

Schallwellen forschend und entdeckend untersuchen

Die Visualisierung von Schallwellen mit Hilfe von Audacity

Stefanie Geisbusch

Einen ersten Kontakt mit „Schwingungen und Wellen“ haben Schülerinnen und Schüler bereits im Anfangsunterricht Physik, wenn sie sich mit dem Thema Akustik beschäftigen. Die Schallausbreitung lässt sich in diesem Zusammenhang mit den periodischen Eigenschaften von Wellen beschreiben [6, S. 147].

Dieser Beitrag soll zeigen, wie die kostenfreie Software „Audacity“ zum eigenständigen Erforschen akustischer Phänomene und insbesondere der periodischen Eigenschaften von (Schall-)Wellen eingesetzt werden kann. Neben der Beschreibung der fachlichen Inhalte werden auch mögliche Experimente und deren Einbettung in einen didaktischen Kontext erläutert.

Erfahrungen mit dieser Unterrichtseinheit zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler sehr begeistert bei der Sache sind. Positive Auswirkungen sind eine höhere Verarbeitungstiefe und eine bessere Behaltensleistung. Es ist gleichermaßen ein offener Ansatz wie auch ein etwas geschlossener Ansatz im Sinne einer „gelenkten Entdeckung“ möglich. Für den geschlossenen Ansatz gibt es Arbeitsblätter, die aus dem Internet heruntergeladen werden können (Link siehe Liste am Ende des Artikels). Beim offenen Ansatz werden zu Beginn einige Impulse gegeben, danach erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler das Thema selbständig.

Themen aus dem Gebiet der Akustik, wie z. B. die Aufzeichnung von Schall, dienen häufig als Einstieg in den Physikunterricht in der Sekundarstufe I, da auf einfache Art und Weise Bezüge zu den Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler hergestellt werden können. Schallwellen nehmen wir in Form von Sprache und Musik mit Hilfe unseres Gehörs wahr.

Musik ist in Zeiten von mp3 und iPod für Jugendliche ständig verfügbar, sie ermöglicht den Ausdruck eines Lebensgefühls bei gleichzeitig harmonisierender Wirkung. Die Akustik ist bestens geeignet, Querverbindungen zu anderen Fächern wie Musik und Biologie aufzuzeigen. Weiterhin können in diesem Zusammenhang technische und ökologische Aspekte (Lärm) thematisiert werden.

Stefanie Geisbusch, Gewerbliche Schule Künzelsau, Deutschland.
E-Mail: stefanie.geisbusch@gmx.net

Fließender Übergang vom entdeckenden Lernen zum forschenden Lernen

Der zugrunde liegende didaktische Ansatz erlaubt einen fließenden Übergang vom entdeckenden zum forschenden Lernen. Im schulischen Kontext wird „entdecken“ nicht einer physikalischen Forschung mit neuen Erkenntnissen gleichgesetzt, sondern mit der Entdeckung von subjektiv Neuem [8]. Damit sind für jeden Lernenden andere „Entdeckungen“ möglich, je nach Kenntnisstand und Vorerfahrungen. Erhalten Schülerinnen und Schüler Hinweise, Ratschläge oder Anweisungen für den Entdeckungsprozess, so handelt es sich um „gelenkte Entdeckung“ [8, S.160]. Mit zunehmendem Kenntnisstand der Lernenden lassen sich die Hilfen reduzieren, damit ein fließender Übergang vom entdeckenden zum forschenden Lernen erfolgen kann. *„In der Schule steht forschendes Lernen im klaren Gegensatz zu den dominierenden rezeptiven Lernformen, bei denen dargebotene Inhalte aufgenommen, gespeichert und bei Anforderung wiedergegeben werden sollen.“* [1] Unter forschendem Lernen versteht man einen aktiven und produktiven Lernprozess, bei dem die Lernenden selbstbestimmt eigenen Fragestellungen nachgehen können. Nach Bönsch [2] kann forschendes Lernen im Rahmen eines schülerorientierten und offenen Unterrichts realisiert werden. Zentrale Elemente eines solchen Unterrichts sind das eigenständige Formulieren von Fragen, das Vermuten und Bilden von Hypothesen, das Problemlösen und die Darstellung von Ergebnissen. Dabei steht aber nicht das Ergebnis im Vordergrund, sondern die eigene Suche, das Recherchieren und Forschen, die Durchführung von selbstgeplanten Experimenten und die mögliche Variation der Experimente [2]. Nach Radits [11] werden im Gegensatz zum entdeckenden Lernen beim forschenden Lernen eigene Forschungsfragen und Hypothesen formuliert. Damit ergeben sich deutliche Parallelen zur wissenschaftlichen Forschung.

