

# Schall

Lehrmittel Oberstufe

# S



# NNi



Inhalt	
Inhaltsverzeichnis Oberstufe	2
Leitsätze	3
Der Schallpegel	4
Hörkurve	5
Schallpegel und Ohr	6
Schallpegel messen	7
Dopplereffekt	8
Dopplereffekt	9
Das Echo	10
Wie weit ist die Wand entfernt?	11
Das Echolot	12
Resonanz	13
Glocken im Schulzimmer	14
Stimmgabel-Tipps	15
Resonanzkörper	16
Eigenfrequenz	17
Gläser anregen	18
Experiment I: Flaschenorgel	19
Experiment II: Flaschenorgel	20
Schwingende Rohre	21
Schallwellen interaktiv	22
Das Mikrofon	23
Grundprinzip Mikrofon	24
Lautsprecher	25
Wellenwanderung	26
Berufe mit Schall	27

Die Lautstärke des Schalls wird mit einem Schallpegelmesser gemessen.  
Die Einheit des Schallpegels ist Dezibel [dB].

Resonanz bedeutet Mitschwingen eines Körpers mit der Schallquelle.  
Resonanz verstärkt den Schall.

Schall wird in der Natur an Wänden reflektiert.  
Das Ohr erkennt ein Echo sobald die Zeitdifferenz zwischen dem ausgesendetem und dem reflektierten Ton grösser als 100 Millisekunden beträgt.

Die Tönhöhe (Frequenz) einer sich bewegenden Schallquelle (z. B. Polizeisirene) ändert sich für einen ruhenden Zuhörer: sog. Dopplereffekt.

Ein Mikrofon wandelt Schall in elektrische Signale um.  
Ein Lautsprecher wandelt ein elektrisches Signal in Schall um.  
Beide benutzen eine Membran zum Umwandeln.

Unser Gehör kann einen riesigen Bereich von Schalldrücken verarbeiten. Der Schalldruck (= Kraft auf eine Fläche, z. B. auf das Trommelfell) wird in Pascal [Pa] angegeben. Damit man diesen grossen Bereich überhaupt darstellen kann, misst man den Schalldruck in Dezibel [dB] und nennt das Schallpegel.

