

Schriftlicher Unterrichtsentwurf zur Revisionsstunde im Fach Physik

Wie entsteht Schall? Ein Lernzirkel zur visuellen und taktilen Erfahrbarkeit von Schwingungen als Ursache für Schall

Autor: Dr. Daniel Wieczorek

Lerngruppe: 6d

Datum: 19.05.2022

Uhrzeit: 9:50

Raum: G102

Thema der vorherigen Stunde: entfällt, da Einstieg in die Reihe zur Akustik

„Kurzentwurf“

Ziel der Unterrichtsstunde: Die Schüler*innen können die Schwingung von Körpern als Grund für die Entstehung von Schall nennen und dies an Beispielen erläutern.

Verlauf

Phase	Lernschritt/Unterrichtsinhalt (Impulse, Schlüsselfragen, geplantes Lehrerverhalten, erwartetes Schülerverhalten)	Lernorganisation (Sozial-/Aktionsformen, Medien)
Vorbereitung	Experimente und Versuchskarten in mehrfacher Ausführung als Set bereitstellen oder aufbauen	AB, Experimentiermaterial
Einstieg	<p>L: „Wir werden in dieser Stunde verstehen, wie Töne, Klänge und Geräusche entstehen. In der Physik sagt man dazu ‚Schall‘. Dazu habe ich ein kleines Experiment mitgebracht. Ihr müsst genau darauf achten, was ihr hören und sehen könnt.“</p> <p>Mehrfache Demonstration des schwingenden Lineals. S: „Das Lineal bewegt sich/schwingt/vibriert.“ „Man hört einen Ton.“</p> <p>L: „Vielleicht hast Du eine Vermutung, was passiert, wenn ich das Lineal anhalte. Hört man den Ton dann immer noch.“ S äußern Vermutungen, die überprüft werden.</p> <p>L: „Das Lineal muss sich also bewegen, damit ein Ton entsteht. Das Lineal bewegt sich so wild hin und her, dass wir es gut sehen können. Wenn ich meinen Finger daranhalte, kann ich es natürlich auch spüren. Ihr sollt nun in kleinen Versuchen selbst herausfinden, ob das bei Schallquellen immer so ist. Dabei müsst ihr in jedem Versuch genau darauf achten, was ihr hören, sehen und auch mit den Fingern spüren könnt.“</p> <p>L erläutert die Organisation des Lernzirkels</p>	<p>LV/UG Experiment: schwingendes Lineal</p> <p>LV</p> <p>LV, Beamer</p>
Lernzirkel	<p>S bearbeiten mindestens drei Versuche in 21 Minuten und dokumentieren ihre Ergebnisse L beobachtet und unterstützt ggf.</p> <p>Nach 21 min: S beenden die Arbeit an den Versuchen, bringen das Material zum Pult und formulieren ein Ergebnis.</p>	GA, Experimentiermaterial, AB zur Sicherung
Sicherung	<p>S präsentieren die Ergebnisse in ihren eigenen Worten und führen die Versuche ggf. noch einmal vor (dann zwei zentrale Experimente: Weinglas unter Dokumentenkamera oder als Video, Video zu Stimmlippen) S arbeiten das Gemeinsame der Versuche heraus L moderiert und fasst ggf. zusammen L gibt einen Ausblick auf das Kommende (Tonhöhe und Lautstärke)</p>	<p>SV/UG, z.T. Beamer/ Dokumentenkamera</p> <p>LV</p>

„Anhang“: Schriftliche Unterrichtsplanung

Lernvoraussetzungen und Lernausgangslage

Zum Erreichen des Lernziels sind keine inhaltlichen Vorkenntnisse notwendig. Der ausgesprochen vage Lehrplan für den Sachunterricht in der Primarstufe in Verbindung mit dem Ausfall des Präsenzunterrichts in Klasse 4¹ legen allerdings nahe, dass auch keine inhaltlichen Vorkenntnisse vorhanden sind. Es muss lediglich die Bereitschaft bestehen, scheinbar einfache Versuche aufmerksam zu beobachten. Da die Lerngruppe nach Einschätzungen des Autors und der Gäste früherer Lehrproben eine hohe intrinsische Motivation für den Physikunterricht mitbringt, darf diese Voraussetzung als erfüllt angesehen werden.

