

Physik des Schalls – Grundphänomene

In diesem Leitfaden erhalten Sie einen Überblick über den inhaltlichen und didaktischen Zusammenhang der Medien des Medienpakets „Physik des Schalls – Grundphänomene“.

1 Didaktisch-pädagogische Hinführung

1.1 Motivation für das Thema

Das Thema „Schall“ hat einen starken Bezug zur Lebensnähe der Schülerinnen und Schüler. Mit elektroakustischen Geräten gehen die Jugendlichen von heute ganz selbstverständlich um. Und viele Schallphänomene (z. B. Lärm, Echo, Resonanz) sind ihnen aus dem Alltag bekannt, ohne dass sie vielleicht die Erklärung dafür kennen.

In der **Grundschule** nähert man sich dem Thema Schall im Sachunterricht in erster Linie von der phänomenologischen Seite. Die Schülerinnen und Schüler trainieren ihre akustische Wahrnehmung, indem sie sich genauer mit der Erzeugung und Ausbreitung des Schalls beschäftigen (analog der optischen Wahrnehmung/Ausbreitung des Lichts und Spiegelphänomene). Dabei lernen sie auch Teile des Ohrs kennen, um den Schallweg durch das Ohr besser zu verstehen.

Die Schülerinnen und Schüler erzeugen selbst Töne, Klänge und Geräusche, z. B. durch schwingende Körper und Gegenstände. Sie erfahren, dass es hohe/tiefe, laute/leise Geräusche gibt und dass sich Schall in Luft, festen Körpern und Flüssigkeiten (z. B. Wasser) ausbreiten kann. Sie lernen Methoden kennen, um Schall zu verstärken (Bündeln des Schalls, z. B. durch Trichter oder Lautsprecher), sowie Maßnahmen zum Schutz vor Lärm. Am Beispiel Schall lässt sich auch die Verbindung zur Tierwelt herstellen: Fledermäuse orientieren sich durch Echolot und auch Wale kommunizieren über Schallsignale durch das Wasser.

Im Physik- bzw. Technik-Unterricht der weiterführenden Schulen (WS) ist Schall hauptsächlich in den Klassenstufen 7 – 9 angesiedelt. Die Schülerinnen und Schüler lernen die Grundlagen der Schallentstehung, -ausbreitung und -wahrnehmung sowie die zugehörigen physikalischen Begriffe wie Frequenz, Schwingung, Amplitude und deren Kenngrößen kennen und verstehen. Über den Hörvorgang gibt es auch Anknüpfungspunkte zum Fach Biologie.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über Lehrplaneinheiten zum Thema Schall und die einzelnen darin vorkommenden Aspekte:

| Lehrplaneinheit (WS) | Aspekte dieser Lehrplaneinheit (WS) |
|--------------------------|--|
| Einführung in die Physik | Einfache Schallerscheinungen Physikalische Beschreibung von Tönen Schallgeschwindigkeit |
| Schall / Akustik | Schallentstehung, -erzeugung, -quelle, -ausbreitung, -empfang Schallausbreitung in verschiedenen Medien Frequenz, Schwingung, Amplitude und deren Kerngrößen Schallempfänger, erzwungene Schwingung, Resonanz Hörempfinden, Dopplereffekt Codierung von Sprache und Musik |
| Lärm | Lärmvermeidung, Lärmschutz (Lärm als Umweltfaktor, Schallschutzmaßnahmen) Lärmursachen |

| Lehrplaneinheit (WS) | Aspekte dieser Lehrplaneinheit (WS) |
|---------------------------------|---|
| Schwingungen und Wellen | Gleichartigkeit von Phänomenen bei der Ausbreitung mechanischer und elektromagnetischer Wellen Überblick über Arten des Schalls Schallwellen und deren Eigenschaften Bedeutung des Schalls in der Gesellschaft, in Natur und Technik |
| Die Welt der Töne / Geräusche | Schalleindrücke und ihre physikalische Beschreibung Empfinden von Klangeindrücken Musikinstrumente Hohe und tiefe Töne Töne kann man sichtbar machen. |
| Kommunikation und Verständigung | Akustische Informationen gehen auf Reisen. Sprache und Musik werden elektrisch verstärkt und übertragen (Stimmgabel, Musikinstrumente, Mikrofon, Lautsprecher). Vom Sender zum Empfänger (akustische Signale, Telefon, Radio, TV usw.) |

1.2 Medienauswahl

Das Medienportal der Siemens Stiftung bietet zahlreiche Medien zu den Grundphänomenen des Schalls – sowohl für die Grundschule als auch für die weiterführenden Schulen. Das vorliegende Medienpaket stellt nur eine kleine Auswahl davon vor.

