

Mit Magnetfeldern hören

Engelbert Stütz

Einführung

Die Klassen 7B und 7C des BRG Linz Hamerlingstraße setzten sich bei diesem Projekt mit „Barrierefreiem Hören“ auseinander. Dabei ging es um Schwerhörige und um das Verstehen beim Hören, also um Kommunikation. Es ging um technische Lösungen, wie Schwerhörige so wie gut Hörende barrierefrei am sozialen Leben teilnehmen können. Der Klassiker unter den angebotenen technischen Lösungen ist die so genannte Induktionsanlage [1]. Eine Induktionsanlage ermöglicht besseres Hören und Verstehen mit Magnetfeldern.

Projektschwerpunkte

- Eigenbau einer Induktionsanlage für einen großen Raum (Physiksaal)
- Klärung des physikalischen Hintergrundwissens zur Funktion der Induktionsanlage. Im Wesentlichen beschäftigten wir uns damit, wie man mit Magnetfeldern das Hören verbessern kann.
- Bau von Lern- und Experimentierstationen für eine Ausstellung „Explorama“. Wichtiger Bestandteil jeder Station war ein von Schülern ausgearbeitetes Arbeitsblatt zum Thema der jeweiligen Station.
- Das Explorama in Betrieb: Eine Woche lang konnten Schulklassen der Hamerlingschule für jeweils eine Stunde das Explorama buchen. Die Lern- und Experimentierstationen waren dabei von Schülern der Projektklassen betreut. Etwa 400 Schüler besuchten in diesem Rahmen das Explorama.
- Die Evaluation zum Abschluss des Projekts gab uns Auskunft über den Erfolg des Projekts und über Verbesserungsmöglichkeiten bei zukünftigen ähnlichen Projekten an der Hamerlingschule.

Warum mit Magnetfeldern hören?

Die Idee zu diesem Projekt entstand in Gesprächen mit Prof. Hans Marckghott. Er hielt im Frühjahr 2008 eine Informationsveranstaltung für Schülerinnen und Schüler der

Mag. Engelbert Stütz, unterrichtet am BRG Linz Hamerlingstraße und an der Johannes Kepler Universität Linz (Schulversuchspraktikum). Kovorsitzender des ÖPG-FA Physikdidaktik. Lehrerfortbildung APS an der PH Oberösterreich. E-Mail: engelbert.stuetz@liwest.at

Hamerlingschule zu den Themen „Hören, Schwerhörigkeit und barrierefreies Hören“. Prof. Hans Marckghott unterrichtete 30 Jahre Gehörlose und Schwerhörige. In dieser Zeit war er auch Direktor des Institutes für Hör- und Sehbildung in Linz.

Den Schülern und mir wurde klar, dass Schwerhörigkeit nicht darin besteht, dass man zu leise hört. Wäre das so, dann könnte man das Problem der Schwerhörigkeit dadurch lösen, dass man den Schall lauter macht. Das Problem liegt vor allem im Verstehen und damit in der Kommunikation. Nebengeräusche führen dazu, dass die wichtigen Informationen „untergehen“. Trotz ihres Hörgerätes haben schwerhörige Menschen oft große Probleme, einen Sprecher zu verstehen. Das kann zum Beispiel im Kino, im Theater, bei Vorträgen oder auch im Klassenzimmer der Fall sein.

Schuld daran ist auch die Funktionsweise des Hörgerätes. Es macht nicht nur Erwünschtes lauter, sondern auch störende Nebengeräusche. Sein Träger hört dann nur noch ein Stimmengewirr und ist kaum noch in der Lage, daraus die wichtigen Stimmen zu filtern.

Hilfe kann hier eine sehr einfache Anlage geben, die im Raum aufgebaut wird.

Von der Tonquelle – also etwa vom Mikrofon des Redners oder von der Musikanlage aus – gehen zwei Kabel weg. Das eine überträgt wie üblich das Signal über den Audio-Verstärker an die Lautsprecher, damit alle Anwesenden hören können. Alleine dadurch würden jedoch die Nebengeräusche in einem großen Raum viel zu laut sein, als dass Hörgeräte-Träger verstehen könnten. Man muss also dafür sorgen, dass bei Hörgeräten nur die Informationen ankommen, die von der Tonquelle ausgehen.