*Informationen, die zur Identifikation einzelner Schüler*innen genutzt werden könnten, fehlen in der Web-Version des Entwurfs.*

Sachanalyse

Unter Schall versteht man mechanische Verformungen in elastischen Medien – dies können sowohl Gase als auch Flüssigkeiten oder Festkörper sein – deren Fortpflanzung in Form einer Welle geschieht. Aufgrund der Alltagsrelevanz steht im Anfangsunterricht die Schallausbreitung in Luft im Zentrum. Schwingt beispielsweise eine Gitarrensaite, eine Stimmgabel oder eine Lautsprechermembran, so wird die umgebende Luft hin- und herbewegt. Dies führt zu Druck- und Dichteschwankungen, die sich räumlich und zeitlich ausbreiten. Dies wird durch die d'Alembert'sche Wellengleichung

$$\Delta p = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2}$$

Beschrieben. Dabei ist $p \equiv p(X, t)$ der Druck am Ort X zum Zeitpunkt t und $c = \sqrt{\kappa \frac{RT}{M}}$ die Ausbreitungsgeschwindigkeit für ein ideales Gas. Sie hängt vom Adiabatenkoeffizienten κ , der Temperatur T und der molaren Masse M des betrachteten Gases ab. In guter Übereinstimmung mit den Messwerten ergibt sich für Luft unter Normalbedingungen $c \approx 340 \frac{m}{s}$. Insbesondere lässt die Wellengleichung harmonische Lösungen der Form $p_{\pm}(X, t) = p_0 \sin(k(X \pm ct))$ zu, die als Töne der Frequenz $f = \frac{kc}{2\pi}$ wahrgenommen werden können.

Für den Anfangsunterricht sind folgende Aspekte entscheidend:

- Schall wird durch schwingende Objekte erzeugt und über die Luft übertragen.
- Ohne Medium keine Schallübertragung.
- Die Ausbreitung erfolgt durch abwechselnde Verdichtung / Verdünnung des Mediums.
- Schall breitet sich mit einer endlichen Geschwindigkeit aus.
- Die Frequenz bestimmt die Tonhöhe.
- Unterscheidung von Ton, Klang, Geräusch.

¹ Die einzige Kompetenzerwartung „Die Schülerinnen und Schüler planen und führen Versuche durch und werten Ergebnisse aus (z. B. Licht, Feuer, Wasser, Luft, Schall)“ kann so verstanden werden, dass dieser Themenbereich vollständig optional ist.

Methodisch-didaktische Überlegungen

Die Behandlung des Themas ist unmittelbar durch die Kompetenzerwartung „die Entstehung und Wahrnehmung von Schall durch Schwingungen von Gegenständen mit den bestimmenden Grundgrößen Tonhöhe und Lautstärke beschreiben [können]“ des Kernlehrplans legitimiert.

Die langjährige Unterrichtsforschung zeigt, dass sog. „traditioneller Physikunterricht“ kaum effektiv in Bezug auf einen nachhaltigen Kompetenzaufbau ist, da es nicht gelingt, ausgehend von vorhandenen Schülervorstellungen tragfähiges physikalisches Verständnis aufzubauen (Wilhelm, Schecker & Hopf, 2021). Ausgangspunkt jeglicher Planung von Physikunterricht sind daher Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen und/oder wirksamen Unterrichtskonzeptionen. Da letztere auch in der aktuellen Literatur für das Thema Schall in der Sekundarstufe I noch nicht verfügbar sind, ist von bekannten Vorstellungen zur Schallentstehung auszugehen (Schecker et al., 2018; Driver et al., 2015):

- Kinder nennen das Material als Grund für die Schallerzeugung.
- Jüngere Kinder denken, dass Töne Bestandteile des Instruments sind und durch eigene Einwirkung hervorgehört werden.
- Erklärungen für den Mechanismus der Schallentstehung sind kontextspezifisch, d.h. sie unterscheiden sich z.B. für eine Trommel und eine Saite. Typische Ansätze beziehen sich auf
 - physikalische Eigenschaften (z.B. die Gespanntheit der Bespannung einer Trommel)
 - die Kraft, die zur Tonerzeugung aufgewendet werden muss
 - Schwingungen des Objekts.
- Die Wahrscheinlichkeiten, die Tonentstehung auf Schwingungen zurückzuführen, steigt zwar mit dem Alter, ist aber v.a. mit der optischen Wahrnehmung der Schwingung verbunden und gelingt daher für eine Gitarrensaite eher als für eine Spielzeughupe. Die größten Schwierigkeiten treten auf, wenn erklärt werden soll, warum zwei aufeinandergeschlagene Steine ein Geräusch erzeugen.