Eigenhändig Phänomene der Physik oder Biologie zu entdecken, fördert das Verständnis mehr, als eine Sachinformation durchzulesen. Verstärkt wird das entdeckende Lernen v. a. durch das Anknüpfen an die Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler und die anschließende Übertragung auf die entsprechende Gesetzmäßigkeit. Alternativ kann natürlich auch mithilfe der Medien vom Medienpaket ein lehrerzentrierter Unterricht zum Thema Schall stattfinden.

Für die **Grundschule** werden einfache Freihandversuche zu den einzelnen Phänomenen vorgestellt. Neben den entsprechenden Experimentieranleitungen sind auch Fotos und grafische Abbildungen zur Visualisierung im Medienpaket enthalten.

Für die **weiterführenden Schulen** werden exemplarisch jene Medien vorgestellt, die das physikalische Prinzip hinter dem jeweiligen Phänomen erklären – anschaulich in Form von Simulationen oder theoretisch in Form von Sachinformationen.

Die wichtigsten Grundlagen zum Thema „Schall“ werden für die Lehrkraft in einem inhaltlichen Leitfaden zum Thema bereitgestellt. Dieser ist auch zur Vertiefung für die Schülerinnen und Schüler der weiterführenden Schulen geeignet.

Medium Leitfaden „Schall – Grundlagen im Überblick“

1.3 Hintergrundinformationen für die Lehrkraft

Der vorliegende Leitfaden zum Medienpaket erläutert die zahlreichen Facetten der einzelnen Themen und schlägt verschiedene Einsatzmöglichkeiten der Medien im Zusammenhang vor. Natürlich können die Medien auch einzeln und völlig unabhängig voneinander streng nach Fachbezug eingesetzt werden. Doch lebendiger wird der Unterricht sicher im Zusammenhang, denn es besteht so die Chance, das Interesse am fachlichen Detail zu wecken.

Zu diesem Zweck empfiehlt sich die Erarbeitung des Themas in folgenden Schritten:

- Wie entsteht Schall?
- Was ist Schall physikalisch?
- Wie breitet sich Schall aus?
 - Schall breitet sich wellenförmig aus.
 - Die Schallwelle hat eine Geschwindigkeit.
- Was passiert, wenn die Schallwelle auf ein Hindernis trifft?
- Wie nimmt man Schall wahr?

Hinweis: Jeder Schritt ist in zwei Bereiche gegliedert:

- **Phänomenologie** – anhand einfacher Versuche oder Situationen aus dem Alltag wird das Grundphänomen eingeführt. Diese Einführung ist sowohl für die Behandlung des Themas in der Grundschule als auch den weiterführenden Schulen geeignet (außer, es ist explizit anders angegeben).
- **Theorie** – hier wird das Grundphänomen auf dem Niveau weiterführender Schulen wissenschaftlich erklärt.

2 Wie entsteht Schall?

2.1 Phänomenologie

Die Schülerinnen und Schüler führen einfache Experimente zur Schallerzeugung durch, z. B. mit der Bechergitarre. Eine breite Auswahl von einfachen Versuchen findet man hier:

Medium Experimentieranleitung „Schallerzeugungs-Experimente“

Das Medienpaket bietet zusätzlich eine Illustration zu einem dieser Experimente:

Medium Grafik „Schallerzeugung mit der Bechergitarre“

2.2 Theorie

Die Schallentstehung kann z. B. anhand des Platzens eines Luftballons und einer schwingenden Lautsprechermembran anschaulich erklärt werden.

Medium Sachinformation „Was ist eigentlich Schall?“

3 Was ist Schall physikalisch?

3.1 Phänomenologie

Um zu verstehen, was Schall eigentlich ist, eignet sich z. B. ein einfaches Experiment, mit dem man den Schall „sichtbar“ machen kann:

Auf eine mit Frischhaltefolie bespannte Schüssel wird Salz gestreut. Dann wird die Folie seitlich „angesummt“. Je lauter das Summen ist, desto stärker hüpfen die Salzkörner auf und ab.