Die Induktionsanlage – eine einfache Lösung

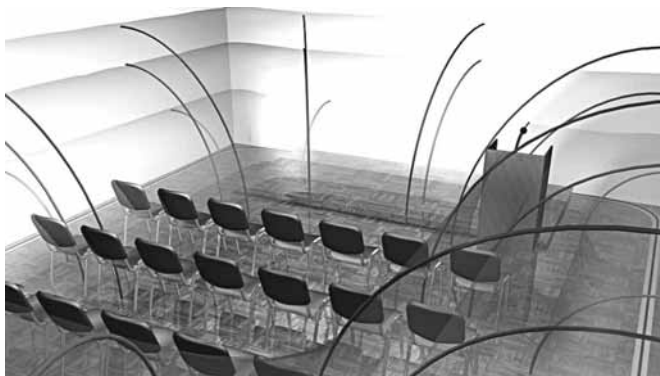
Ein zweites Kabel führt vom Mikrofon zum Verstärker der Induktionsanlage. Dieser funktioniert wie ein Audio-Verstärker. Statt des Lautsprechers wird jedoch ein einadriges Kabel an den Verstärker-Ausgang angeschlossen, das um den gesamten Raum gelegt wird. Der Strom, der in diesen Kabel fließt, erzeugt ein Magnetfeld. Das ändert sich wie der Schall, der ins Saal-Mikrofon gesprochen wird. Wenn beim Kauf eines Hörgerätes darauf geachtet wird, besitzt es eine sogenannte Telefonspule.

Möchte ein Hörgeräteträger in einem Raum mit Induktionsanlage diese nutzen, wird das Hörgerät mit einem Schalter von Mikrofon-Betrieb auf Telefon-Betrieb umgeschaltet.



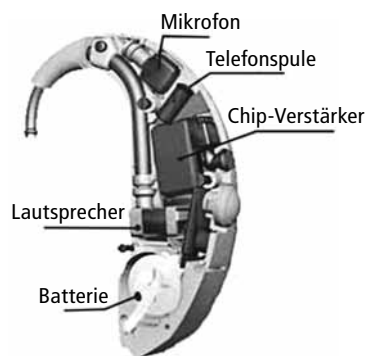
Darstellung einer Induktionsanlage

Magnetfeld induziert nämlich in der Telefonspule des Hörgerätes ein Signal. Der Ton gelangt somit direkt in das Hörgerät und kann klar und deutlich verstanden werden.



Der Strom in der Induktionsschleife erzeugt ein Magnetfeld, das den ganzen Raum erfüllt.

Bei der Vorführung der professionellen Induktionsanlage entstand die Idee, diese mit einem gewöhnlichen Stereoverstärker und schon vorhandenen Teilen aus der Physiksammlung nachzubauen. Vielleicht fehlte dann noch etwas, das man günstig in einem Baumarkt kaufen könnte.



Ein wichtiger Punkt des Projekts: Für die beiden Schulklassen und für mich bot sich die Chance, physikalische Konzepte zu Magnetismus und Elektrizität in einen bedeutenden Kontext einzubetten.

Projektverlauf

Einstieg und Erarbeitung des Grundlagenwissens

Wie oben dargestellt, erfolgte der Start des Projekts durch einen zweistündigen Vortrag zum Thema „Barrierefreies Hören“.

Vor Beginn der Teamarbeiten zur Entwicklung und zum Bau der Lern- und Experimentierstationen erarbeitete ich im regulären Physikunterricht physikalische „Basics“, das Hintergrundwissen, das die Schüler zur Entwicklung und zum Bau der Lern- und Experimentierstationen benötigen würden. Ich erarbeitete im Physikunterricht zum Thema „Elektrische Ströme und Magnetfelder“ diese Schwerpunkte:

- Das Magnetfeld
- Ströme im Magnetfeld
- Erzeugung magnetischer Felder durch Ströme
- Das Induktionsgesetz.