Zum Einstieg in die gelenkte Entdeckung sind Arbeitsblätter gut geeignet. Meist entwickeln die Lernenden im Laufe des Experimentierens eigene Fragestellungen, sodass dann eine Loslösung von den Aufgaben in den Arbeitsblättern sinnvoll ist. Damit ist der Übergang vom gelenkten Entdecken zum forschenden Lernen jederzeit möglich. Der offene Ansatz erlaubt es Schülerinnen und Schülern, eigenen Fragestellungen nachzugehen. Ist erst einmal das Interesse der Jugendlichen geweckt, ergeben sich fast automatisch

neue Fragestellungen, die untersucht werden wollen. Dies gilt besonders dann, wenn ein Bezug zum Thema besteht. Ein individueller Bezug ergibt sich aus den persönlichen Erfahrungen, die jeder Lernende im Alltag mit Sprache, Musik, Lärm und den vielgestaltigen Geräuschen der Umwelt macht.

Bildungsstandards

Die Schülerinnen und Schüler erwerben Kompetenzen aus allen drei Anforderungsbereichen des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“, die in den Bildungsstandards der KMK [9] ausführlich erläutert sind. Die Lernenden beschreiben und nutzen Fachmethoden und wenden diese problembezogen an. Die Fachmethoden, die beim offenen Experimentieren mit Audacity zum Einsatz kommen können, umfassen die Beschreibung eines Experiments, die selbständige Planung und Durchführung von Experimenten, die sachgerechte Nutzung von Software (hier Audacity) und die Auswertung von Ergebnissen. Das Entwickeln eigener Fragestellungen gehört zu den Fachmethoden des Anforderungsbereichs III ebenso wie das Entwickeln alternativer Lösungswege. Weiterhin erwerben sie selbständig Fachwissen und können es dokumentieren.

Die Schülerinnen und Schüler werden am Ende wissen, was unter den Begriffen Frequenz und Amplitude zu verstehen ist, und können Schall anhand des zugehörigen Schwingungsbildes charakterisieren. Die Untersuchung physikalischer Sachverhalte mit technischen Mitteln, hier dem Computer, weist deutliche Bezüge zur wissenschaftlichen Praxis auf. Durch die Visualisierung von Amplitude und Frequenz wird ein tieferes Verständnis dieser Begriffe erzeugt.

Laut KMK [9] umfasst der Kompetenzbereich Kommunikation im Anforderungsbereich I die Fähigkeit, einfache Sachverhalte in Wort und Schrift oder einer anderen vorgegebenen Form unter Anleitung darzustellen sowie sachbezogene Fragen stellen zu können. Der Anforderungsbereich II dagegen beinhaltet die Fähigkeit, Sachverhalte fachsprachlich und strukturiert darzustellen, auf Beiträge anderer sachgerecht einzugehen und Aussagen sachlich zu begründen. Darstellungsformen selbständig auszuwählen und zu nutzen sind Fähigkeiten des Anforderungsbereichs III. Durch die Arbeit in Zweiergruppen ergibt sich die Möglichkeit, die Fähigkeiten aller drei Anforderungsbereiche zu üben und zu vertiefen.

Aufnahme von Schall

Schallwellen können mit den unterschiedlichsten Verfahren visualisiert werden. Beispielsweise wird die Schreibspitze einer tönenden Schreibstimmgabel in konstanter Geschwindigkeit über eine berußte Glasplatte oder ein Kohlepapier hinweggezogen. Die Schwingungen sind danach als regelmäßig geformte Wellenlinie sichtbar. Man könnte auch ein Mikrofon an ein Oszilloskop anschließen.

Das Mikrofon als elektroakustischer Wandler wandelt Schallwellen in elektrische Signale um. Lautsprecher oder Kopfhörer wirken nach dem umgekehrten Prinzip und wandeln elektrische Signale in Schallwellen um.

Ein Lautsprecher wird daher ebenfalls den elektroakustischen Wandlern zugeordnet. Bei einem Mikrofon lösen die auftreffenden Schallwellen eine mechanische Bewegung einer Membran aus. Je geringer die Masse der Membran ist, desto leichter kann sie in Schwingungen versetzt werden. Die mechanische Schwingung der Membran wird in ein elektrisches Signal umgewandelt, wobei unterschiedliche physikalische Prinzipien zur Verfügung stehen.



Abb. 1: Kohlemikrofon AEG M8 aus dem Jahr 1929 von AEG mit Federaufhängung zum Schutz vor Trittschallübertragung (Foto: Th. Krause, HS Heilbronn)

Das älteste und zugleich erste brauchbare Mikrofon ist das Kohlemikrofon (Abb. 1). Zwischen einer elektrisch leitenden Membran und einer Kontaktfläche befindet sich eine mit Kohlegrieß gefüllte Kammer. Ein Kohlemikrofon muss, damit es überhaupt funktioniert, in einen Stromkreis eingebunden werden, der aus einer Gleichspannungsquelle und einem Widerstand besteht (Abb. 2). Ein aus der Quelle getriebener Ruhestrom fließt über die Anschlussleitung zur Membran, von dort durch den Kohlegrieß zur Kontaktfläche und dann zur Quelle zurück [6]. Trifft nun eine Luftdruckschwankung auf die Membran, so gibt diese den Druck auf den Kohlegrieß weiter. Dadurch wird der Übergangswiderstand zwischen den einzelnen Kohlekörnchen verändert. Bei einem geringeren Übergangswiderstand wird der durch den Kohlegrieß fließende Strom größer, bei einem größeren Übergangswiderstand wird der Strom kleiner. An dem im Stromkreis befindlichen Widerstand R_a (Abb. 2) kann dann die Wechselspannung abgegriffen werden, die den Luftdruckänderungen entspricht.

