das Gefährdungspotenzial der verwendeten Stoffe zu informieren, die nötigen Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen sowie alles ordnungsgemäß zu entsorgen. Es gelten die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung sowie die Dienstvorschriften der Schulbehörde.

Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH
Ein Unternehmen der Raabe-Gruppe
Rotebühlstraße 77
70178 Stuttgart
Telefon +49 711 62900-0
Fax +49 711 62900-60
meinRAABE@raabe.de
www.raabe.de

Redaktion: Annette de Witte/Neibel
Satz: Neibel Media GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Bildnachweis Titel: Greg Hinsdale/The Image Bank/Getty Images Plus
Illustrationen: Dr. W. Zettlmeier, Barbing
Konzeption: Johanna Stotz, Wyhl a. K., Dr. Stefan Völker, Jena

Schall mit unterschiedlichen Wirkungen

Oberstufe (Niveau)

Christel Kutter, Dresden

Illustrationen von Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing

Hinweise	1
M 1 Grundphänomene der Akustik – frischen Sie Ihr Wissen auf!	9
M 2 Mechanische Schwingungen und Wellen – Wiederholung	10
M 3 Schön oder scheußlich? – Beschreiben Sie!	11
M 4 Interview (Thema Lärmbelastung) – Daten sammeln	12
M 5 Lärmschutz – die empfangene Schallintensität verringern	13
M 6 Musikinstrumente und die Tonerfasser	15
M 7 Wir bauen eine Querflöte (für die C-Dur-Tonleiter)	16
M 8 Bau des menschlichen Ohrs	19
M 9 Das menschliche Ohr und das Hören	20
M 10 Raumakustik – Brechung, Beugung und Reflexion	22

Die Schüler lernen:

Die Schüler vertiefen das Thema *Schwingungen und Wellen*.

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

Ab = Arbeitsblatt **Wh** = Wiederholungsblatt **Fo** = Folie

Thema	Material	Methode
Grundphänomene der Akustik – frischen Sie Ihr Wissen auf!	M1	Wh
Mechanische Schwingungen und Wellen – Wiederholung	M2	Wh
Schön oder scheußlich? – Beschreiben Sie!	M3	Fo
Interview (Thema Lärmbelastung) – Daten sammeln	M4	Ab
Lärmschutz – die empfangene Schallintensität verringern <input type="checkbox"/> mehrere Blätter Papier <input type="checkbox"/> ein hohes Thermosgefäß <input type="checkbox"/> mehrere sehr dünne Holzplatten <input type="checkbox"/> Kabel <input type="checkbox"/> Piezofon <input type="checkbox"/> Strommesser <input type="checkbox"/> Mikrofon mit Verstärker <input type="checkbox"/> Stromversorgungsgerät 0 bis 15 V	M5	Ab
Musikinstrumente und die Lautstärke	M6	Ab
Wir bauen eine Querflöte (für die C-Dur-Tonleiter) <input type="checkbox"/> Kunststoffrohr (Dicke $d = 20$ mm, Länge $l = 330$ mm) <input type="checkbox"/> Korken <input type="checkbox"/> Sandpapier <input type="checkbox"/> Reißnagel <input type="checkbox"/> Bleistift <input type="checkbox"/> Bohrmaschine oder Akkuschrauber <input type="checkbox"/> Bohrer 8 mm, Stahl oder Kunststoff <input type="checkbox"/> grobe und feine Feile <input type="checkbox"/> Feilspitze <input type="checkbox"/> Zollstock	M7	Ab

Bau des menschlichen Ohrs	M8	Ab
Das menschliche Ohr und das Hören <input type="checkbox"/> Tonfrequenzgenerator <input type="checkbox"/> Schallpegelmesser <input type="checkbox"/> Lautsprecher <input type="checkbox"/> Stimmgabel <input type="checkbox"/> Mikrofon <input type="checkbox"/> Frequenzgenerator	M9	Ab
Raumakustik – Brechung, Beugung und Reflexion	M10	Ab

VORANSICHT

Schall mit unterschiedlichen Wirkungen

Hintergrundinformation

Man geht heute davon aus, dass Musik ein Nebenprodukt der Entwicklung der menschlichen Sprache ist. Es bildete sich nach und nach ein neuronales Netz aus, mit dem es möglich ist, die komplexen Vorgänge der Verarbeitung, Erkennung und Speicherung von Schallsignalen auszuführen. Diese sind nötig, um Sprache zu verstehen. Da Denken und Sprache eine Einheit bilden, sich also im Zusammenwirken entwickeln, ist zu folgern, dass die Entwicklung des Menschen über Musik als eine spezifische Prägung der Sprache maßgeblich beeinflusst wird.