Zu Beginn war mir das Herausarbeiten der Bedeutung der Grundlagenforschung [2] ein besonderes Anliegen. Der Oberstufenlehrplan fordert in den Bildungs- und Lehraufgaben, die „Physik als Grundlagenwissenschaft (Welterkenntnis) und als angewandte Wissenschaft (Weltgestaltung)“ zu verstehen. [3]

Die Geschichte der Physik illustriert am Beispiel des Induktionsgesetzes die Zusammenhänge sehr deutlich. Eine bekannte Anekdote erzählt folgendes:

Nach einer der Vorlesungen von Michael Faraday über elektromagnetische Induktion fragte ihn ein damaliger Minister: „*Welchen praktischen Nutzen bringt Ihre Entdeckung?*“ „*Das weiß ich noch nicht*“, antwortete Faraday. „*Aber ich versichere Ihnen, dass Sie bald davon Steuer beziehen werden.*“ [4]

Die Vorgeschichte dazu: 1820 veröffentlichte Ørsted seine Beobachtungen über die Ablenkung einer Kompassnadel durch elektrischen Strom. Bald darauf wiederholten Michael Faraday und die physikalische Elite Europas (André-Marie Ampère, François Arago und andere) die Experimente Ørstedes. Von besonderem Interesse war für sie die „Umkehrung“, wie man Magnetismus in Elektrizität umwandeln kann („convert magnetism into electricity“) [5].

„*Grundlagenforschung ist ... im allgemeinen Verständnis der Wissenschaft rein erkenntnisorientierte und erkenntnisgetriebene Forschung, und sie hat etwas mit fundamentalen Fragen und Problemstellungen (in) einer Disziplin zu tun.*“ [3] Grundlagenforschung hat also keine möglichen technischen Anwendungen zum Ziel. Ergebnisse der Grundlagenforschung können allerdings weitreichende technologische und gesellschaftliche Entwicklungen auslösen. So geschah es auch mit dem Induktionsprinzip, das nach der Erfindung des dynamoelektrischen Prinzips alle Lebensbereiche der Menschen veränderte.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass zwischen Faradays Entdeckung 1831 und der ersten Erfindung des dynamoelektrischen Prinzips durch Søren Hjort [wikipedia] zwanzig Jahre liegen. Erst 35 Jahre nach Faradays Entdeckung, also 1866, erkannte Werner von Siemens die Bedeutung dieses Prinzips für den Bau von Dynamos. Das „Zeitalter der Elektrizität“ [6] konnte beginnen.

Entwurf und Bau von Lern- und Experimentierstationen im Unterricht

Ziel der nächsten Projektphase war die Planung einer interaktiven Ausstellung, die eine Woche lang geöffnet sein sollte. Wir nannten sie „Explorama Barrierefreies Hören“. Der Titel „Hören mit Magnetfeldern“ wäre vielleicht treffender gewesen. Die Schüler bildeten Teams. Sie hatten die Aufgabe, eine Lern- oder Experimentierstation rund um die Physik zum Thema „Hören mit Magnetfeldern“ zu erfinden. Vorbild dafür war das Science Center in Winterthur, das Technorama [7]. Ein Großteil der Schüler kannte es von einer Projektfahrt. Als Ort für das Explorama bot sich der „Kulturkeller“ der Schule an, ein etwa 200 m² großer Vielzweckraum, der sich für Ausstellungen eignet. Schulklassen sollten in einer Unterrichtseinheit die Ausstellung besuchen können. Um ein erfolgreiches Arbeiten im Explorama zu fördern, sollte zu jeder Station ein Arbeitsblatt entworfen werden.

Auf diese Themen für die Stationen einigten sich die Teams:

- Ein Modell einer Induktionsanlage
- Die Hörwand
- Das Ohr
- Der Hörraum
- Magnetbilder
- Elektrische Spannung – der Elektrophor
- Magnetfeld eines Stromes
- Ein Strom führender Draht in einem Magnetfeld
- Das Barlow-Rad
- Schallleitung: Kirchturmglöckchen im Ohr
- Induktion
- Wirbelstrombremsen

Nun begann die Zeit der Recherche, Suche nach Umsetzung von Ideen, Bau von Geräten,... Die Schülerinnen und Schüler arbeiteten selbständig an ihren Aufgabenstellungen. Ich unterstützte sie, wo es mir angemessen erschien. In 15 Physikstunden entstanden für die Lern- und Experimentierstationen Experimente, Plakate, PowerPoint-Präsentationen und Arbeitsblätter. Die Teams arbeiteten auch im Deutsch- bzw. BE-Unterricht an Inhalt und Gestaltung der Arbeitsblätter und der Plakate.