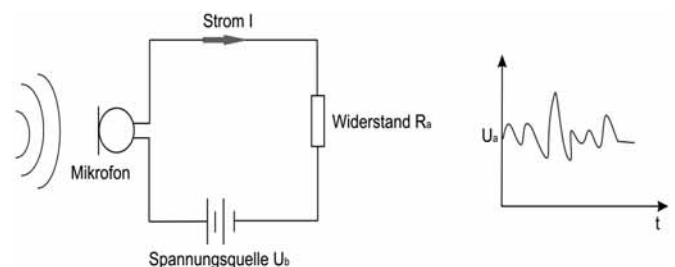


Abb. 2: Schaltung mit Kohlemikrofon und Spannungssignal am Widerstand R_a

Ein anderes Prinzip zur Umwandlung einer Luftdruckänderung in elektrische Signale ist beim dynamischen Mikrofon (oder Tauchspulenmikrofon) zu finden [6]. Bei solch einem Mikrofon ist an der sehr dünnen Membran eine kleine

Drahtspule befestigt. Diese Drahtspule befindet sich ihrerseits in einem von einem Magneten erzeugten Magnetfeld. Wenn auftretende Schallwellen die Membran in Bewegung versetzen, bewegt sich auch die mit der Membran fest verbundene Spule im Magnetfeld. Die mechanische Bewegung eines elektrischen Leiters (Drahtspule) in einem Magnetfeld bewirkt, dass in diesem Leiter eine tonfrequente Wechselspannung induziert wird (Induktionsgesetz, Faraday ca. 1831). Diese Spannung entspricht der Bewegungsänderung der Membran und damit der Schallschwingung. Das auf diese Weise gewonnene elektrische Signal ist jedoch sehr klein und muss vor einer Weiterverarbeitung entsprechend verstärkt werden.

Das umgekehrte Prinzip findet bei einem Lautsprecher Anwendung (Abb. 3). Fließt ein Wechselstrom durch die an der Membran befestigte Spule, so erfährt diese im Magnetfeld des Magneten Lorentzkräfte, die sie in Bewegung versetzen. Somit schwingt die Spule zusammen mit der Membran im Rhythmus des Wechselstroms und erzeugt dadurch einen entsprechenden Schall [6].

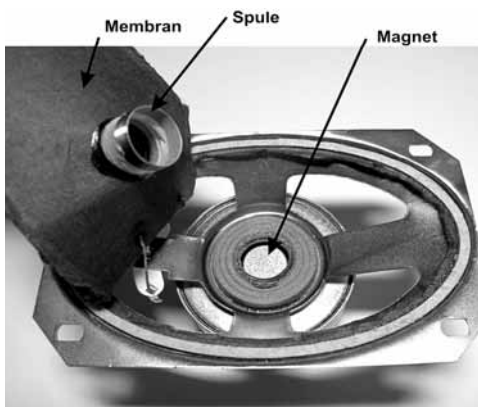


Abb. 3: Innenansicht eines Lautsprechers (Foto: S. Geisbusch)

Eine aus Mikrophon und Oszilloskop bestehende und häufig eingesetzte Versuchsanordnung hat den Nachteil, dass die Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Physikunterrichts in der Sekundarstufe noch keine Vorstellung von der Funktionsweise eines Oszilloskops haben. Das Thema Oszilloskop wird, wenn überhaupt, erst in einer höheren Klasse angesprochen (Abb. 4).

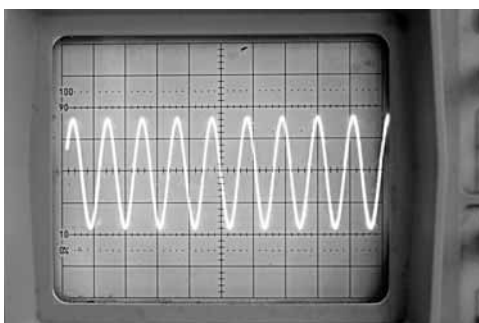


Abb. 4: Sinusschwingung auf dem Oszilloskopschirm (Foto: S. Geisbusch)

Die Soundkarte eines Computers ist dagegen vielen SchülerInnen schon ein Begriff, denn sie verarbeiten Musik am Computer oder laden sie in den mp3-Player. Sie haben sich

an deren Verwendung gewöhnt. Wenngleich im Anfangsunterricht Physik die Soundkarte als Blackbox betrachtet werden muss, so bieten sich durch ihre standardmäßige Verbreitung in jedem Computer vielfältige Experimentiermöglichkeiten.