**Hörschwelle = 0.00002 Pa = 20  $\mu$ P = 0 dB**

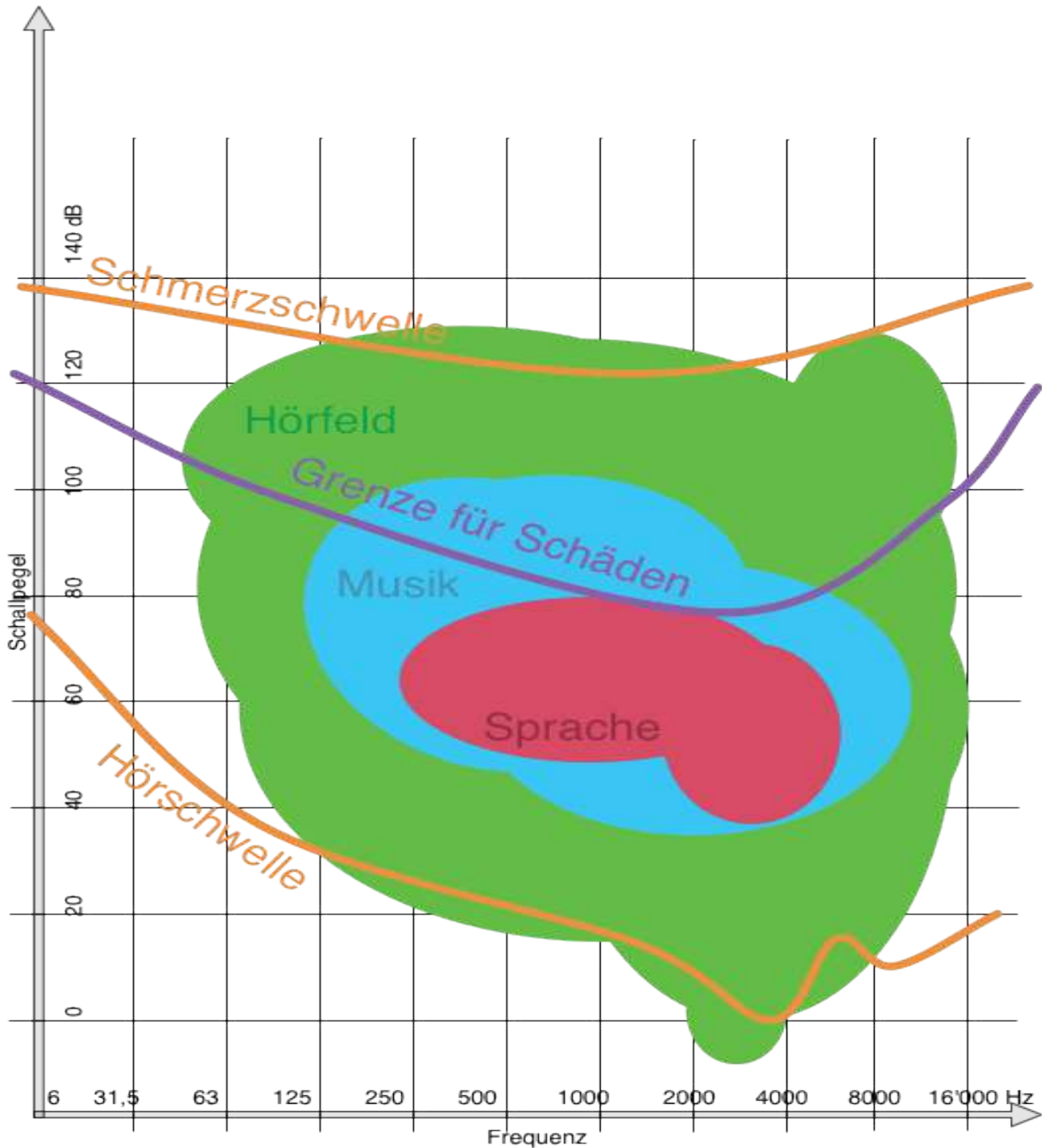
**Schmerzgrenze = 20 P = 120 dB**

Ab 100 dB muss mit einer Hörschädigung gerechnet werden.

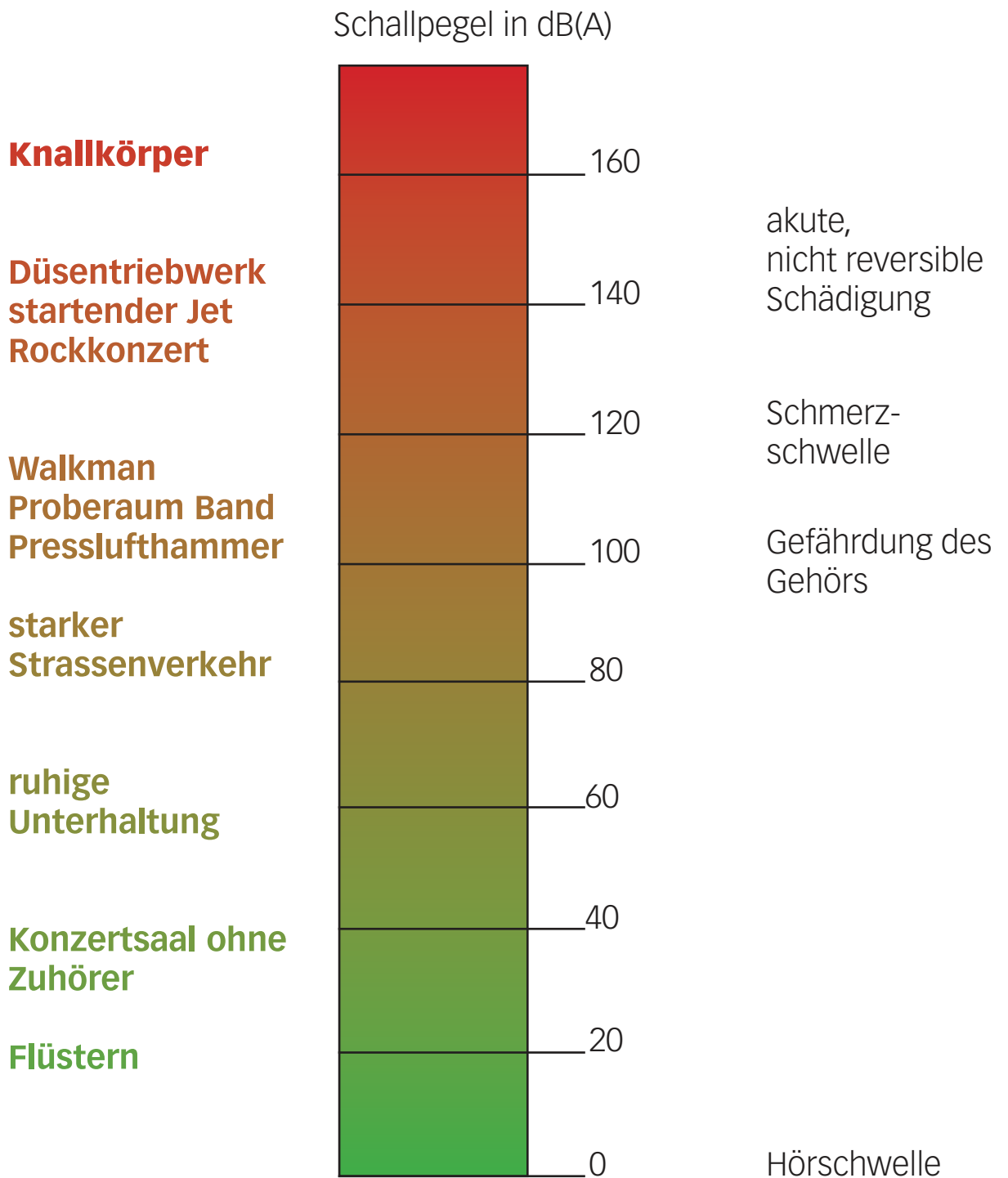
Dezibel ist keine lineare Grösse. Eine Verdoppelung des Schalldrucks entspricht einer Erhöhung des Schallpegels um 6 dB.