Die Unterrichtsstunde folgt daher den Empfehlungen von Asoko et al. (zit. n. Driver et al., 2015), nach denen Schüler*innen möglichst viele Gelegenheiten gegeben werden sollen, Erfahrungen mit der Schallentstehung in offensichtlichen und weniger offensichtlichen Kontexten zu sammeln. Das Ziel ist es, dass die Kinder in die Lage versetzt werden, ein allgemeine(re)s Konzept der Schallentstehung zu aufzubauen. Die offene Erzeugung eines kognitiven Konflikts als Unterrichtseinstieg im Plenum erscheint aufgrund der Forschungslage daher nicht angezeigt: Dazu müsste zunächst sichergestellt sein, dass bei allen Schüler*innen tragfähige Vorkenntnisse zur Erklärung eines einfachen Versuchs zur Schallerzeugung vorhanden sind. Anschließend müsste eine Schallquelle demonstriert werden, die nicht offensichtlich schwingt. Für Schüler*innen ist jedoch per se nicht klar, dass hier ein kognitiver Konflikt besteht, da sie gemäß den zuvor genannten Forschungsergebnissen dazu neigen, eine alternative, unphysikalische „Erklärung“ zu produzieren.

In der Unterrichtspraxis sind kognitive Konflikte zudem oftmals der Ausgangspunkt für ein problemorientiertes Vorgehen nach Roth. Wenngleich die lernpsychologischen Überlegungen zu den Nachteilen dieses Ansatzes im vorliegenden Fall bereits überzeugen, so spricht noch ein weiteres Argument gegen diesen methodischen Ansatz: Es ist auch schlicht kein Experiment verfügbar, das aus Schüler*innensicht zwanglos auf die Problemfrage „Wie entsteht Schall?“ führt oder das als Ausgangspunkt für die Entwicklung weiterer Versuche dienen könnte.

Der Zusammenhang zwischen kontextabhängigen Erklärungsversuchen und optischer Wahrnehmbarkeit von Schwingungen spricht dafür, die Schüler*innen auch zu möglichst umfangreichen taktilen Erfahrungen anzuhalten. Zentral für das Verständnis der Schallentstehung ist dabei die Erkenntnis, dass *alle* vorgestellten Schallquellen schwingen – auch diejenigen, bei denen dies evtl. nicht unmittelbar sichtbar ist.

Weil nicht alle intendierten Versuchs in ausreichender Stückzahl vorhanden sind und für eine zwingende Reihenfolge der Durchführung keine Argumente gefunden wurden, bietet sich die Durchführung als Lernzirkel an. Die grundlegende Gestaltung geht auf eine Idee von M. Gerhards zurück, die im Fachseminar Physik am ZfSL Leverkusen vorgestellt wurde (private Kommunikation).

Im Einzelnen handelt es sich um:

- „Singendes Weinglas“: Ein dünnwandiges Weinglas wird zu etwa drei Vierteln mit Wasser gefüllt. Wenn man mit einem angefeuchteten Finger über den Rand des Glases streicht, dann erklingt ein Ton. Zusätzlich sind bei geeignetem Füllstand vor allem am Übergang Glas-Wasser Vibrationen der Wasseroberfläche sichtbar. Dies ist entscheidend, da die Schwingung des Glasrands selbst weder gut sichtbar noch fühlbar ist².
- Stimmgabel: Eine kleine Stimmgabel wird angeschlagen. Die Schwingung ist hier ebenfalls kaum direkt sichtbar, kann jedoch durch zaghaftes Berühren eines Zinkens taktil erfahren werden. Wenn man die Zinken der schwingenden Stimmgabel in Wasser taucht, kann man Vibrationen der Wasseroberfläche sehen.
- Lautsprecher: Ein Lautsprecher wird mit einem Wechselstromnetzgerät angetrieben. Die Schwingung der Membran mit der Netzfrequenz 50 Hz ist spürbar und kann durch aufgelegte Papierkügelchen sichtbar gemacht werden.
- Saiteninstrumente: Die Schwingung der Saite ist sichtbar und spürbar.
- Summen: Wenn man beim Summen Finger auf den Kehlkopf legt, sind Vibrationen spürbar. Zusätzlich wird ein iPad bereitgestellt, auf dem per QR-Code ein Video von einer Stimmband-Stroboskopie betrachtet werden kann³.