Die Soundkarte ist eine PC-Steckkarte, mit der Klänge wiedergegeben und aufgezeichnet werden können. Die Hauptkomponente der Karte ist ein spezieller Chipsatz, der einen A/D-D/A-Wandler (Analog-Digital, Digital-Analog-Wandler) enthält. Dieser erzeugt aus den Signalen des am PC angeschlossenen Mikrofons computerlesbare Daten. Das analoge Eingangssignal wird in ein digitales Signal umgewandelt. Im umgekehrten Fall werden aus vorliegenden digitalen Daten analoge Signale erzeugt. Diese bringen die Membran eines angeschlossenen Lautsprechers zum Schwingen und ermöglichen dadurch die Wiedergabe von Tönen und Geräuschen. Für die Wiedergabe von Klängen ist außerdem ein Synthesizer-Chip notwendig, der nach dem sog. Wavetable-Verfahren arbeitet. Es handelt sich dabei um ein Verfahren zur Verbesserung der Sound-Wiedergabe am Computer. In der Wavetable sind Samples von häufig vorkommenden Instrumenten oder anderen Klängen gespeichert, die auf Abruf abgespielt werden [4].

Einsatz von Audacity im Unterricht

Akustische Phänomene lassen sich nicht nur anhand von Musikinstrumenten und anderen Schallerzeugern untersuchen, sondern auch mit Hilfe eines mit einer Soundkarte ausgestatteten Computers. Dazu wird das im Internet frei verfügbare und kostenlose Audio-Bearbeitungsprogramm „Audacity“ eingesetzt. Es ist recht einfach zu installieren und lässt sich ganz intuitiv bedienen. Es gibt im Internet deutschsprachige Installations- und Bedienungsanleitungen, die leicht verständlich sind. Die zugehörigen Links sind im Anhang zu finden. In einem Beitrag von Rincke [12] sind weitere Programme zur Beschäftigung mit Klängen aufgelistet. Die dort beschriebenen Programme sind geeignet, andere Schwerpunkte im Unterricht zu setzen und können ergänzend zu dieser Unterrichtseinheit eingesetzt werden. Weiterhin hat Rincke darüber berichtet, wie sich akustische Phänomene durch einen Wechsel der Darstellungsformen erkunden lassen [13]. Dabei wird das Programm „Sonogram“ eingesetzt. Auf Sonogram soll im Weiteren jedoch nicht eingegangen werden, denn der vorliegende Beitrag zielt mehr darauf ab, dass Schülerinnen und Schüler sich eigenständig mit den Grundgrößen beschäftigen, mit denen sich die Eigenschaften von Schall(-wellen) beschreiben lassen. Leitlinie ist daher die Frage, wie Schülerinnen und Schüler sich auf motivierende Weise selbstentdeckend mit akustischen Phänomenen auseinandersetzen und ganz nebenbei die Fähigkeit erwerben, technische Hilfsmittel wie den Computer zu nutzen.

Da das Programm Audacity frei verfügbar ist, können interessierte Schülerinnen und Schüler damit auch mit dem eigenen PC zu Hause experimentieren. Außerdem ist es durchaus möglich, dass die Schülerinnen und Schüler sich

im Rahmen von Hausaufgaben unterrichtsbegleitend mit Audacity auseinandersetzen. Das setzt jedoch bereits ein hohes Maß an Medienkompetenz und die Fähigkeit zum selbst regulierten Lernen voraus.

Voraussetzungen

Zur Nutzung des Programms im Physikunterricht müssen die Schüler Zugang zu einem Computer haben, auf dem das Programm installiert ist. Um den Lärmpegel im Computerraum/Physiksaal unter Kontrolle zu halten, sollte eine ausreichende Anzahl an Headsets zur Verfügung stehen.

Im einfachsten Fall kann jede Schülerin und jeder Schüler alleine an einem Computer arbeiten, ansonsten ist das Experimentieren auch gut in Partnerarbeit möglich. Dazu werden pro Computer zwei Headsets und zwei sogenannte Y-Kabel (im einschlägigen Elektronikfachhandel zu erhalten) benötigt. Eines der beiden Y-Kabel wird in den Mikrofoneingang des PCs gesteckt, das andere Y-Kabel in die Buchse des Kopfhöreranschlusses. An die anderen Enden der beiden Y-Kabel werden die Anschlussstecker der Headsets eingesteckt. Dadurch können zwei Personen die Tonspuren abhören und Sprache, Klänge oder Geräusche aufnehmen.

Methodische Umsetzung

Der Vorteil des Arbeitens in Partnerarbeit besteht darin, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit ihrem Partner oder ihrer Partnerin fachlich austauschen können. Sie müssen sich über die jeweilige Vorgehensweise abstimmen und erwerben ganz nebenbei wichtige Kompetenzen im Bereich der Kommunikation.

Arbeitet jede Schülerin bzw. jeder Schüler alleine am Computer, können sie die akustischen Phänomene in ihrem eigenen Arbeitstempo untersuchen. Dadurch ist ein hohes Maß an Individualisierung möglich, was in der Regel mit einer höheren Motivation einhergeht. Andererseits fehlen die Lernanlässe, die den Anforderungen des Kompetenzbereichs Kommunikation genügen. Dies lässt sich kompensieren, indem regelmäßig ein Gruppengespräch stattfindet, in dem die Lernenden über ihre „Entdeckungen“ berichten und ggf. diese direkt mit Hilfe von Audacity darstellen.