Die Wahrnehmung von Musik erfordert das Lösen komplexer kognitiver Aufgaben im Gehirn, bei denen die Informationen akustischer Natur analysiert, gespeichert, wieder abgerufen, verglichen und interpretiert werden. Die Wirkung, die Musik hat, beruht weit mehr auf dem hervorgerufenen Gefühlszustand als auf der grundlegenden Information, die Musik überträgt. Gefühlszustände, die den Erwerb, die Speicherung und Verarbeitung von Informationen anregen.

Mit Musik kann Freude, Trauer, Begeisterung der Menschen ausgedrückt werden. Mit ihr kann die Aufmerksamkeit großer Menschenmassen gewonnen werden, über rhythmische Musik kann die Handlungsrichtung von Menschen beeinflusst werden. Religiöse Riten werden mit Musik begleitet und damit die Aufmerksamkeit der Zuhörer konzentriert. Mit Musik unterlegte Prozesse helfen komplexe Bilder besser zu speichern, zu identifizieren und zu verarbeiten.

Die Wirkungen von Schall auf den Menschen sind im Fall von Musik und von Lärm unterschiedlich, und doch beruhen sie auf gleichen Gesetzen der Physik hinsichtlich Entstehung und Ausbreitung. Musik und Lärm sind aber nie nur mit physikalischen Gesetzen erklärbar, sondern Gesetze anderer Wissenschaften spielen eine bedeutende Rolle. Es lohnt sich also, auf dem Phänomen etwas genauer nachzugehen.

Einführung und Problemstellung

Die Unterrichtseinheit hat das Ziel, zwei gegensätzliche akustische Phänomene – Musik und Lärm, zu beschreiben und zu erklären, denen die gleichen physikalischen Gesetze und außerdem Gesetze weiterer Wissenschaften zugrunde liegen. Unterschiedliche Ziele der Akteure und unterschiedliche Bedingungen beim Wirken der gleichen Gesetze führen zu unterschiedlichen Anwendungen und Wirkungen auf den Menschen.

Zunächst arbeiten Ihre Schülerinnen und Schüler¹ die Unterschiede beider Phänomene heraus. Unterstützen Sie diesen Prozess durch Bilder (Farbfolie) und Hörsequenzen. Stellen Sie beispielsweise einen Bauarbeiter an einem stark lärm-belasteten Arbeitsplatz Konzertbesuchern in einem Konzertsaal mit Musikern und Orchestermitgliedern gegenüber. Lassen Sie die Schüler beide Situationen beschreiben. Es schließt sich eine Diskussion darüber an. Eindrucksvoll demonstriert die Audio-CD *Gehörschutz – Das Ohr schützen. Klangdemonstrationen und Erläuterungen zur Erzielung und Unterstützung gehörschutzgerechten Verhaltens* des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften Sankt Augustin (1982) die Wirkungen von Hörschäden.²

Was unterscheidet Lärm von Musik?

Stellen Sie die beiden akustischen Phänomene *Lärm* und *Musik* einander gegenüber:

Lärm	Musik
Lärm wird als unangenehm empfunden.	Musik wird als schön und angenehm empfunden.
Erzeugt u. a. durch eine Maschine oder durch Menschen (Schreien, Kreischen)	Erzeugt durch Musikinstrumente oder durch Menschen (Gesang)
Übertragung der Geräusche durch die Luft	Ebenso
Hören (Empfangen) durch den Menschen	Ebenso
Ziel: Verringern des Schalls, Lärmbe-kämpfung, etc.	Ziel: Erstklassiger Empfang des Schalls, exquisites Musikerlebnis

¹ Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur noch „Schüler“ verwendet.

² Sie finden die Dateien dieser – inzwischen vergriffenen CD – in unserem Archiv zum Download.



Lehrplaneinordnung

Die Themen *Lärmschutz*, *Musikinstrumente* und *Aufbau des menschlichen Gehörs* gehören in die Sekundarstufe I. In der Oberstufe (11. Klasse) folgt das Thema *Mechanische Schwingungen und Wellen*. Das Arbeitsblatt zur *Klangübertragung und Raumakustik* setzt diese Kenntnisse voraus. Wichtig ist, Anwendungen aufzudecken, zu beschreiben und zu erklären. Hier wird deutlich, wie man sich physikalische Gesetze zunutze machen kann. Treffen Sie je nach zur Verfügung stehender Zeit eine thematische Auswahl und erweitern Sie die Unterrichtseinheit beispielsweise durch das Thema *Elektronische Musik*. In vielen Lehrplänen wird das Bewusstmachen der Arbeitsverfahren der Physik betont. Auch in der vorliegenden Unterrichtsreihe besteht die Möglichkeit, den Unterrichtsprozess einen vollständigen Problemlösungsprozess zu unterlegen. Hierbei analysieren Sie zunächst mit Ihrer Klasse die Situation, formulieren die Problemstellung, sammeln Lösungsideen, stellen Hypothesen auf, überprüfen diese durch Experimente, vergleichen die Ergebnisse mit Ihrer Hypothese und formulieren die Lösung schließlich als physikalisches Gesetz.