Das Gehör ist nicht in allen Frequenzbereichen gleich empfindlich. So werden z. B. Töne von 20 Hz–100 Hz bei gleichem Schallpegel weniger laut empfunden. Dies wird bei der Schallpegelmessung mit einer sog. Bewertungskurve berücksichtigt. Das bedeutet, bei Frequenzen (<1000 Hz) und bei Frequenzen (>4000 Hz) wird der Messwert korrigiert.


Wenn man bei einer Schallpegelmessung das Empfinden des menschlichen Ohres einbeziehen möchte, stellt man das Messgerät auf: dBA.



Die Lautstärke ist für das Ohr frequenzabhängig. Das heisst, bei ganz tiefen und ganz hohen Frequenzen muss der Schalldruck höher sein (als bei mittleren), damit wir den Ton gleich laut empfinden. Unser Ohr ist im sog. Sprachbereich (200 Hz–7 kHz) am empfindlichsten.





 2er–4er Gruppe



Du brauchst:

- 1 Schallpegelmesser
- Smartphone (App „Schallpegelmessung kostenlos“)
- Papier und Bleistift
- 1 Umgebungsplan (Schulareal)

Richte den Schallpegelmesser auf dB(A) ein und miss den Schallpegel an verschiedenen Orten.

Die Taste Max zeigt dir den höchsten Pegel an (im Mittel). Miss alle Schallpegel auch mit deinem Handy.