Vorbereitungen zur Unterrichtseinheit

Zu Beginn dieser Unterrichtseinheit müssen sich die Schülerinnen und Schüler erst einmal in die Bedienung des Programms einarbeiten (Arbeitsblatt 1, siehe Linkliste). Diese „gelenkte Entdeckung“ kann sehr gut anhand der deutschsprachigen Bedienungsanleitung erfolgen (erhältlich per Download, Link siehe Anhang). Die Lernenden erarbeiten sich die Handhabung des Programms eigenständig. Parallel dazu kann sich die Lehrkraft um diejenigen Schülerinnen und Schüler kümmern, die Schwierigkeiten beim Durcharbeiten der Bedienungsanleitung oder bei der Bedienung

des Programms haben. Hier werden individuelle Kompetenzunterschiede deutlich, je nachdem, welche Vorerfahrungen in der Arbeit mit PC und Windowsprogrammen bereits vorhanden sind. Die Lernenden erwerben durch die Arbeit am PC weitere Medienkompetenz und lernen, wie man sich technische Sachverhalte eigenständig aneignet. Sobald sich die Lernenden mit der Handhabung des Menüs und den wesentlichen Funktionen vertraut gemacht haben, ist die Grundlage für die entdeckende Untersuchung akustischer Phänomene geschaffen. Die Begriffe Frequenz, Amplitude und Periodendauer sollten in vorherigen Unterrichtsstunden bereits erarbeitet worden sein, damit die fachliche Voraussetzung für die Arbeit mit Audacity gegeben ist.

Unterrichtseinheit

Auf vergleichsweise einfache Weise lässt sich das Schwingungsbild eines reinen Sinustons untersuchen. Mit Audacity selbst lassen sich Töne generieren, wobei die Tonfrequenz vom Bediener vorgegeben werden kann. Selbstverständlich lassen sich nur solche Töne generieren, deren Frequenz im hörbaren Bereich liegt, denn die Soundkarte ist nur auf diesen Bereich spezifiziert. Dazu erhalten die Lernenden den Auftrag, einen Sinuston mit einer bestimmten Frequenz zu erzeugen. Dies ist in Audacity leicht mit dem Menüpunkt „Generieren“ möglich. Dabei kann nicht nur die Frequenz des zu erzeugenden Tones festgelegt werden, sondern auch dessen Amplitude und Dauer. Audacity erzeugt mit diesen Daten eine neue Tonspur, die zum Anhören abgespielt werden kann.

Anschließend werden Töne mit anderen Frequenzen erzeugt. Weil die Töne gleich angehört werden können, entwickeln die Lernenden schnell ein Verständnis für den Begriff „Frequenz“. Mit Hilfe des optischen Zooms lassen sich die Signale in einer Tonspur vergrößern, so dass eine detaillierte Untersuchung eines Signals möglich wird. Wenn zwei Tonspuren mit Tönen unterschiedlicher Frequenz gegeben sind, kann man bei näherer Analyse (bei Anwendung des optischen Zooms) entdecken, dass eine niedrige Frequenz eine geringere Anzahl an Schwingungen pro Zeiteinheit aufweist, als eine höhere Frequenz. Weiterhin lässt sich ein Zusammenhang zwischen den Begriffen Frequenz und Periode herstellen.

Analog wird bei der Erarbeitung des Begriffs „Amplitude“ verfahren. Durch direkte Vergleichsmöglichkeiten, sowohl optisch als auch akustisch, erfahren die Schülerinnen und Schüler ganz konkret, dass ein Ton mit kleiner Amplitude leiser klingt als ein Ton derselben Frequenz aber mit größerer Amplitude.

Wird das Schwingungsbild eines Tons, der von einer Stimmgabel erzeugt wurde, mit einem Sinuston verglichen, der mit Hilfe des Menüs „Generieren“ erzeugt wurde, so lässt sich erkennen, dass die Amplitude beim ersten Ton abnimmt, weil die Schwingungen der Stimmgabel sich mit der Zeit abschwächen (gedämpfte Schwingung), während die Amplitude beim von Audacity erzeugten zweiten Ton konstant bleibt.