Falls Sie einzelne Materialien bereits in der Sekundarstufe I behandeln, legen Sie den Schwerpunkt auf die Beschreibung der Phänomene und deren qualitative Betrachtung. Achten Sie nicht nur auf den Erwerb von Wissen, sondern auch auf eine angemessene Darstellung der Erkenntnisse, das eigenständige Arbeiten in der Gemeinschaft und Praktizieren geeigneter Methoden.

Lassen Sie die Schüler im Internet recherchieren, um ihre Kenntnisse zu erweitern.



Für das Aufzeichnen und Messen gibt es hervorragende Software, z. B. CASSY Lab von der LD Didactic AG & Co. KG (<http://www.leybold-didactic.de>), aber auch leicht zu bedienende und kostenfreie Apps wie „phyphox“ von der RWTH Aachen.

Didaktisch-methodische Hinweise

Die Unterrichtseinheit dient der Wiederholung und Vertiefung des Themas *Schwingungen und Wellen*. Da Anknüpfungspunkte zu den Fächern Musik, Biologie und auch Psychologie bestehen, eignet sich der Beitrag für den **fachübergreifenden Unterricht**. Auch im Rahmen einer Projektwoche bzw. in Vertretungsstunden lassen sich die Materialien gut einsetzen, ganz abgesehen von dem regulären Unterricht, den sie bereichern.

Die Schüler arbeiten in Kleingruppen zu je drei bis fünf Personen. Berücksichtigen Sie bei der Gruppeneinteilung die Stärken, Schwächen und Interessen Ihrer Schüler.



Die Arbeitsgruppen widmen sich unter anderem folgenden Fragen:

- Welche physikalischen Gesetze wirken beim Erzeugen, Empfinden und Verarbeiten von Lärm und Musik? Welchen Gesetzen gehorcht der Schall?
- Wie vermeidet bzw. bekämpft man Lärm? Wie schafft man Ruhe?
- Wie erzeugt man Musik, wie überträgt man sie? Ist Musik immer schön? Welche Gesetze aus dem Gebiet der Musik spielen eine Rolle?
- Was bezeichnet man überhaupt als Musik und woran liegt es, dass sie – im Gegensatz zum Lärm – ein Genuss ist?
- Welche Rolle spielt das menschliche Gehör? Wie funktioniert es? Warum ist es so schlimm, schwerhörig zu sein?

Die Schüler rekapitulieren ihr Physikwissen aus der Mittelstufe und führen Interviews, Tests und Experimente durch, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen.

Sie recherchieren im Internet. Ihre Ergebnisse tragen die Arbeitsgruppen in Kurzreferaten vor. Dabei teilen sie auch den Schülern ihre Zusammenfassung als Handout aus.



Die Arbeitsgruppen arbeiten weitgehend selbstständig. Sie als Lehrkraft fungieren als Berater. Informieren sich über den Fortschritt der Arbeitsgruppen, geben gegebenenfalls Hilfestellung und koordinieren die Arbeitsprozesse.

Einen besonderen Schwerpunkt bilden die Experimente, besonders solche, die die Schüler mit den einfachsten Mitteln durchführen können. Achten Sie darauf, dass die Arbeitsgruppen sorgfältige Versuchsprotokolle anfertigen.



M 1 Grundphänomene der Akustik – frischen Sie Ihr Wissen auf!



Aufgaben

1. Definieren Sie Schall.
2. Nennen Sie drei Möglichkeiten, Schall zu erzeugen.
3. Erklären Sie die Begriffe Schwingung, Amplitude A und Frequenz f .
4. Geben Sie den Zusammenhang zwischen der Frequenz f und der Periodendauer T einer Schwingung an.
5. Kann sich Schall im luftleeren Raum ausbreiten?
6. Geben Sie die Schallgeschwindigkeit in Luft an.
7. Die Lautstärke eines Tons wird durch die _____ der Schwingung bestimmt, die Tonhöhe durch die _____.
8. Beschreiben Sie, wann Resonanz auftritt. Verwenden Sie dabei den Begriff *Eigenfrequenz*. Nennen Sie ein Beispiel für eine Resonanzkatastrophe.
9. Geben Sie das Verhältnis der Frequenzen zweier Töne an, die sich um eine Oktave unterscheiden.
10. Zeichnen Sie die Schwingung einer Saite auf
 - beim Anschlagen,
 - beim 1. Oberton und
 - beim 2. Oberton.
11. Warum muss es nichts, einer Flöte einen Schal umzubinden, wenn sie heiser ist? Beschreiben Sie, wie die Klangfarbe eines Instruments entsteht.
12. Beschriften Sie den menschlichen Hörbereich, Ultra- und Hyperschall sowie Infraschall.