Hinweis: Für weiterführende Schulen eignet sich ein Oszilloskop hervorragend, um Schall „sichtbar“ zu machen. Das Medienpaket bietet hierzu eine ganze Serie von Medien:

| | |
|--------|---|
| Medien | Foto „Stimmgabel – Quelle reiner Töne“ Grafik „Stimmgabel als „einfacher“ Ton“ Video „Stimmgabel als „einfacher“ Ton“ Ton „Stimmgabel als „einfacher“ Ton“ |
|--------|---|

Zudem kann man experimentell auch sehr leicht feststellen, dass Schall sich in verschiedenen Materialien ausbreiten kann.

| | |
|--------|--|
| Medien | Experimentieranleitung „Experimente zur Schallausbreitung – Leitung“ Foto „Schallausbreitung in festen Körpern“ |
|--------|--|

3.2 Theorie

Durch eine äußere Kraft können die Moleküle in elastischen Medien zu mechanischen Schwingungen um ihre Ruhelage angeregt werden. Diese Schwingungen bezeichnet man als „Schall“. Je nach Beschaffenheit des Mediums (fest, flüssig, gasförmig) breitet sich der Schall unterschiedlich aus.

Das Grundverständnis von Schall beruht daher zum einen auf der Kenntnis der physikalischen Eigenschaften von **Schwingungen**. Eine Sachinformation gibt Einblick in die wichtigsten Eigenschaften:

| | |
|--------|---|
| Medium | Sachinformation „Schwingung, Frequenz, Amplitude“ |
|--------|---|

Hinweise:

- Für die höheren Klassenstufen lohnt hier ein Vergleich von Schall- und Lichtwellen: Die Frequenz legt beim Schall die Tonhöhe, beim Licht die Farbe fest, die Amplitude die Lautstärke des Schalls bzw. die Intensität des Lichts.
- Schall wird in der Praxis nach seiner Frequenz klassifiziert: Welchen Frequenzbereich umfasst z. B. Ultraschall, welchen Infraschall usw.?
- Schall wird in der Praxis auch danach klassifiziert, wie die Schwingungen zusammengesetzt sind: Was unterscheidet z. B. den Ton vom Klang?

Zum anderen erfordert das Verständnis von Schall auch Wissen über den **Aufbau der Materie**. In Luft breitet sich Schall z. B. in Form von Verdichtungen und Verdünnungen der Luft aus, man spricht von longitudinalen Wellen. Wie ist es im Wasser?

Hinweis: In diesem Zusammenhang sind die Begriffe Luftschall, Körperschall und Flüssigkeitsschall einzuführen.

4 Wie breitet sich Schall aus?

4.1 Schall breitet sich wellenförmig aus

4.1.1 Phänomenologie

Der Versuch „Tamburin bläst Kerze aus“ demonstriert eindrucksvoll, dass Schallwellen sich ausbreiten und dass damit eine Bewegung der Luftteilchen verbunden ist. Zur Nachbereitung oder als

Ersatz des Realexperiments kann folgende Fotoserie gezeigt werden:

| | |
|--------|--|
| Medien | Foto „Schallausbreitung: Tamburin und Kerze 1“ Foto „Schallausbreitung: Tamburin und Kerze 2“ Foto „Schallausbreitung: Tamburin und Kerze 3“ |
|--------|--|

Geht es um eine erste Vorstellung, wie sich die Schallwellen genau ausbreiten, eignet sich das Beispiel von Wasserwellen gut.

| | |
|--------|---------------------------------|
| Medium | Video „Wasser als Wellenmodell“ |
|--------|---------------------------------|

4.1.2 Theorie

Eine Erklärung für die Schallausbreitung im Versuch mit dem Tamburin liefert eine Sachinformation:

| | |
|--------|-------------------------------------|
| Medium | Sachinformation „Schallausbreitung“ |
|--------|-------------------------------------|

Zum Grundverständnis der Schallausbreitung müssen die physikalischen Eigenschaften von Wellen und der Unterschied zu Schwingungen klar sein:

| | |
|--------|--|
| Medium | Übersichtsgrafik „Schwingungen und Wellen“ |
|--------|--|

Hinweis: An dieser Stelle lohnt es sich wieder, eine Analogie zur Ausbreitung des Lichts herzustellen.