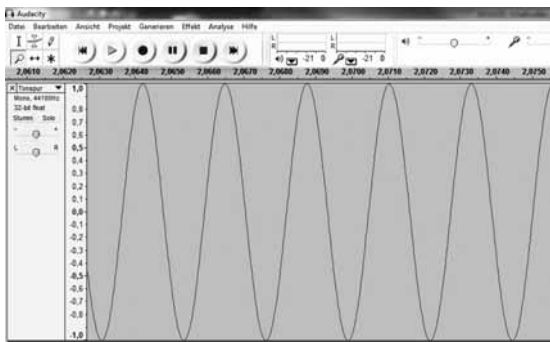


Abb. 5: Sinuston mit Audacity dargestellt

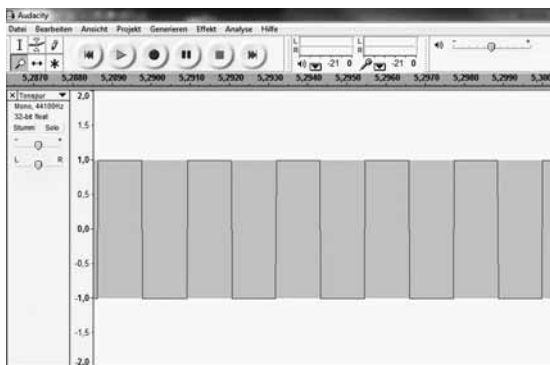


Abb. 6: Rechteckförmiges Tonsignal

Interessant ist, dass das Gehör deutlich zwischen zwei Tönen unterschiedlicher Wellenform, aber gleicher Frequenz und Amplitude zu unterscheiden vermag. Der reine Sinuston hört sich „sauber“ an, der Ton mit rechteckiger Schwingungsform klingt dagegen „kratzig“ und leicht schräg. Mit Audacity lässt sich dieser Unterschied auch akustisch verdeutlichen. Über das Menü „Generieren“ werden dazu der Tongenerator ausgewählt und Wellenform, Frequenz, Amplitude und Dauer des Tons festgelegt. Audacity erzeugt daraufhin eine Tonspur, die abgespielt werden kann. Über das Audiomenu lässt sich die Wiedergabe steuern.

Charakteristische Schallereignisse und ihre Schwingungsbilder

Anhand des zugehörigen Schwingungsbildes lassen sich Töne, Geräusche, Klänge und ein Knall deutlich voneinander unterscheiden. Ein Ton hat ein sinusförmiges Schwingungsbild. Einen sauberen klaren Ton erhält man durch Anschlagen einer Stimmgabel. Klänge werden mit Hilfe von Musikinstrumenten erzeugt. Das Schwingungsbild eines Klangs ist periodisch, aber nicht sinusförmig. Bei einem Geräusch ist die Schwingung unregelmäßig. Geräusche können wir dauernd wahrnehmen, das Rauschen der Blätter, das Brummen eines Fahrzeugs, etc. Ein Knall zeichnet sich dadurch aus, dass die Amplitude der Schwingung zunächst stark ansteigt, dann jedoch schnell abklingt. Ein Knall entsteht beim Zuschlagen einer Tür oder beim Klatschen in die Hand [5]. Mit Audacity lassen sich die Schwingungsbilder gut miteinander vergleichen. Dabei ist sowohl der optische als auch der akustische Vergleich möglich, der auf optimale Weise die kognitiven Verarbeitungsprozesse bei den

Lernenden unterstützt, da unterschiedliche Sinne angesprochen werden (Sehsinn, Hörsinn).

Natürlich sind die charakteristischen Schallereignisse in jedem Physikbuch der Sekundarstufe I zu finden. Es stellt aber einen Unterschied dar, ob ein physikalischer Sachverhalt nur lesend und betrachtend mittels Text und Grafik erfasst wird, oder ob sich ein Lernender damit selbst handelnd auseinandersetzt. Heuer [7] stellte bereits 1991 fest, dass es im Physikunterricht „offenbar an einer geeigneten mentalen Repräsentation des Gelernten fehlt. Diese kann, das zeigen ergänzende Beobachtungen, nur durch eine aktive und intensive Auseinandersetzung des Lernenden mit realen Vorgängen und ihren Deutungen aufgebaut werden“ (S. 230).

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler viel Spaß dabei haben, sich am Computer selbständig mit dem Thema Akustik auseinander zu setzen, Geräusche zu produzieren, und ggf. weiter zu verarbeiten und ganz nebenbei die technischen Möglichkeiten des Computers und der Software auszuprobieren. Die hierbei gesammelten Erfahrungen lassen sich gewinnbringend in ein Schulprojekt einbringen, in dem die Jugendlichen zum Beispiel einen Podcast produzieren oder einen selbst gedrehten Trickfilm vertonen [10].