M 2 Mechanische Schwingungen und Wellen – Wiederholung



Aufgaben

1. Definieren Sie den Begriff *mechanische Schwingung* und nennen Sie eine Voraussetzung dafür, dass eine mechanische Schwingung aufrechterhalten wird.
2. Zählen Sie Beispiele für eine mechanische Schwingung auf.
3. Erläutern Sie den Begriff harmonische Schwingung.
4. Grenzen Sie die erzwungene Schwingung von der freien (= Eigen-) Schwingung eines Systems ab.
5. Beschreiben Sie die Energieumwandlung beim Fadenpendel und beim Federschwinger.
6. Diskutieren Sie die verschiedenen Fälle bei der eindimensionalen Überlagerung zweier harmonischer Schwingungen.
7. Definieren Sie den Begriff *mechanische Welle* und nennen Sie eine Voraussetzung dafür, dass eine mechanische Welle entstehen kann. Gehen Sie auch auf die Phase der Teilchen, die in einer Wellenfront liegen, ein.
8. Was besagt das Huygens'sche Prinzip?
9. Beschreiben Sie zunächst, was bei Reflexion eines Wellenbergs am festen bzw. am losen Ende geschieht. Erweitern Sie Ihre Betrachtung dann auf schräg auf eine ebene Oberfläche treffende Wellen.
10. Erläutern Sie, was Sie unter Interferenz verstehen.
11. Geben Sie die Wellengleichung an.
12. Stellen Sie Brechung und Beugung mechanischer Wellen gegenüber. Erläutern Sie die Unterschiede.

M 3 Schön oder scheußlich? – Beschreiben Sie!



© RAABE 2020

Fotos: 1. Bruce Burdett/The Image Bank/Getty Images Plus, 2. Bernd Vogel/Stone/Getty Images Plus, Mit Model Release, 3. Luis Alvarez/DigitalVision/Getty Images Plus, Mit Model Release, 4. Copenhagen Bernhard/Digital Vision/Getty Images Plus, Mit Model Release

M 4 Interview (Thema Lärmbelastung) – Daten sammeln

Schülerversuch



Pulstest: Zählen Sie Ihren Puls bei Ruhe und bei großer Unruhe.

Konzentrationstest: Zählen Sie die Buchstaben eines komplizierten Textes. Lösen Sie Kopfrechenaufgaben bei Ruhe und bei Unterhaltung.

Kommunikationstest: Führen Sie ein Gespräch über einen komplizierten Sachverhalt (beispielsweise ein Thema aus der Zeitung oder den Nachrichten) bei Ruhe und bei lauter Musik. Zählen Sie hinterher die Fakten aus dem Gespräch auf.

Aufgabe: Interviewen Sie 6 Personen zum Thema Lärmbelastung. Wählen Sie je 2 Personen unter 20 Jahren, 2 im Alter von 20 bis 40 Jahren und 2 über 60 Jahren. Von welchen Geräuschen fühlen Sie sich im täglichen Leben belästigt?

Aussage	Ja	Nein	keine A.
Manchmal stört mich schon ein tickender Wecker.			
Spielende Kinder sind für mich zu laut.			
Ich kann es schlecht ertragen, laute Musik zu hören.			
Rockmusik ist keine Musik, sondern Lärm.			
Wenn neben mir jemand laut mit dem Smartphone Musik hört, stört es mich.			
Der Verkehrslärm in meinem Wohngebiet geht mir auf die Nerven.			
Ich kann mich gegen Lärm schützen.			
Ich kann nur einschlafen, wenn es wirklich leise ist.			
Absolute Stille ist für mich unerträglich.			
Bei den Hausaufgaben brauche ich Ruhe.			
Beim Lesen schwieriger Texte brauche ich Ruhe.			
Ich bin ungeduldig, wenn Autos auf der Straße hupen.			
Gegen Lärm ist der Einzelne machtlos.			

M 5 Lärmschutz – die empfangene Schallintensität verringern

Aufgabe: Erkunden Sie Möglichkeiten des konstruktiven Lärmschutzes.