<https://www.youtube.com/watch?v=9Tlpkdq8a8c>

Für die Erreichung des Lernziels ist entscheidend, dass die scheinbar einfachen Versuche genau beobachtet werden. Die Schüler*innen werden daher durch einen Lückentext dazu aufgefordert, ihre visuellen, auditiven und taktilen Erfahrungen für jeden Versuch zu notieren. Zusätzlich soll erkannt werden, dass das Stoppen der Schwingung auch zu einem sofortigen Verstummen des Schalls führt. Dies liefert noch stärkere Evidenz dafür, dass die Schwingung ursächlich ist. Zuletzt sollen die Schüler*innen in einem Satz zusammenfassen, was für die Entstehung von Schall ausschlaggebend ist. Diese Aufforderung zum Herausarbeiten der Gemeinsamkeiten birgt dabei das größte Potential zur kognitiven Aktivierung. Die (scheinbare) Einengung bzw. Führung der Beobachtung ist notwendig, denn die Schüler*innen würden sich als Novizen auf diesem Gebiet ansonsten von Oberflächenmerkmalen leiten lassen, die in allen Versuchen deutlich verschieden sind und dabei vermutlich die Gemeinsamkeiten übersehen (Greutmann, Saalbach & Stern, 2020). Von den Versuchen zum „singenden Weinglas“ und zum Summen muss mindestens einer durchgeführt werden, denn hier sind die Vibrationen der Objekte auch bei genauem Betrachten nicht direkt sichtbar; sie versprechen daher im Hinblick auf ein kontextübergreifendes Verständnis den größten Erkenntnisgewinn.

Aus den bisherigen Überlegungen ergeben sich zwei Möglichkeiten:

(1) Die Lehrkraft informiert zu Beginn nur über das Ziel der Stunde und die Organisation und stellt explizit keine Fragen zum Vorwissen, um die Aktivierung und Verfestigung von Fehlvorstellungen zu vermeiden. Anschließend sammeln die Schüler*innen eigene Primärerfahrungen mit den oben genannten Versuchen, die den zentralen Teil der Stunde einnehmen. Die Ergebnisse werden im dann durch die Gruppen in eigenen Worten präsentiert und ggf. im Plenum diskutiert. Entscheidend ist auch hier, auf die Gemeinsamkeiten hinzuarbeiten. Da vier Versuche im bereits diskutierten Sinne offensichtlich eine Schwingung zeigen, genügt es, zu Beginn einen herauszugreifen und sich

² Diese Verbesserung des Aufbaus stammt vom Autor des Entwurfs.

³ Diese Idee stammt ebenfalls vom Autor des Entwurfs. Das Video

<https://www.youtube.com/watch?v=hfOZxJnY4c8>

wäre noch besser geeignet, da es zeigt, wie das Stroboskop eingeführt wird. In unserem Schulnetzwerk ist es aber gesperrt.

anschließend auf die weniger offensichtlichen zu fokussieren. Zur Erhöhung der Verbindlichkeit – alle Schüler*innen sollen schriftlich arbeiten und in der Lage sein, die Ergebnisse zu präsentieren – wird ausgelost, wer vorstellt.

(2) Es wird zu Beginn ein kleines Einstiegsexperiment mit einer offensichtlich schwingenden Schallquelle durchgeführt, wie es Wilhelm, Wiesner und Höding (o.D.) es für die Primarstufe vorschlagen. Auf diese Weise können die Schüler*innen modellhaft erfahren, auf welche Aspekte sie bei der anschließenden Durchführung achten müssen. Dabei kann insbesondere darauf fokussiert werden, dass beim Anhalten des Lineals der Ton sofort verstummt. Dieser experimentelle Eingriff liefert noch stärkere Evidenz dafür, dass die Schwingung die Ursache des Schalls ist. Anschließend verläuft die Stunde wie unter (1) beschrieben, wobei in der abschließenden Sicherungsphase auf die Durchführung eines offensichtlichen Experiments verzichtet werden kann.

In dieser Stunde wird Variante (2) realisiert, da gemäß der Analyse der Lernausgangslage nicht davon ausgegangen werden kann, dass bereits Primärerfahrungen aus der Grundschule vorhanden sind. Für die Lernwirksamkeit ist es jedoch entscheidend, dass alle Schüler*innen angemessene Beobachtungen machen können, die mit dieser Umsetzung zuverlässig angebahnt werden.

Literaturverzeichnis

Driver R., Squires A., Rushworth P., & Wood-Robinson R. (2015). *Making Sense of Secondary Science. Research into children's ideas*. Routledge.