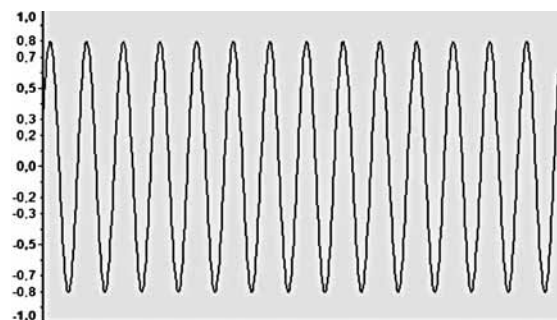


Abb. 7: Sinuston



Abb. 8: Klang



Abb. 9: Geräusch

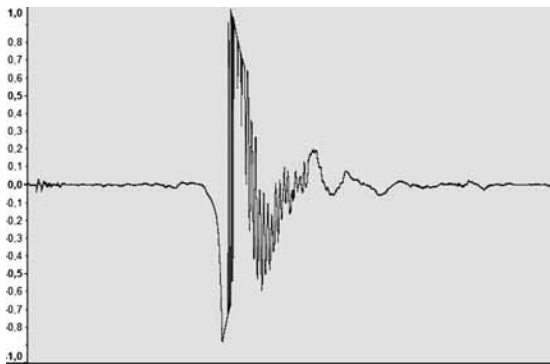


Abb. 10: Knall

Weitere Experimente mit Audacity

- Hörtest: welche Frequenz kann man mit dem Ohr noch wahrnehmen?
- Hardwaretest: welche Frequenz kann die Soundkarte noch wiedergeben?
- Austesten unterschiedlicher Wellenformen (Sinus, Rechteck, Sägezahn): wie hören sie sich an?
- Wie unterscheidet sich das Schwingungsbild eines Knalls von dem eines Geräuschs?
- Welches Schwingungsbild hat ein gesprochener Text?
- Wie unterscheiden sich die Schwingungsbilder, wenn zwei verschiedene Menschen denselben Text sprechen? (Aufnahme in zwei eigenen Tonspuren, damit die Schwingungsbilder miteinander verglichen werden können.)
- Es soll ein Wort erraten werden, welches rückwärts abgespielt wird. Es wird ein Wort rückwärts gesprochen und aufgezeichnet. Wenn es jetzt rückwärts wieder gegeben wird, soll es verständlich sein.
- Experimente und Übungen zur Schnitttechnik: Man zeichne eine negierende Aussage auf, z. B. „Ich gehe heute NICHT in die Schule“. Durch das Ausschneiden des Wortes „NICHT“ wird die Aussage des Satz verändert. Die Lernenden können sich eigene Beispiele für weitere „Sinn“-Manipulationen ausdenken.

Allein schon an den gerade genannten Beispielen wird deutlich, dass sich hier ungeahnte Potenziale eröffnen. Die Schülerinnen und Schüler können eigene Forschungsfragen entwickeln und sich überlegen, auf welche Weise sie diese untersuchen möchten. Auch das Ausprobieren einiger spezieller Programmfunktionen wie „Echo“, „Invertieren“, „Rückwärts“ etc. ist möglich.

Querbezüge zur Linguistik und Forensik können ebenso aufgezeigt werden, wie die audioteknische Bearbeitung von Sprache. Um einen Einstieg in das Thema Stimmanalyse in der Forensik zu finden, kann ein interessanter Artikel aus dem Internet verwendet werden. In diesem Artikel wird über die computertechnische Stimmanalyse berichtet. Diese wird in der Kriminalistik eingesetzt, um z.B. einen Erpresser anhand seiner Stimme zu identifizieren. Der Link dazu ist im Anhang zu finden.

Sind die Lernenden daran interessiert zu erfahren, wie ein Toningenieur arbeitet, lässt sich dies mit Audacity nachvollziehen. Tonspuren können geschnitten, verschoben, kopiert und gelöscht werden, einzelne Fragmente verdoppelt oder auch in andere Tonspuren eingefügt werden. Eine Exkursion zu einem Radiosender oder in ein Tonstudio kann das Thema abrunden. In diesem Kontext erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass physikalisches Wissen eine hohe Relevanz auch für Berufe im Medienbereich hat.

Chancen des offenen Ansatzes

Der sehr offene Ansatz dieser Unterrichtseinheit erfordert von den Schülerinnen und Schülern ein hohes Maß an Selbststeuerungsfähigkeit. Ist dieses noch nicht vorhanden, so bietet sich, wie bereits oben erwähnt, die gelenkte Entdeckung mit Hilfe von Arbeitsblättern an. Wenn während des Lernprozesses eigene Fragestellungen auftauchen, sollten die Lernenden diesen auch nachgehen dürfen. Je selbstbestimmter und autonomer sie arbeiten können, desto mehr Motivation und Interesse entwickeln die Schülerinnen und Schüler [3]. Zu Beginn der Unterrichtseinheit muss trotz des offenen Ansatzes klar kommuniziert werden, welche Inhalte sich die Schülerinnen und Schüler erarbeiten sollen.



Abb. 11: Schülerinnen experimentieren mit Audacity (Foto: S. Geisbusch)

Sie sollen sich die Begriffe Frequenz, Periode, Amplitude erarbeiten und verstehen, welche physikalischen Gesetzmäßigkeiten dahinter stecken. Des Weiteren können sie die Schwingungsbilder von Tönen, Geräuschen, Klängen und einem Knall unterscheiden. Erreicht ein Schüler diesen Wissensstand schnell, kann er die noch zur Verfügung stehende Zeit für weitere, ihn persönlich interessierende Experimente mit Audacity nutzen.