Wichtig ist auch die Erkenntnis, dass sich Schall von seiner Quelle her kreisförmig ausbreitet. Man spricht vom „Schallfeld“.

| | |
|--------|--|
| Medium | Schemagrafik „Schallfeld und Schalldämpfung“ |
|--------|--|

4.2 Die Schallwelle hat eine Geschwindigkeit

4.2.1 Phänomenologie

Manche Schülerinnen und Schüler kennen bereits die alte Faustregel, dass man die Entfernung eines Gewitters aus der Zeit bestimmen kann, die zwischen Aufleuchten des Blitzes und Hören des Donners (Schall!) vergeht. Dazu muss man aber wissen, dass der Schall in Luft in ca. 3 Sekunden braucht, um einen Kilometer zurückzulegen.

Die Tatsache, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit vom Medium abhängt, zeigt das Experiment „Klopfen“ aus dem Medium:

| | |
|--------|--|
| Medien | Experimentieranleitung „Experimente zur Schallausbreitung – Leitung“ Bild „Schallausbreitung in festen Körpern“ |
|--------|--|

4.2.2 Theorie

Schall breitet sich in Festkörpern schneller aus als in Flüssigkeiten und in diesen wiederum schneller als in Luft. Dass das so ist, zeigt eine Simulation anschaulich. Warum es so ist, erklärt eine Sachinformation.

Medien Sachinformation „Schallgeschwindigkeit“
Simulation „Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Stoffen“

5 Was passiert, wenn die Schallwelle auf ein Hindernis trifft?

5.1 Phänomenologie

Trifft Schall auf ein Hindernis, so können je nach Beschaffenheit des Hindernisses verschiedene Effekte auftreten.

- Die Ausbreitungsrichtung des Schalls ändert sich.
Effekte: Reflexion, Beugung, Brechung
- Der Schall wird verstärkt.
Effekte: Schallbündelung, Resonanz
- Der Schall wird schwächer.
Effekt: Absorption

Die Schülerinnen und Schüler vollziehen dies durch einfache Experimente nach, z. B.:
Reflexion

Medium Experimentieranleitung „Schallreflexion – Experiment“

Schallbündelung

Medium Experimentieranleitung „Schallbündelungs-Experimente“

Absorption

Einfacher Versuch: Klingelnden Wecker in eine Decke einwickeln.

Hinweis: Die Schülerinnen und Schüler nennen weitere akustische Effekte, die sie aus dem Alltag kennen (z. B. das Echo in den Bergen oder den Hall in einem Konzertsaal) und ordnen sie in die drei genannten Kategorien (Richtungsänderung, Verstärkung, Schwächung) ein.

5.2 Theorie

Eine ausführliche Sachinformation erklärt alle möglichen Phänomene:

Medium Sachinformation „Schallausbreitung an Hindernissen“

Hinweis: Hier lohnt wieder die Analogie zur Lichtwelle.

6 Wie nimmt man Schall wahr?

6.1 Phänomenologie

Da Schall auf der mechanischen Bewegung von Materie beruht, kann man ihn physisch wahrnehmen. Das weiß jeder, der schon mal ein Rockkonzert besucht hat und dabei in der Nähe der Basslautsprecher stand.

Um Schall aber akustisch wahrzunehmen (Hören) oder ihn über weite Strecken zu transportieren (z. B. Telefon), muss man ihn umwandeln.

Zur Veranschaulichung der Schallwandlung im Ohr kann z. B. folgendes einfache Experiment durchgeführt werden:

Medium Animation „Trommelfell bauen: Experiment“

Die Anleitung zu diesem Versuch und weiteren zum Thema Hören findet man in der Experimentieranleitung:

Medium Experimentieranleitung „Hören – Experimente“

6.2 Theorie

Die Schallwandlung im Ohr (Flüssigkeitsschall in elektrische Impulse) findet in der Schnecke statt. Eine ausführliche Erklärung findet man in der Sachinformation:

Medium Sachinformation „Der Weg des Schalls durch die Schnecke“

Gerade der Hörvorgang eignet sich sehr gut, neben der Schallwandlung auch andere Schalleffekte (Bündelung, Verstärkung) im Zusammenspiel zu betrachten. Auch ein Mikrofon funktioniert ähnlich.

Medium Animation „Schallwandlung physiologisch vs. elektronisch“

Unterrichtsidee: Die Animation macht deutlich, dass technische Geräte meist natürliche „Vorbilder“ haben. Die Schülerinnen und Schüler werden zum Nachdenken angeregt, welche Beispiele ihnen noch dazu einfallen. Wie funktioniert z. B. ein Telefon?

Hinweis: Zum Thema Schall gibt es noch viele weitere Medien auf dem Medienportal der Siemens Stiftung, die man über die Volltextsuche unter dem Stichwort „Schall (Grundphänomen)“ findet.