Physik im Kontext –
Ein Programm zur Förderung
der naturwissenschaftlichen Grundbildung
durch Physikunterricht

piko
Physik im Kontext

IPN

Gefördert durch das
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

und die Länder

Physik im Alltag

High Tech – Anwendungen
Low Cost – Freihandversuche

Werner Stetzenbach
Bodo Eckert
Hans-Jörg Jodl

Handreichung für die Unterrichtsentwicklung

Diese Handreichung ist ein Ergebnis der Zusammenarbeit von Prof. Dr. Hans-Jörg Jodl und StR i.H. Dr. Bodo Eckert von der Universität Kaiserslautern und StD Werner Stetzenbach vom Wilhelm-Erb-Gymnasium in Winnweiler.

Internet: www.physik-uni-kl.de/w_jodl/lc-ht.html
www.weg-winnweiler.de
www.science-on-stage.de

Verantwortlich für Zusammenstellung und Bearbeitung dieser Handreichung ist StD Werner Stetzenbach,
Wilhelm-Erb-Gymnasium, 67722 Winnweiler.
Email: Wilhelm_Erb_Gymnasium@t-online.de

Physik im Kontext wird gefördert durch das BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) und die Länder.

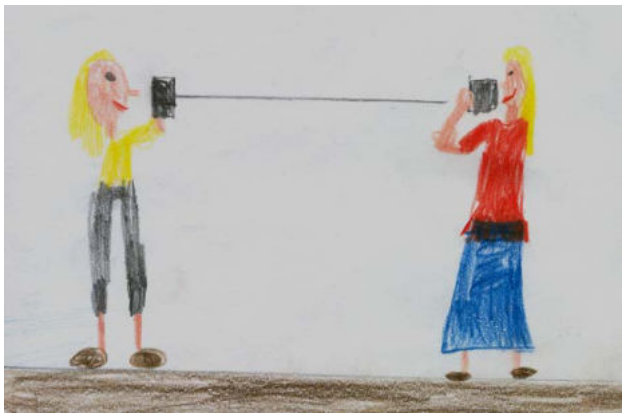
Das Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel koordiniert das Programm *Physik im Kontext* und kooperiert mit der Humboldt-Universität Berlin, der Universität Paderborn, der Universität Kassel und der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg.

Projektleiter: Prof. Dr. Manfred Euler
Kontakt: Dr. Christoph Thomas Müller, cmueller@ipn.uni-kiel.de
Sekretariat: Marianne Müller, pikosek@ipn.uni-kiel.de, Tel. 0431 880 4539
Internet: www.physik-im-kontext.de

Postadresse:
Physik im Kontext
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften
(IPN) an der Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24098 Kiel

Physik im Alltag

High Tech
als
Low Cost-
Experiment



Universität Kaiserslautern
Prof. Dr. Hans-Jörg Jodl
StR i.H. Dr. Bodo Eckert
Fachbereich Physik
D-67663 Kaiserslautern
www.uni-kl.de
www.physik.uni-kl.de/w_jodl/lc-ht.html

e-mail : jodl@physik.uni-kl.de
e-mail: eckert@physik.uni-kl.de

Wilhelm-Erb-Gymnasium
StD Werner Stetzenbach
D-67722 Winnweiler
www.weg-winnweiler.de

e-mail:
Wilhelm_Erb_Gymnasium@t-online.de

Inhaltsverzeichnis

1. Gesamtkonzeption……...2

2. Tipps für die Aufbereitung von Unterrichtsmaterialien……5

3. Unterrichtsmaterialien……...9

3.1. Abstandswarner - Ultraschall ……...10
3.2. Airbagsensor – Bewegungsanalyse……....14
ergänzend: - Didaktisches Umfeld
3.3. Barcodeleser……...……22
ergänzend: - Aufbau des EAN-Barcodes
- „Warum piepst es an der Kasse?“
3.4. Elektrische Zahnbürste……...……30
ergänzend: - Stundenplanung: Elektromagnetische Induktion
- Vergleich zu traditionellem Schulexperiment
3.5. Energiesparlampen ……41
3.6. Müllsortierung……45
3.7. Rauchmelder……..48
3.8. Regensensor……...53
3.9. Schüttel-Taschenlampe……..59
ergänzend: - Stundenplanung: Elektromagnetische Induktion
3.10. Touchscreen ……..63

4. Anhang……...69

Fragen, die immer wieder gestellt werden.....