Diese Unterrichtseinheit wurde sowohl im NWA-Unterricht einer 6. Klassenstufe an einer Realschule als auch in einer 8. Klassenstufe im Gymnasium durchgeführt. Erwartungsgemäß ergaben sich sehr schnell individuelle Unterschiede im Arbeitstempo. Diese konnten dadurch ausgeglichen werden, dass die schnelleren Schülerinnen und Schüler zusätzlich eigene Forschungsfragen (z.B. „Lässt sich mit Audacity der Klang einer Gitarre von dem einer Flöte unterscheiden?“, etc.) untersuchen konnten. Wenn z.B. mobile Aufnahme-

geräte verfügbar sind, können die Schülerinnen und Schüler den Auftrag erhalten, Interviews zu einem bestimmten Thema zu führen. Die aufgenommenen Dateien werden anschließend mit Audacity bearbeitet. Die geschnittene und überarbeitete Audiodatei kann ins mp3-Format konvertiert werden, so dass sie als Podcast auf die Schulhomepage gestellt werden kann. Ganz nebenbei können Themen wie Datenschutz, Persönlichkeitsrechte, Interviewführung etc. thematisiert werden.

Durch das hohe Maß an Autonomie, das in diesem Unterrichtsansatz steckt, lassen sich Schülerinnen wie Schüler gerne für das Thema begeistern und haben nebenbei viel Spaß am eigenständigen Lernen. Das Vorwissen der Lernenden kann gut einbezogen werden, ebenso kann die Relevanz physikalischen Fachwissens für den Alltag aufgezeigt werden.

Literatur

- [1] Aepkers, M. (2002): Forschendes Lernen – Einem Begriff auf der Spur. In Bönsch, M.; Kaiser, A. (Hrsg.). Basiswissen Pädagogik. Unterrichtskonzepte und –techniken. Band 4, Entdeckendes Forschendes Genetisches Lernen. Baltmannsweiler, Scheider-Verlag Hohengehren.
- [2] Bönsch, M. (2000): Variable Lernwege: ein Lehrbuch der Unterrichtsmethoden. Paderborn, Schöningh.
- [3] Deci, E. L. / Ryan, R. M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39 (2), S.223-238
- [4] Der Brockhaus Computer und Informationstechnologie. Fachlexikon für Hardware, Software, Multimedia, Internet, Telekommunikation (2003). Leipzig, Mannheim, Brockhaus.
- [5] Duden Basiswissen Schule Physik. 5.-10. Klasse (2010). Mannheim, Bibliografisches Institut und Berlin, Duden Paetec.
- [6] Götz, R.; Dahncke, H.; Langensiepen, F. (2000). Handbuch des Physikunterrichts Sekundarbereich I. Band 2: Mechanik II. Köln, Aulis.
- [7] Heuer, D.: Induktiv-modellierendes Vorgehen mit dem Rechner als Werkzeug. In: Schneider, W.B. (Hrsg.). Wege in der Physikdidaktik. Band 2. Erlangen. Verlag Palm & Enke.
- [8] Kircher, E. (2007). Methoden im Physikunterricht. In Kircher, E.; Girwidz, R.; Häußler, P. (Hrsg.). Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Berlin Heidelberg; Springer, 160 – 162.
- [9] Kultusministerkonferenz (2004). Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Bildungsabschluss. Online unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf.
- [10] Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen (2007): Die Trickbox. Ein Leitfaden für die Praxis.
- [11] Radits, F. (2001): Umweltbildung rund um den Bauernhof: Integration von Fachausbildung, Pädagogik, Schulpraxis und Forschendem Lernen. In Posch, P., Rauch, F. & Kreis, I. (Hrsg.). Bildung für Nachhaltigkeit – Studien zur Vernetzung von Lehrerbildung, Schule und Umwelt. Innsbruck, Studienverlag.
- [12] Rincke, K.: Unsere Ohren lassen von sich hören. Psychoakustische Versuche mit dem Computer. In: NiU Physik (2009), Nr. 114, S. 28-31.
- [13] Rincke, K.: Programme zur Beschäftigung mit Klängen. In: NiU Physik (2009), Nr. 114, S. 37.

Links

Download der Arbeitsblätter zu diesem Beitrag:

http://mintec-hohenlohe.de/Infos_fuer_Lehrer.htm

Eine deutschsprachige Bedienungsanleitung für Audacity ist erhältlich unter

<http://www.audacity-forum.de/download/Audacity-Handbuch-deutsch-23-Jan-2005.pdf>

Allgemeine Informationen zu Audacity unter lehrer-online:

<http://www.lehrer-online.de/audacity.php>

Download der Software Audacity Serie 1.2 Windows Version 1.2.6 unter <http://www.audacity.de>

Informationen zu Audacity

auf den Internetseiten der Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen

<http://lehrerfortbildung-bw.de/werkstatt/sound/audacity/>

Artikel auf WELT online zum Thema „Stimmanalyse in der Forensik“

http://www.welt.de/print-welt/article631935/Stimmanalyse_verraet_Herkunft_des_Taeters.html

Jugend-forscht-Arbeit zur Visualisierung von Tönen

<http://www.asd-l.lauer1.com/html/indexmain.htm>

Eine interaktive Seite zur Fouriersynthese

<http://www.schulphysik.de/ntnujava/sound/sound.html>

Österreichische Seite mit Informationen für Lehrer zum Thema Akustik/Schall

<http://www.asn-linz.ac.at/eduhi/eduhi/full.php?url=../eduhi/kategorien.php?kthid=938>

Interaktives Akustiklabor des SWR

<http://www.planet-schule.de/warum/glaszersingen/themenseiten/t2/s1.html>