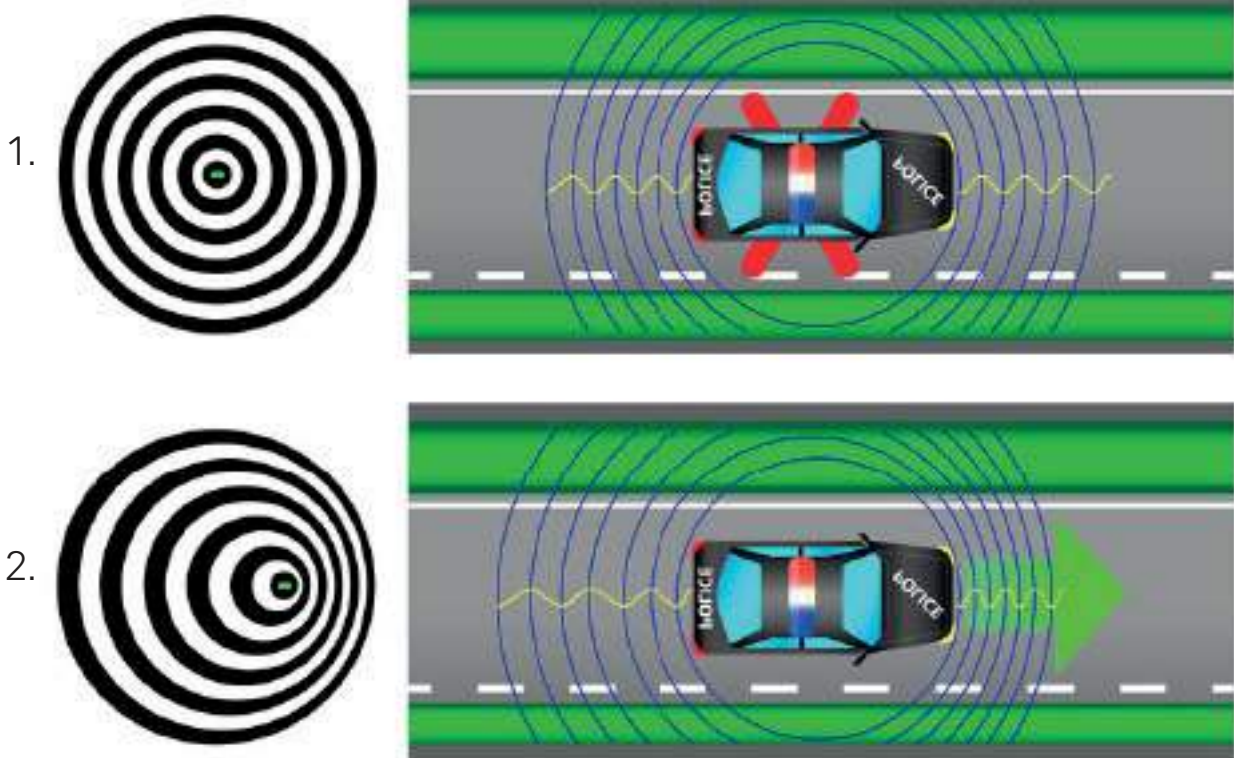
- 1.) Wo hast du die höchsten Schallpegel gemessen?
- 2.) Jemand hält den Schallpegelmesser ca. 1 m vor deinen Mund. Wie laut kannst du schreien?
- 3.) Miss den Schallpegel im Schulzimmer während einer Lektion.
- 4.) Vergleiche die gemessenen Schallpegel des Handys und die des Messgerätes miteinander.

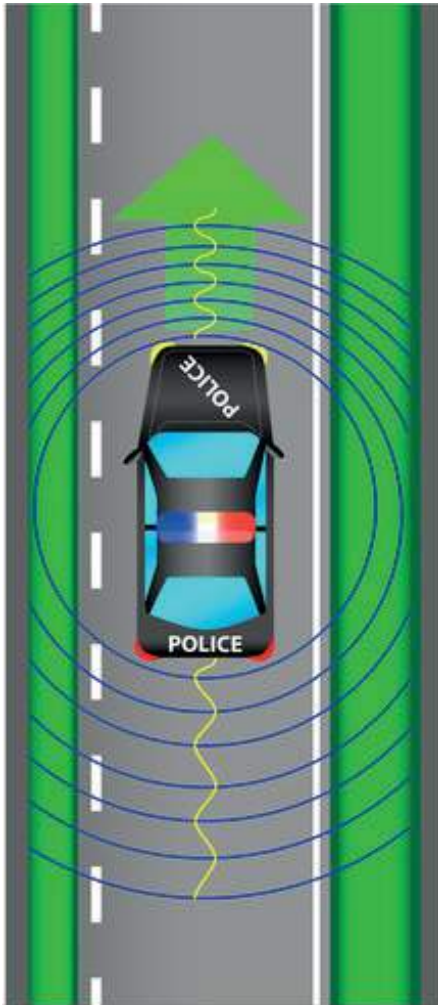


 Zeichne auf einem Umgebungsplan die gemessenen Schallpegel ein und färbe die Orte je nach Pegel ein.

Du stehst am Strassenrand und ein Polizeiauto mit eingeschalteter Sirene fährt an dir vorbei, dabei ändert sich die Frequenz des Tones der Sirene.

Bei einem stillstehenden Polizeiauto sendet die Sirene mit konstanter Frequenz. Fährt es los, werden die Schallwellen vor dem Auto zusammengedrückt und hinter ihm langgezogen. Am Strassenrand hören wir zuerst die zusammengedrückten (= höheren) Töne und nach dem Vorbeifahren die tieferen.





 Partnerarbeit



Du brauchst:

- Spielauto
- Metallringe
- Tisch

Dopplereffekt nachbauen.

1.) Notiere deine Beobachtungen.