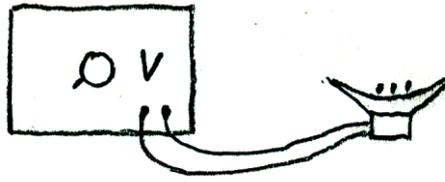
Greutmann, P., Saalbach, H., & Stern, E. (2020). *Professionelles Handlungswissen für Lehrerinnen und Lehrer. Lernen – Lehren – Können*. Kohlhammer.

Schecker H., Wilhelm T., Hopf M., & Duit R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikerunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer.

Wilhelm, T., Schecker H., & Hopf, M. (2021). *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer.

Wilhelm, T., Wiesner, H., & Höding, N. (ohne Datum). *SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret. Schall*. <https://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/schall>

A



Station A

Material: Lautsprecher, zwei Kabel, Netzgerät, Papierkugel

Durchführung:

0. Am Netzgerät bedienst Du **nur den markierten Schalter**.
1. Schalte das Netzgerät am markierten Schalter ein.
2. Beobachte die Lautsprechermembran. Berühre sie auch **vorsichtig** mit dem Finger.
3. Forme kleine Papierkügelchen und lege sie auf die Membran.
4. Schalte das Netzgerät wieder aus.

Notiere zum Beispiel:

Station A:

Wenn ein Lautsprecher einen Ton erzeugt, spürt man, sieht man ...

Wenn man das Netzgerät ausschaltet, dann ...

Idee: M. Gerhards, Ergänzung: D. Wieczorek

B



Station B

Material: Weinglas, Filzuntersetzer

Bitte vorsichtig, das Glas könnte zerbrechen und dich verletzen!

Durchführung:

Fülle bis zur Markierung Wasser in ein dünnwandiges Weinglas. Tauche Deinen Zeigefinger ein, und fahre mit ihm auf dem Glasrand entlang, bis ein Ton zustande kommt. Beobachte dabei auch die Wasseroberfläche genau!

Halte das Glas mit der anderen Hand am Fuß fest, falls der Versuch Dir nicht auf Anhieb gelingt.

Notiere zum Beispiel:

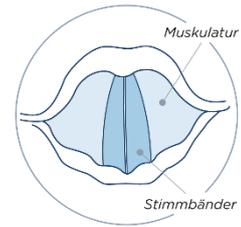
Station B:

Wenn man mit einem feuchten Finger über den Rand eines Weinglases streicht, hört man... , spürt man ...
sieht man....

Wenn man aufhört zu streichen, dann ...

Idee: M. Gerhards, Ergänzung: D. Wieczorek

C



Station C

Material: Du selbst, Video



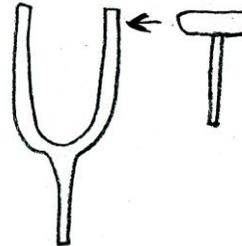
Durchführung: Summe einen tiefen Ton und taste dabei deinen Hals ab.
Betrachte das Video über den QR-Code. Dabei wird der Kehlkopf von oben gefilmt, während die Person einen Ton erzeugt (siehe auch Bild oben rechts).

Notiere zum Beispiel:

Station C:
Wenn man einen Ton summt und dabei seinen Hals abtastet, spürt man
Im Video sieht man ...
Wenn man aufhört zu summen, dann...

Idee: M. Gerhards, Ergänzung: D. Wieczorek

D



Station D

Material: Stimmgabel, Behälter mit Wasser

Hinweis: Die spitzen Teile an einer Gabel, mit der man etwas aufspießen kann, nennt man „Zinken“. Eine Stimmgabel hat zwei Zinken.

Durchführung:

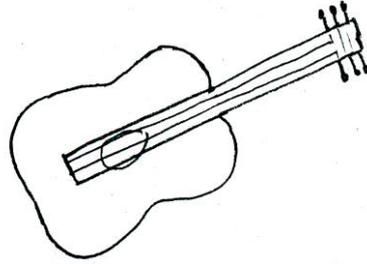
- 1) Schlage die Stimmgabel **vorsichtig** mit einer Zinke an der Tischkante an und halte sie dann mit dem anderen Ende auf den Tisch oder eine andere Holzplatte.
- 2) Schlage die Stimmgabel erneut an der Tischkante an und berühre die Zinken leicht mit Deinem Finger.
- 3) Schlage die Stimmgabel noch einmal an und tauche ihre Zinken ins Wasser.
- 4) Halte die Stimmgabel auch einmal aktiv mit den Fingern an.