- Überlegen Sie zunächst selbst, wie Sie sich gegen Lärm schützen können.
- Besuchen Sie einen Baumarkt oder befragen Sie einen Handwerker nach Möglichkeiten, ein Haus lärmschutzgerecht zu sanieren.
- Untersuchen Sie die Schalldämmung anhand des folgenden Experimentes.



Schülerversuch ⌚ Vorbereitung: 15 min, Durchführung: 45 min



Materialien

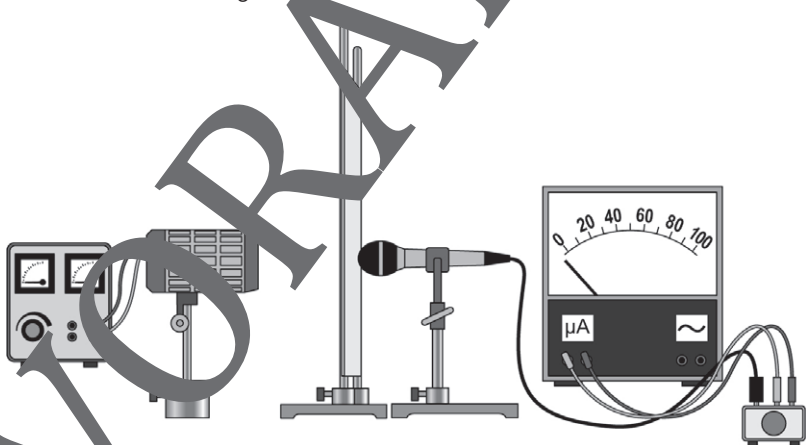
- mehrere Blätter Papier
- ein hohes Thermosgefäß
- mehrere sehr dünne Holzplatten
- Kabel

Geräte

- Piezofon
- Amperemeter
- Mikrofon mit Verstärker
- Stromversorgungsgerät 0 bis 15 V

Versuchsaufbau

Stellen Sie das Piezofon in das Thermosgefäß als Schallquelle. Das Mikrofon mit Verstärker bauen Sie in einem Abstand dazu auf. Schließen Sie den Verstärker mit dem Kabel an das Messgerät an.



Grafik: M. Zettlmeier, Barbing

Versuchsdurchführung

Untersuchen Sie den Zusammenhang zwischen ausgesendeter Schalleistung und empfangener Schalleistung in Abhängigkeit

1. von der Spannung am Piezofon.
2. vom Abstand zwischen Sender und Empfänger. Beginnen Sie mit einem Abstand und erhöhen Sie den Abstand in Schritten von 2 cm.
3. von der Art und Stärke des Materials, welches Sie zwischen Sender und Empfänger bringen. Nutzen Sie Papier, Holz, Schaumstoff, Metallfolie usw. oder suchen Sie selbst nach geeignetem Material.

Bestimmen Sie experimentell $I_{\text{reflektiert}}$ und errechnen Sie daraus den Reflexionskoeffizienten r .

Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll.

Tipps: Die **Schalleistung** ist die pro Zeiteinheit von einer Schallquelle abgegebene Schallenergie. Ihre Einheit ist das Watt (W). Der **Absorptionskoeffizient**

α gibt den Anteil an, um den die Intensität des Schalls beim Durchgang durch ein Medium der Länge x durch Absorption abnimmt. Dabei ist die **Intensität** des Schalls gleich der Schalleistung, die pro Flächeneinheit durch die durchschallte Fläche tritt.

Der Reflexionskoeffizient ist das Amplitudenverhältnis zwischen reflektierter und einfallender Welle beim Übergang in ein anderes Ausbreitungsmedium.

M 6 Musikinstrumente und die Tonleiter

Eine Recherche zum Thema Musikinstrumente und Orchester

Informieren Sie sich mithilfe des Internets und anhand von Fachbüchern oder befragen Sie Musiker. Beantworten Sie dann folgende Fragen:

1. Welche Instrumente werden in einem großen Orchester eingesetzt?
2. Auf welche Art und Weise bringen die Musiker diese Instrumente jeweils zum Klingen?
3. Wie sind die Instrumente angeordnet und welche speziellen Aufgaben erfüllen sie?
4. Wie erzeugt man Töne und Klänge mit den unterschiedlichen Instrumenten?
5. Wieso gibt es beim gleichen Ton Unterschiede auf unterschiedlichen Instrumenten, beispielsweise in der Klangfarbe?