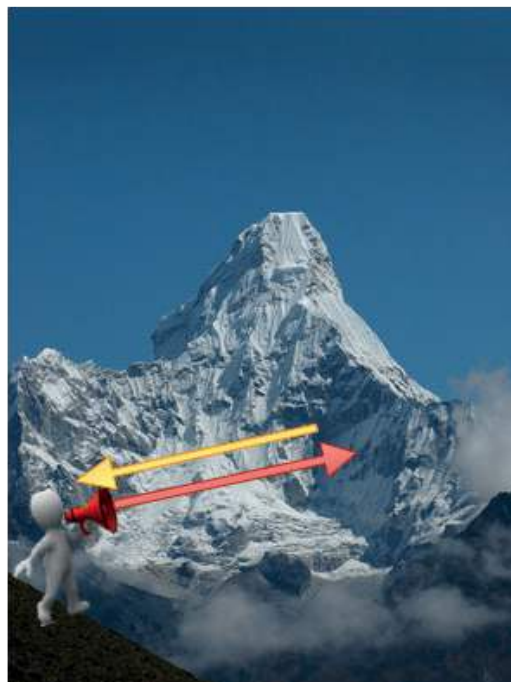


Eine Änderung des Mediums (Luft, Flüssigkeit, Festkörper) erzeugt eine Reflexion. Im Falle des Echos trifft der Schall vom Medium Luft auf die Felswand.

Ein Echo kann entstehen, wenn der Zeitunterschied des erzeugten Tones und des reflektierten mindestens 100 Millisekunden (100 ms) beträgt. 50 ms–100 ms ist die Zeit, die das menschliche Ohr braucht, um den ausgehenden Ton und dessen Echo als zwei Töne zu registrieren.

Nebel oder Schnee dämpft das Echo oder kann es sogar verhindern.

In Räumen kann es durch kontinuierlichen Reflexionen von Schallwellen zu Nachhall (oft nur als Hall bezeichnet) kommen, z. B. Nachhall in Kirchen. Nachhall ist der Klang, der durch die Überlagerung solcher Reflexionen erzeugt wird.





# A1

## Wie weit ist die Wand entfernt?



Wie weit muss eine Felswand im Idealfall mindestens entfernt sein, damit ein Echo erzeugt werden kann?

Gegeben: Schallgeschwindigkeit Luft  $v = 340 \text{ m/s}$   
Echobedingung  $t = 0.1 \text{ s}$

Ein Echolot ist ein Gerät, das mit Schallwellen Wassertiefen und Hindernissen ausmessen kann. Die reflektierten Wellen erscheinen auf einem Bildschirm und zeigen an, wo sich z. B. Felsen oder Fischschwärme befinden.

Die Schallgeschwindigkeit im Wasser ist ca. 5x grösser als in der Luft.

$$V_{\text{wasser}} = 1500 \text{ m/s}$$



Stösst man eine Schaukel einmal an, schwingt sie immer mit derselben Frequenz.

Schlägt man mit einer Gabel ein Kristallglas an, ertönt immer der gleiche Ton (= immer gleiche Frequenz).

Diese Frequenz nennt man die **Eigenfrequenz** des Gegenstandes.

## Resonanz = Mitschwingen

Wenn ein Gegenstand durch eine Schwingung angeregt wird, deren Frequenz etwa gleich seiner Eigenfrequenz ist, so wird die Schwingung verstärkt. Das nennt man Resonanz.

Bei allen Musikinstrumenten werden die erzeugten Töne durch Resonanzkörper verstärkt.

Beispiele:

- Die Schaukel kann nur schwingen, wenn sie mit ihrer Eigenfrequenz angeregt wird. Sonst bricht die Schwingung ab.
- Die schwingende Geigensaite bringt den ganzen Holzkörper der Geige zum Mitschwingen.
- Eine Brücke kann zerstört werden, wenn sie in ihrer Eigenfrequenz angeregt wird. Das nennt man eine unerwünschte Resonanz.





# E3

## Glocken im Schulzimmer



 Partnerarbeit



Du brauchst:

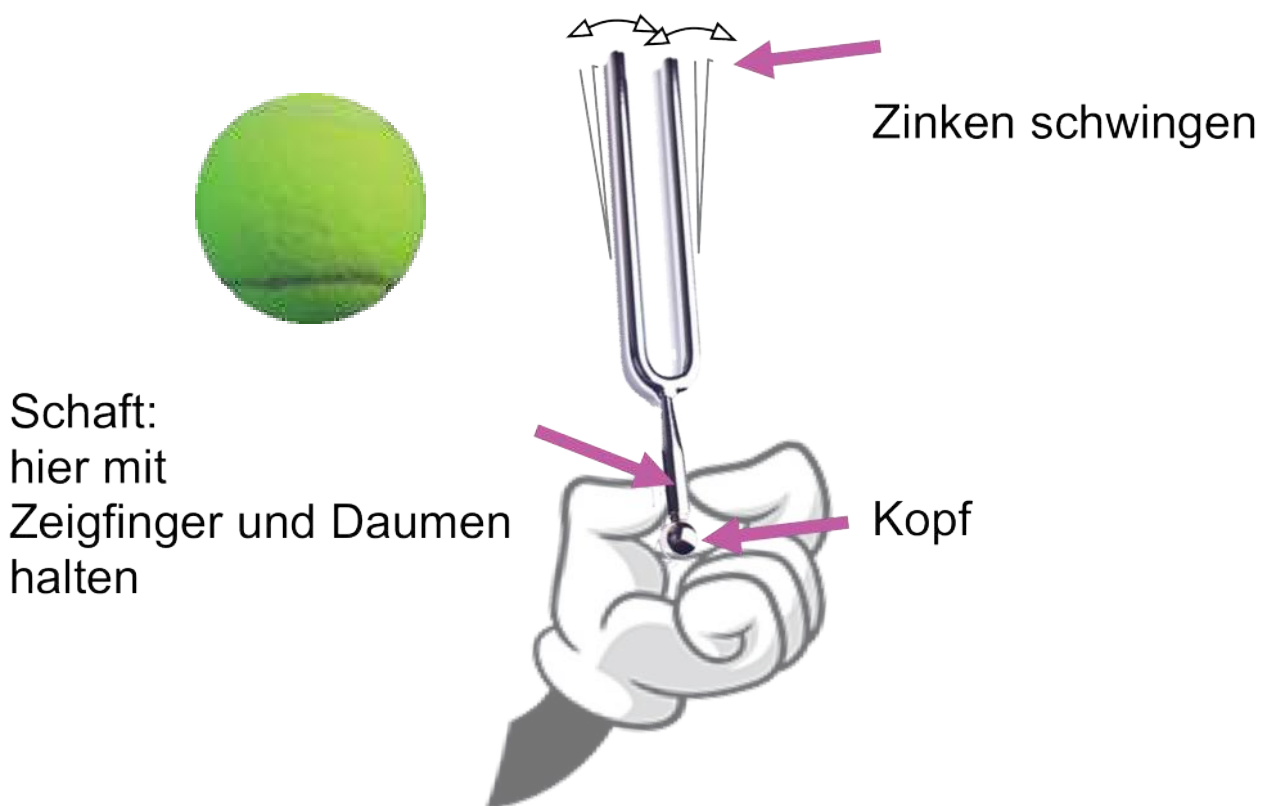
- 1 Metallkleiderbügel
- 2 ca. 60 cm lange, dünne (4 mm) Seile

Binde die Seile je an ein Bügelende.

- 1.) Halte die beiden Seilenden in der Hand und stosse den Bügel an einen Gegenstand.
- 2.) Wickle die Seilenden 2x um deine Zeigefinger. Halte dir mit den Zeigefingern die Ohren zu. Wiederhole Punkt 1. Achtung! Nur sanft anstossen!
- 3.) Beschreibe deine Höreindrücke.
- 4.) Beschreibe den Weg des Schalls.



- Halte die Stimmgabel immer am Schaft beim Knopf.
- Schlägst du die Gabelzinken der Stimmgabel auf einen Tennisball, beginnen die Zinken zu schwingen.
- Wenn du die vibrierenden Zinken berührst, wird die Vibration gedämpft oder gestoppt.
- Bei den Experimenten musst du die Stimmgabel immer zuerst anschlagen. Hörst du sie, wenn du sie ans Ohr hältst?
- Anschliessend die Zinken nicht mehr berühren.



 Partnerarbeit



Du brauchst:

- 1 Stimmgabel
- 1 Drehörgeli

Schlage eine Stimmgabel an und halte sie auf verschiedene Gegenstände (mit dem Knopf der Stimmgabel).



- 1.) Was bedeutet Resonanz bei diesem Experiment?
- 2.) Nimm anstelle der Stimmgabel das Drehörgeli.
- 3.) Wie würdest du ein Instrument bauen?



 Partnerarbeit



Du brauchst:

- 1 Kristallglas
- Wasserglas oder feuchten Schwamm

Halte das Glas am Stiel. Befeuchte den Zeigefinger und reibe entlang des Glasrandes. Versuche das Glas zum Schwingen zu bringen.



- 1.) Was schwingt hier?
- 2.) Welche Töne kannst du erzeugen?
- 3.) Notiere deine Beobachtungen und Folgerungen.