Das Explorama: Eröffnungspremiere

Endlich war es so weit: Das Explorama „Barrierefreies Hören“ wurde eröffnet. Eingeladen waren der Landesschulinspektor, der Obmann des Elternvereins, die Vertreter der Eltern im Elternverein, der Direktor, alle Lehrerinnen und Lehrer der Hamerlingschule und nicht zuletzt die Eltern der der am Projekt teilnehmenden Schüler.

Nach Statements des Direktors und des Landesschulinspektors stellten zwei Schülerinnen das Projekt vor. Zum Abschluss dieses Teils gab ich einen Überblick über das Kon-

zept der Ausstellung. An die Premierenbesucher ging die Aufforderung, mit Offenheit und Unbefangenheit die Stationen zu besuchen. Die Betreuer der Stationen würden sie dabei unterstützen. Das Motto sollte „Forschen – probieren – experimentieren“ sein. Die Besucher folgten der Einladung. Sie diskutierten angeregt mit den Schülern, die die Stationen betreuten. Eine Gruppe von Schülern hatte ein tolles Buffet vorbereitet. So wurde die Premiere zu einem Fest.

Eine Woche Unterricht im Explorama

Das Explorama konnte von Schulklassen für jeweils eine Stunde gebucht werden. Um die Arbeit im Explorama optimal zu unterstützen, war jede Experimentierstation immer durch mindestens eine Person betreut.

Die zweite wichtige Unterstützung für ein optimales Arbeiten war das Arbeitsheft, das jede Schülerin/jeder Schüler erhielt. 366 Schüler besuchten, betreut von ihren Lehrern, das Explorama „Barrierefreies Hören“ im Kulturkeller der Schule.

Diese Übersicht vermittelt einen Eindruck der Ausstellung



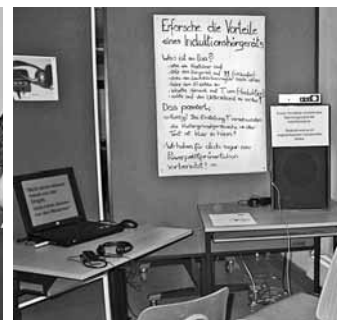
Modell einer Induktionsanlage
Etwas über Aufbau und Funktion einer Induktionsanlage erfahren



Hörwand
Wie klingt Musik bei verschiedenen Arten von Schwerhörigkeit?



Das Ohr
Präsentation über Aufbau und Funktion des Ohres



Der Hörraum
Erleben, wie man mit Magnetfeldern hören kann



Magnetbilder
mit Eisenfeilspänen sichtbar machen und mit Wachs fixieren



Elektrische Spannung – der Elektrophor
Den Unterschied zwischen Spannung und Strom verstehen



Magnetfeld
eines geraden Leiters



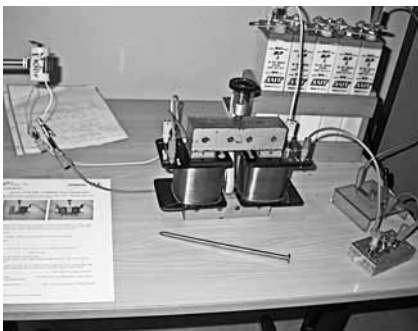
Lorentzkraft
Ein Strom führender Draht
in einem Magnetfeld



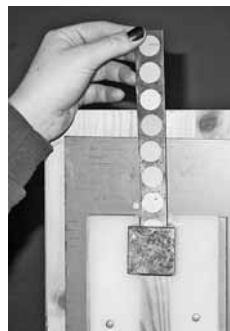
Das Barlow-Rad,
ein Elektromotor



Kirchturmglöckchen
im Ohr



Induktion
Der Motor dreht sich nur kurz beim Schließen
Das Kupferblech sinkt und beim Öffnen des Schalters, wird in der
linken Spule Spannung induziert



Wirbelstrombremse
Das Kupferblech sinkt langsam durch das
Magnetfeld

Diese Zitate von Schülern beschreiben gut, wie erfolgreich das Arbeiten mit den Besuchsklassen war:

„... Meine Erwartungen wurden mit den zahlreichen Besuchen unseres Exploramas deutlich übertroffen, da wir praktisch jeden Tag mehrere Klassen zu Besuch hatten. Die meisten Schüler waren sehr interessiert und auch die Lehrer scheuten sich nicht, die Versuche auszutesten. Es war sehr interessant, die begeisterten Gesichter und das Staunen an unserer Station zu beobachten und alles zu erklären. Mir machte die Arbeit großen Spaß, und ich wäre auf jeden Fall erneut mit vollem Eifer dabei und bereit, eine Station in der Gruppe zu organisieren, zu erklären und zu verstehen. ...“ (Julia.W.)