Aufgaben

1. Man kann Musik mit unterschiedlichen schwingenden Körpern erzeugen. Nennen Sie schwingende Körper und jeweils zwei dazu passende Musikinstrumente.
2. Beschreiben Sie Verstärkung durch Resonanz. Wählen Sie ein geeignetes Musikinstrument zur Erläuterung aus.
3. Welche Größen bestimmen die Frequenz einer Saite?
4. Beschreiben Sie das Entstehen von Obertönen. Wie erzeugt man sie auf einem Instrument?
5. Man hat international einen Ton festgelegt, auf den sich alle Musiker beziehen können. Welcher ist das und welche Frequenz hat er? Begründen Sie eine solche Festlegung.
6. Aus praktischen Gründen wird eine Tonleiter (Skala) als eine Zusammenstellung von diskreten Tonhöhen definiert. Diese Tonhöhen sind so angeordnet, dass man eine größtmögliche Zahl von Konsonanzen (als angenehm empfundene) und eine kleinstmögliche Zahl von Dissonanzen (als unangenehm empfundene) hat, wenn zwei oder mehr Töne aus dieser Zusammenstellung zusammenklingen.
Notieren Sie die Frequenzen für die diskreten Tonhöhen der C-Dur-Tonleiter und suchen Sie die Konsonanzen und Dissonanzen heraus.

M 7 Wir bauen eine Querflöte (für die C-Dur-Tonleiter)

Aufgabe: Klänge und theoretische Rohrlängen



Berechnen Sie die Rohrlängen nach der Formel: $l = c/2f$, $c_{\text{Schall}} \approx 342 \text{ m/s}$

Klang	c''	d''	e''	f''	g''	a''	b''	c'''
Frequenz f	523,3	587,3	659,3	698,5	784,0	880,0	987,8	1047
Rohrlänge l								

In der Praxis ergeben sich jedoch erhebliche Abweichungen, weil Ihre Querflöte nicht als ideales beidseitig offenes Rohr ansehen dürfen.

Schülerversuch ⌚ Vorbereitung: 30 min, Durchführung: 60 min



Materialien

- Kunststoffrohr (Dicke $d = 20 \text{ mm}$, Länge $l = 330 \text{ mm}$)
- Korken, Reißnagel, Bleistift
- Sandpapier

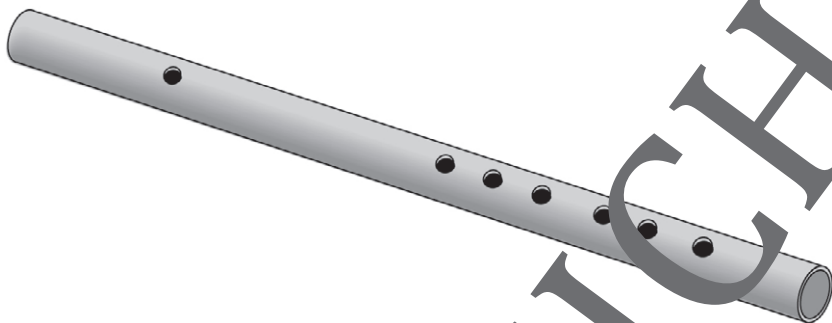
Werkzeuge

- Bohrmaschine oder Akkuschauber
- Bohrer 8 mm; Stahl oder Kunststoff
- grobe und feine Feile
- Feinsäge, Zollstock

Bauanleitung

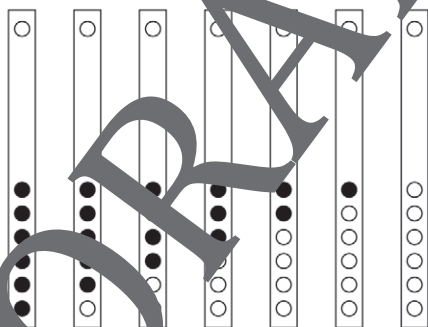
- Sägen Sie ein Rohr von 330 mm Länge ab.
- Zeichnen Sie eine Mittellinie längs über das Rohr.
- Bringen Sie im Abstand von 70 mm eine Markierung für das Blasrohr an.
- Tragen Sie von der Blasmarkierung die Abstände der Tonlöcher ab: 117 mm, 136 mm, 156 mm, 181 mm, 198 mm, 220 mm.
- Stechen Sie die Löcher mit der Reißnadel an und bohren Sie dann die Löcher.
- Schleifen Sie die Grate vorsichtig mit Feile und Sandpapier glatt.
- Verschließen Sie auf der Seite des Blasloches das Rohr mit dem Korken, schieben Sie dabei den Korken so weit in das Rohr, bis ein Abstand von 7 mm zwischen dem Korken und der Mitte des Blasloches erreicht ist.

Ergebnis: Sie haben ein einfaches Instrument, mit dem Sie die Tonleiter und einfache Lieder spielen können.