 Partnerarbeit



Du brauchst:

- 2 Kristallgläser
- 1 Metalldraht (Büroklammer)
- Wasserglas oder feuchten Schwamm
- Wasser



Stelle zwei Kristallgläser im Abstand von 1 cm nebeneinander. Rege mit einem feuchten Finger das Glas an (entlang des Randes fahren).

- 1.) Lege den Draht nur über ein Glas und rege das andere an. Experimentiere mit dem Glasabstand und mit dem Draht.
- 2.) Fülle beide Gläser mit Wasser und experimentiere.
- 3.) Notiere deine Erkenntnisse.
- 4.) Bitter leere die Gläser.





 Partnerarbeit



Du brauchst:

- 6 gleiche Glasflaschen

Eine bleibt leer, die anderen werden mit unterschiedlich viel Wasser gefüllt. Klopfe mit einem Bleistift an die Flaschen.

1.) Was schwingt bei diesem Experiment alles mit?



2.) Erzeuge eine Melodie.

3.) Bitte leere alle Flaschen.



# E8

## Experiment II: Flaschenorgel



 Partnerarbeit



Du brauchst:

- 6 gleiche Glasflaschen

Eine bleibt leer, die anderen werden mit unterschiedlich viel Wasser gefüllt.  
Nun blase schräg über die Flaschenöffnungen.

1.) Was schwingt hier?



2.) Vergleiche mit Experiment I und versuche die Unterschiede zu erklären.

3.) Spiele eine Melodie.

4.) Bitte leere alle Flaschen



 Partnerarbeit



Du brauchst:

- Heulschlauch
- viel Platz
- Malerklebeband

Nimm einen Schlauch und schwinde ihn in der Luft.

- 1.) Wie kann man die Tonhöhe verändern?
- 2.) Was schwingt hier?
- 3.) Flüstere ins Rohr und halte dir das andere Ende ans Ohr. Beschreibe deine Eindrücke.
- 4.) Verschliesse ein Ende des Rohres mit Klebeband. Nun schwinde das Rohr. Beschreibe und erkläre deine Beobachtungen.
- 5.) Entferne das Klebeband.



Interaktives Akustiklabor

Auswirkung von Tönen auf verschiedene Klangkörper

Diese Aufgabe ist auf [www.nawi-unterricht.ch](http://www.nawi-unterricht.ch) zu finden



**Oszillogramm 0-800 Hz**

**Versuchsanleitung**

Willkommen im Interaktiven Akustik-Labor! Hier können Sie mit Hilfe eines Ton-generators testen, wie sich Töne auf verschiedene Klangkörper auswirken. Klicken Sie auf eines der Objekte links, um es in unseren gedämmten Versuchsraum zu bringen. Stellen Sie rechts am ersten Regler die Frequenz ein. Dann schieben Sie den Schalldruck-Regler an die gewünschte Position. Im Oszilloskop sehen Sie den erzeugten Ton als Sinuskurve dargestellt. Die Lämpchen über "Vibration" verraten Ihnen, wie stark das Untersuchungsobjekt mitschwingt. Probieren Sie aus, wie sich Frequenz- und Schalldruckänderungen auf die verschiedenen Klangkörper auswirken.