„... Meiner Meinung nach war dieses Projekt eine großartige Idee. Die Schüler verstanden, oder besser gesagt, mussten

diese Arbeit verstehen, denn ihre Aufgabe bestand darin, ihr Projekt den Besuchern zu demonstrieren. Man konnte an den Gesichtern der Besucher sehen, dass sie wirklich begeistert waren, dass in der Schule bereits so tolle Projektarbeiten möglich sind. Meine Mutter fand es auch sehr informativ und interessant, alle Stationen zu besuchen und zu erkunden. ...“ (Jessica W.)

„... Wir hatten uns vorgestellt, dass nur wenige Schüler sich für unsere Station interessieren, aber dem war nicht so. Die Betreuer unserer Experimente hatten rundum zu tun. Natürlich waren auch einige Schüler dabei, die nicht so interessiert waren. Diese Kinder wollten einfach nur Antworten für ihre Arbeitsblätter. Aber die Mehrheit experimentierte fleißig herum und ich glaube, sie hatten sehr viel Spaß dabei. Die Lehrkräfte waren auch total begeistert von unserer Arbeit. ...“ (Ferdinand W.)

„... Ich finde auch, dass das ganze Explorama ziemlich reibungslos verlief und die Zeiteinteilung für die Projektarbeit ausreichend war. Man hat auch bei der Ausstellung gemerkt, dass Schüler sowie Professoren gleichermaßen von unserer Arbeit äußerst begeistert waren und ich finde, es war ein Erfolg auf ganzer Linie. ...“ (Jessica E.)

Was lernen wir für zukünftige Projekte?

Das hat sich beim Projektverlauf bewährt:

Die Reihenfolge. Zuerst ein Vortrag eines Experten zum Thema „Schwerhörigkeit und barrierefreies Hören“, dann im Physikunterricht das physikalische Basiswissen über Elektromagnetismus vermitteln, dann die Teamarbeit mit dem Ziel, Experimentier- und Lernstationen rund um das Thema „Barrierefreies Hören“ entwickeln und bauen. Dazu gehörten auch Arbeitsblätter und Plakate zu jeder der Stationen.

Gut funktioniert hat, dass fast alle Aktivitäten in den Physikunterricht integriert waren. Dadurch war der zusätzliche organisatorische Aufwand minimal. Das Verfassen der Arbeitsblätter und das Gestalten der Plakate fanden zum Teil im Deutsch- bzw. BE-Unterricht statt.

Wirklich schlecht hat bei diesem Projekt nichts funktioniert. Wir hatten aus vorhergehenden Projekten gelernt, wie wichtig die Betreuung der Stationen war und dass die Arbeit der „Besuchsklassen“ strukturiert sein muss. Das erreichten wir besonders durch ein Arbeitsheft, das jeder Schüler im Explorama erhielt.

Eine Verbesserung erreichen wir durch die Schaffung einer personellen Infrastruktur, eines fixen „Explorama-Teams“ an der Hamerlingschule. Dadurch können Arbeitsspitzen, die anfallen, auf einen größeren Personenkreis aufgeteilt werden.

Science on Stage 2010/11

Eine Gruppe von drei Schülern entschied sich, gemeinsam mit mir das Projekt „Barrierefreies Hören“ für Science on Stage [8] zu adaptieren. Unter den neuen Experimenten, die wir dabei entwickelten, sei hier eines kurz vorgestellt. Wir fanden heraus, dass das Hören mit Magnetfeldern in einem sehr einfachen Experiment realisierbar ist.