Quelle: Lenk, Sebastian, *Bau einfacher Funktionsmodelle von Musikinstrumenten*, Examensarbeit 2008, Technische Universität Dresden. Grafik: Dr. W. Zettlmeier

© RAABE 2020



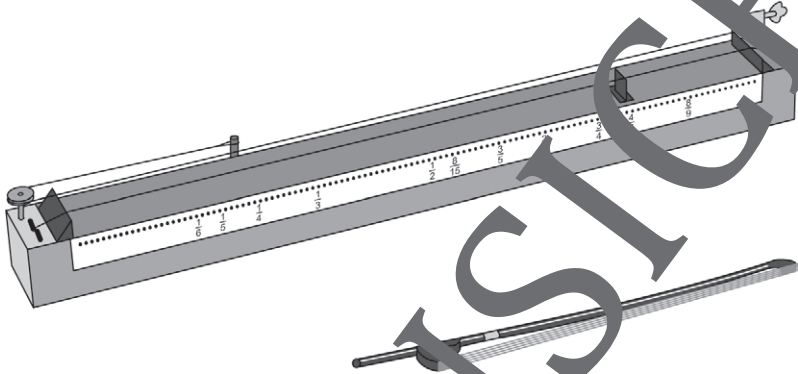
○ Tonloch offen ● Tonloch geschlossen

Grafik: Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing

Schülerversuch: Monochord

🕒 Vorbereitung: 10 min, Durchführung: 20 min

Untersuchen Sie den Zusammenhang von Tonhöhe (Frequenz) bzw. von Lautstärke (Amplitude) und den Eigenschaften der Saite (Länge, Material, Spannung).

**Versuchsaufbau: Monochord**

Grafik: Dr. W. Zettlmeier, Barbing, nach Vorlage von <http://www.leybold-didactic.de>

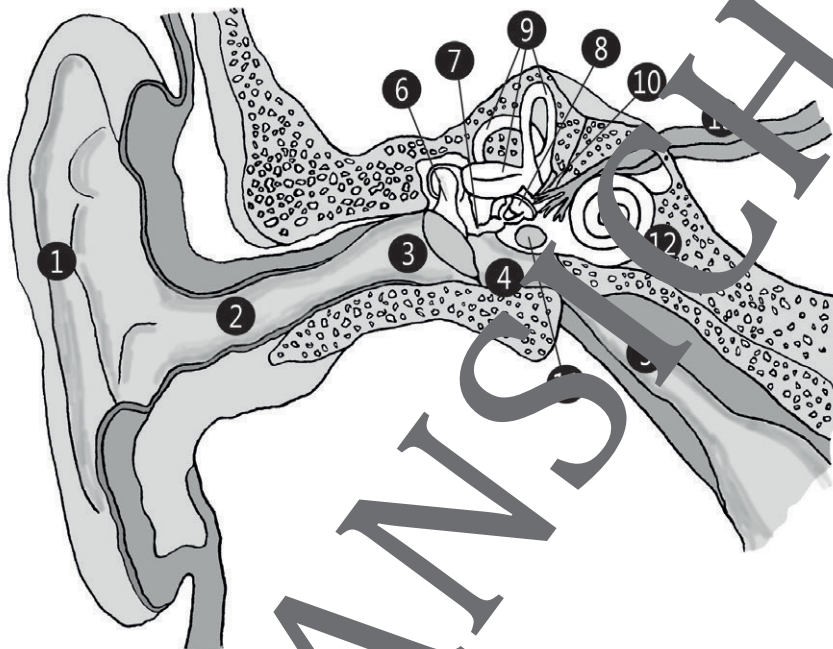
Versuchsdurchführung

1. Eine der Saiten wird schwach gespannt und angezupft, es ergibt sich ein tiefer Ton. Die Spannung wird nach und nach erhöht und das Anzupfen wiederholt.
2. Spannen Sie die beiden unterschiedlich dicken Saiten etwa gleich, zupfen Sie die erste erst schwach, danach aber immer stärker, danach die zweite Saite in gleicher Abfolge an.

Tipp: Mit der kostenlosen App „Sphox“ der RWTH Aachen können Sie schnell und einfach Frequenzspektren aufnehmen. Auch eine Stimmgeräte-App misst Frequenzen und benennt die Töne.



M 8 Bau des menschlichen Ohrs



© RAABE 2020

Grafik: Dr. W. Zettlmeier, Barbing

Aufgabe

Benennen Sie die einzelnen Bestandteile des Ohrs in der Abbildung. Notieren Sie auch die Aufgaben der einzelnen Bestandteile.