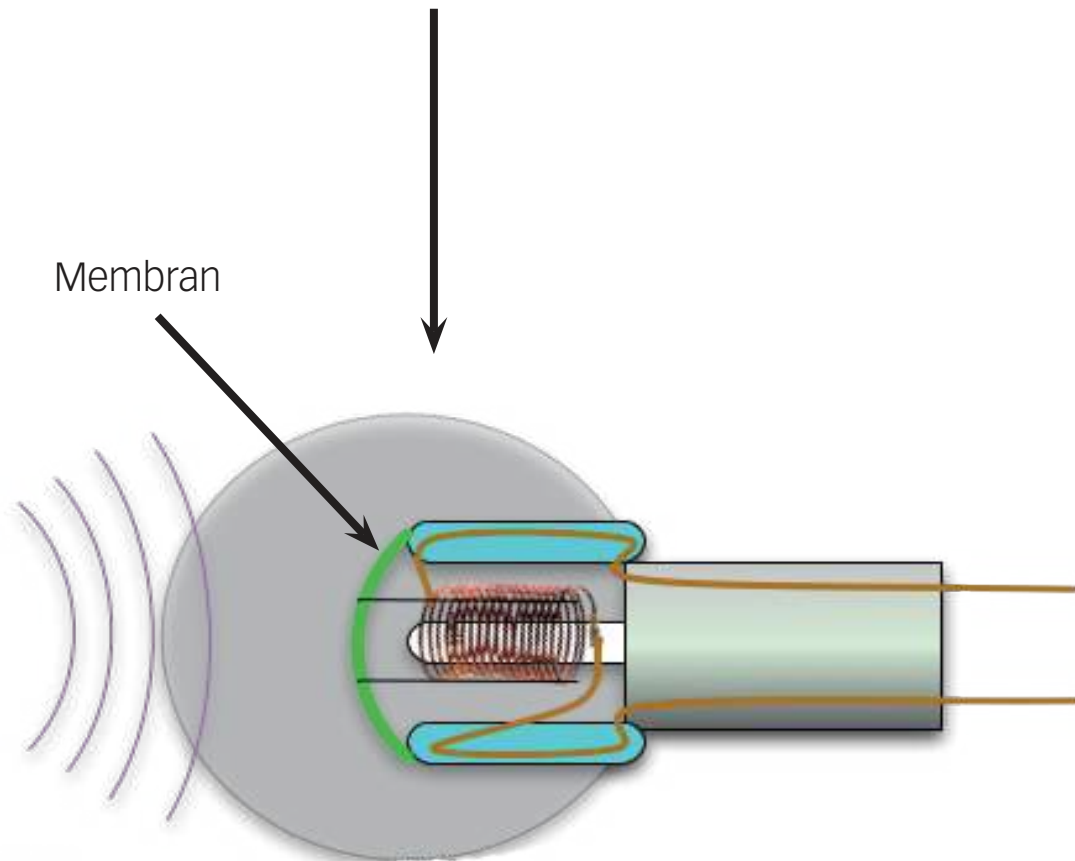
**Versuchsbeschreibung**



Ein Mikrofon ist ein Schallwandler. Die Schallwellen treffen auf die Mikrofonmembran und versetzen diese in Schwingung. Diese Schwingungen werden in elektrische Spannungsänderungen umgeformt. Die Bauform des Mikrofons bestimmt die Richtwirkung.

Beispiele für unterschiedliche Bauprinzipien:

- Kondensatormikrofon
- Piezomikrofon
- Tauchspulenmikrofon



Membran

**Schallwelle**

bewegt

**schwingende Membran**

wird  
umgewandelt  
in

**elektrisches  
Signal**



Der Lautsprecher ist die Umkehrung des Mikrofons. Ein elektrisches Signal wird umgewandelt in eine mechanische Welle, die eine Membran zum Schwingen bringt. Diese generiert die Schallwelle.

In einem Lautsprechergehäuse können mehrere Membranen für unterschiedliche Frequenzbereiche vorhanden sein (Hochtöner, Bass). So erhält man einen optimalen Frequenzbereich für den Hörgenuss.





Partnerarbeit

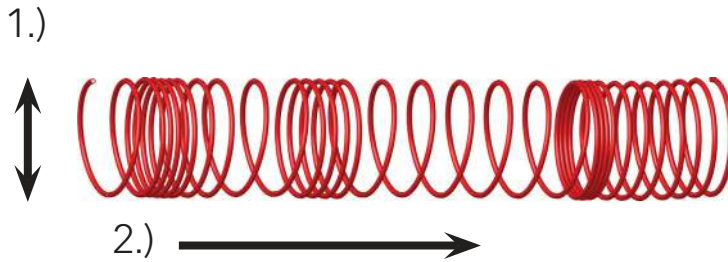


Du brauchst:

- Slinky

Jede Person hält ein Ende der Slinkyfeder fest.  
Nur eine Person erzeugt die Schwingungen, die andere hält die Feder möglichst ruhig fest.

Achtung, die Feder nie loslassen.



- 1.) Bewegungsrichtung waagrecht
- 2.) Bewegungsrichtung senkrecht

- 1.) Bewege die Feder an einem Ende auf und ab. Skizziere die Wellenwanderung.
- 2.) Stosse die Feder an einem Ende waagrecht an. Skizziere die Wellenwanderung.
- 3.) Welches Modell entspricht der Schallwelle?



- Akustiker/in
- Tontechniker/in
- Musiker/in
- Raumakustiker/in
- Werkstofftechniker/in
- Hörgeräteakustiker/in
- Tinnitus-therapeut/in
- Ingenieur/in (Prüfakustik: Flugzeugbau)
- Sound Brander (Erkennungssignale für Werbung, Jingles)
- Berufe im Lärmschutzbereich
- Softwareentwickler/in Video/Audio
- Medizintechniker/in, Ultraschallbereich
- Arzt/Ärztin (Hals, Nasen, Ohren)