Wir haben dazu folgende Materialien verwendet:

- Einen Audioverstärker (maximale Ausgangsleistung 150 W)
- ein 50m langes isoliertes Kabel mit einem Gesamtwiderstand von etwa 4 Ohm
- einen mp3-Player
- eine Trafospule (600 oder 1200 oder ... Windungen)
- einen Kopfhörer, Kabel zum Anschluss des mp3-Players am Eingang des Audioverstärkers
- 3,5 mm-Klinkenbuchse
- 2 Bananenstecker
- 2 Litzenkabel (0,5 bis 1 mm Durchmesser, etwa 5 cm lang)
- Schrumpfschlauch

Die Klinkenbuchse, die kurzen Litzenkabel, die Bananenstecker und den Schrumpfschlauch brauchten wir für einen Adapter, damit man den Kopfhörer an die Trafospule anschließen kann.

Vorbereitung des Experiments:

- Das lange Kabel im Raum auslegen und die Enden an einen Lautsprecherauszug des Verstärkers anschließen.
- Den mp3-Player an den Audioverstärker anschließen.
- Den Kopfhörer an die Trafospule anschließen, Kopfhörer aufsetzen.
- Audioverstärker einschalten, Audiodatei mit dem mp3-Player abspielen.

Was ist beim Experiment zu tun, worauf ist zu achten?

Man hält die Spule in die Nähe des Kabels und sucht Positionen, wo man die abgespielte Audiodatei lauter, leiser oder gar nicht hört.

Wie kann man verstehen, was passiert?

Hält man die Spule so, dass die Änderungsrate des magnetischen Feldflusses groß ist, so hört man im Kopfhörer die Musik laut, weil die induzierte Spannung groß ist. Dreht man die Spule in eine Position, wo sich der Feldfluss mit der Zeit (fast) nicht ändert, wird (fast) keine Spannung induziert. Man hört nichts mehr.

Wenn man mit einem 50 Hz-Ton zufrieden ist, genügt statt des mp3-Players und des Verstärkers ein Wechselstrom-

Netzgerät. Verwendet man nicht geglätteten Gleichstrom, so hört man den Ton eine Oktave höher.

Interessant für eine tiefere Untersuchung sind bei diesem Versuch weitere Dinge.

Hier werden sie nur aufgezählt:

- Die maximale Lautstärke, die man mit dem Kopfhörer wahrnimmt, ist bei 600 Spulenwindungen kaum anders als bei 1200.
- Je höher man die Windungszahl wählt, desto mehr fehlen hohe Frequenzanteile, die Musik klingt „dumpfer“.
- Dasselbe passiert auch, wenn wir statt des langen Kabels eine selbst hergestellte Spule mit 700 Windungen verwendeten.
- Der Strom im Kabel und damit das Magnetfeld ändern sich im Takt der Musik. Nach dem Induktionsgesetz ist die induzierte Spannung proportional zur Änderung des magnetischen Feldflusses. Man hört aber nicht die zeitliche Ableitung eines Musikstücks.

Bei der Auswahl der österreichischen Projekte für Science on Stage entschied die Jury, dass wir beim internationalen Finale im April 2011 in Kopenhagen [9] dabei sein sollten.

Literatur

- [1] Induktive Höranlagen - für wen und wozu? In <http://www.schwerhoerige-bayern.de/induktion.htm>
- [2] Österreichischer Wissenschaftsrat: Stellungnahme zur Bedeutung der Grundlagenforschung und ihrer Förderung. In http://www.wissenschaftsrat.ac.at/news/Grundlagenforschung_Endversion_Hompage.pdf
- [3] Lehrplan Physik Oberstufe. In http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11862/lp_neu_ahs_10.pdf
- [4] <http://www.versus-online.de/dt/anedknoten.html>
- [5] John Meurig Thomas: Michael Faraday and the Royal Institution: The Genius of Man and Place.
- [6] Friedrich Steinle: Elektrizität. In <http://www.enzyklopaedie-der-neuzeit.de/download/elektrizitaet.pdf>
- [7] Ein Science Center – Was ist das? In http://www.technorama.ch/fileadmin/user_upload/ueberuns/sciencecenter/sciencecenter_de.pdf
- [8] Science on Stage Österreich: <http://www.scienceonstage.at/>
- [9] Science on Stage Festival 16 – 19 April 2011 in Copenhagen Denmark <http://www.science-on-stage.eu/?p=3>

Alle Angaben aus dem Internet beziehen sich auf den Stand vom 09.12.2010