M 9 Das menschliche Ohr und das Hören

Aufgaben

1. Sie hören verzerrte Hörbeispiele, die Ihre Lehrkraft mitgebracht hat. Formulieren Sie Ihre Eindrücke.
2. Nicht alle Menschen hören gleich gut. Nennen Sie Störungen und beschreiben Sie, worauf die Symptome hinweisen können. Notieren Sie, bei welchen Tätigkeiten ein Mensch mit eingeschränktem Hörvermögen beeinträchtigt ist.
3. Formulieren Sie, welche Leistungen das menschliche Gehör vollbringt.
4.
 - a) Warum ist es vorteilhaft, zwei Ohren zu besitzen?
 - b) Weisen Sie Ihre Überlegungen mit einem einfachen Experiment nach.

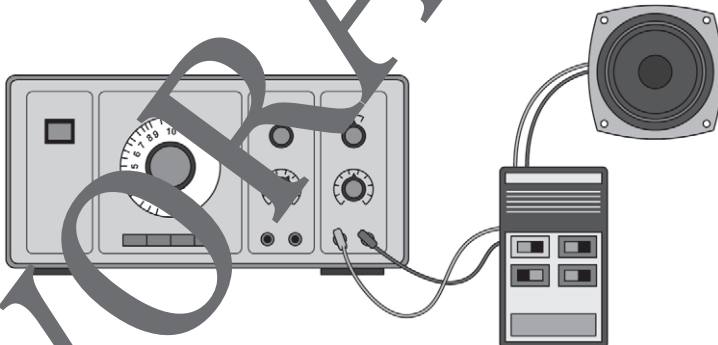
Schülerversuch: Hörbereich und Schmerzgrenze

🕒 Vorbereitung: 10 min, Durchführung: 15 min

Versuchsaufbau: Messen des eigenen Hörbereichs

Geräte

- Tonfrequenzgenerator
- Schallpegelmesser
- Lautsprecher



Grafik: Dr. W. Zettlmeier, Barbing

Versuchsdurchführung

Bestimmen Sie Ihren eigenen Hörbereich.

- Verändern Sie kontinuierlich die Frequenz, beginnend bei 1 Hz bis 40 000 Hz.
- Verändern Sie kontinuierlich die Lautstärke bei konstanter Frequenz.

Schülerversuch: Test der Qualität des eigenen Gehörs

🕒 Vorbereitung: 10 min, Durchführung: 15 min



Geräte

- Stimmgabel
- Mikrofon
- Frequenzgenerator
- Schallpegelmesser

Suchen Sie sich für dieses Experiment einen Partner. Hörmittel sind bei dieser Hörprüfung nicht erlaubt.

- Bestimmen Sie die Hörweite für Flüster- und Umgangssprache.
- Untersuchen Sie, wie stark Sie die Stimmgabel anschlagen müssen, um sie zu hören. Untersuchen Sie dabei die Hörfähigkeit beider Ohren.
- Vergleichen Sie Ihr eigenes Hörvermögen mit dem Ihrer Lehrkraft.
- Kontrollieren Sie die eigene Sprechlautstärke.

M 10 Raumakustik – Brechung, Beugung und Reflexion

Aufgaben: Der Klang der Musik breitet sich aus



1. Hörgewohnheiten und Geschmack bestimmen das, was wir bei Musik als angenehm empfinden. Nennen Sie je ein Beispiel dafür, was Sie als tolle und was Sie als grauehafte Musik empfinden. Begründen Sie. Nennen Sie Schallarten, die bei jeder Musik bedeutsam sind.
2. Nennen Sie Eigenschaften von Schallwellen, die bei Klangübertragung von Bedeutung sind. Erläutern Sie das am Beispiel von Musikübertragung im Raum.
3. Bei Schalluntersuchungen hat man festgestellt, dass Beugung frequenzabhängig ist. Leiten Sie Konsequenzen für den Musikempfang in Kirchen mit dicken Säulen her.
4. Stellen Sie Forderungen an ein Theater oder einen Konzertsaal zusammen, die in Ihren Augen für das Hören guter Musik erfüllt sein müssen. Interviewen Sie dazu Ihre Eltern oder auch Fachleute vom Theater. Auch das Internet ist eine wichtige Informationsquelle.
5. Welche dieser Forderungen können Raumakustiker erfüllen?
6. Recherchieren Sie im Internet zum Thema „Klangkatastrophen“. Sammeln Sie Berichte über deren Ursachen und Beseitigung. Vielleicht finden Sie auch ein Beispiel aus der unmittelbaren Umgebung, wo einem Raum sehr gute Akustik bescheinigt wird.
7. Welche Ursachen können „Flöcher“ und „schalltote Ecken“ haben?



Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch
SSL-Verschlüsselung

Mehr unter: www.raabe.de