Notiere zum Beispiel:

Station D:
Wenn man eine Stimmgabel anschlägt und auf den Tisch hält, hört man
Wenn man eine Stimmgabel anschlägt und die Zinken berührt, spürt man ...
Wenn man eine Stimmgabel anschlägt und die Zinken ins Wasser hält, sieht man ...
Wenn man eine Stimmgabel anschlägt und dann anhält...

Idee: M. Gerhards, Ergänzung: D. Wieczorek

E



Station E

Material: Gitarre oder anderes Saiteninstrument

Durchführung:

Zupfe eine Saite an, beobachte sie und berühre sie vorsichtig mit einem Finger. Halte die Saite auch aktiv an.

Notiere zum Beispiel:

Station E:

Wenn man eine Gitarrensaite anzupft, hört mansieht man spürt man

Wenn man die Saite anhält, dann ...

Idee: M. Gerhards, Ergänzung: D. Wiczorek

Lernzirkel zur Frage: Wie entsteht Schall?

- mindestens 3 Versuche in 21 min
 - B oder C sind Pflicht
 - Reihenfolge beliebig: selbst organisieren
- jede*r muss genau beobachten
- jede*r notiert die Beobachtungen auf dem Laufzettel
- am Ende fasst ihr das **Gemeinsame** aller Versuche auf dem Laufzettel zusammen
- danach: ausgeloste Gruppen präsentieren

Station A:

Wenn ein Lautsprecher einen Ton erzeugt und man die Membran anfasst, spürt man _____ und man sieht _____

Wenn man das Netzgerät ausschaltet, _____

Station B:

Wenn man mit einem feuchten Finger über den Rand eines Weinglases streicht, hört man _____, man spürt _____ und man sieht _____. Wenn man aufhört, zu streichen, dann _____

Station C:

Wenn man einen Ton summt und dabei seinen Hals abtastet, spürt man _____.

Im Video sieht man _____.

Wenn man aufhört zu summen, dann _____

Station D:

Wenn man eine Stimmgabel anschlägt und auf den Tisch hält, hört man _____, wenn man die Zinken berührt, spürt man _____. Wenn man die Zinken ins Wasser taucht, sieht man _____.

Wenn man die Stimmgabel anhält, dann _____

Station E:

Wenn man eine Gitarrensaite anzupft, hört man _____, außerdem sieht man _____ und spürt beim Berühren _____.

Wenn man die Saite anhält, dann _____

Zusammenfassung:

Schall entsteht dann, wenn _____

Ohne _____ kein Schall.

Schwingung = regelmäßige hoch und runter bzw. hin und her Bewegung eines Körpers

Station A:

Wenn ein Lautsprecher einen Ton erzeugt und man die Membran anfasst, spürt man ein Vibrieren und man sieht wie die Membran sich bewegt.

Wenn man das Netzgerät ausschaltet, hört die Bewegung auf und der Ton verstummt.

Station B:

Wenn man mit einem feuchten Finger über den Rand eines Weinglases streicht, hört man einen Ton, man spürt ein Kribbeln und man sieht Wellen. Wenn man aufhört, zu streichen, dann verschwinden die Wellen und der Ton sofort.

Station C:

Wenn man einen Ton summt und dabei seinen Hals abtastet, spürt man ein Vibrieren. Im Video sieht man wie die Stimmlippen schwingen.

Wenn man aufhört zu summen, dann verstummt der Ton sofort und man spürt kein Vibrieren mehr.

Station D:

Wenn man eine Stimmgabel anschlägt und auf den Tisch hält, hört man einen Ton, wenn man die Zinken berührt, spürt man ein Kribbeln. Wenn man die Zinken ins Wasser taucht, sieht man Wellen.

Wenn man die Stimmgabel anhält, dann verstummt der Ton sofort und man spürt kein Kribbeln mehr.

Station E:

Wenn man eine Gitarrensaite anzupft, hört man einen Ton, außerdem sieht man die Bewegung der Saite und spürt beim Berühren die Schwingung.

Wenn man die Saite anhält, dann verstummt der Ton sofort und man sieht keine Bewegung mehr.

Zusammenfassung:

Schall entsteht dann, wenn ein Körper sich schnell hin- und herbewegt (schnell schwingt).

Ohne Schwingung/Bewegung kein Schall.

Schwingung = regelmäßige hoch und runter bzw. hin und her Bewegung eines Körpers