5. Motivation pur……73

5.1. Laserabhöranlage……..…73
5.2. „Warum friert der Eisbär nicht?“…….……77

Kontext:

Physik im Alltag

Zusammenarbeit zwischen:

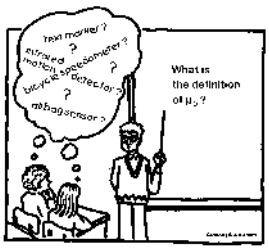
Universität Kaiserslautern
Prof. Dr. Hans-Jörg Jodl
StR i.H. Dr. Bodo Eckert
Fachbereich Physik
D-67663 Kaiserslautern
www.uni-kl.de
www.physik.uni-kl.de/w_jodl/lc-ht.html

e-mail : jodl@physik.uni-kl.de
e-mail: eckert@physik.uni-kl.de

Wilhelm-Erb-Gymnasium
StD Werner Stetzenbach
D-67722 Winnweiler
www.weg-winnweiler.de

e-mail:
Wilhelm_Erb_Gymnasium@t-online.de

Kurzbeschreibung:



Der Alltag von Schülern und Schülerinnen wird bestimmt von neuen Techniken und neuen Materialien. Diese moderne Alltagsumgebung bietet einen geeigneten Lernanlass im Physikunterricht, denn ganz elementare physikalische Prinzipien und Phänomene stecken in den modernen High-Tech – Anwendungen. Physikalische Inhalte lassen sich so praxisnah und motivierend erschließen. Ausgehend vom einem Schülern und Schülerinnen bekannten Alltagsgerät kann so das zu Grunde liegende physikalische Prinzip erfasst werden. Dies bedeutet eine Abkehr von der typischen Vorgehensweise, die viele Physikstunden prägt: Charakteristisch dabei, das physikalische Phänomen in einer „akademischen“ Manier einzuführen und dann vielleicht abschließend auf die Anwendung im Alltag lediglich hinzuweisen.

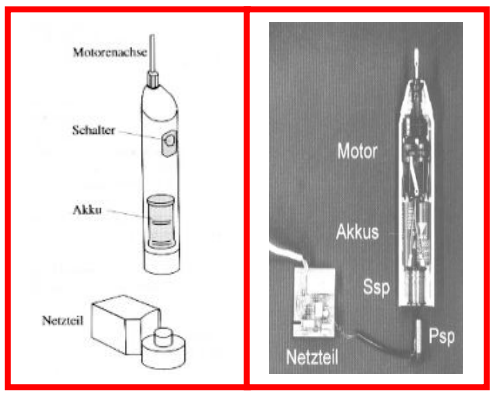
www.science-on-stage.de

Die Realisierung verbinden wir mit sog. Low Cost- High Tech- Freihandversuchen. Wir möchten damit eine Möglichkeit geben, moderne und für Schülerinnen und Schüler verschiedener Schul- bzw. Ausbildungsstufen attraktive technische Phänomene in den Unterricht einzubeziehen, ohne dabei das eigentliche Ziel – Physik zu unterrichten – aus den Augen zu verlieren.

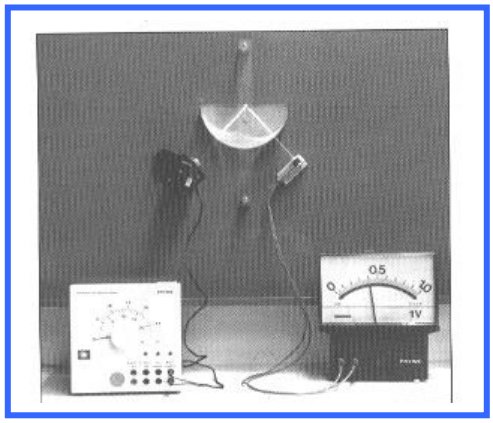
www.think-ing.de

Beispiele:

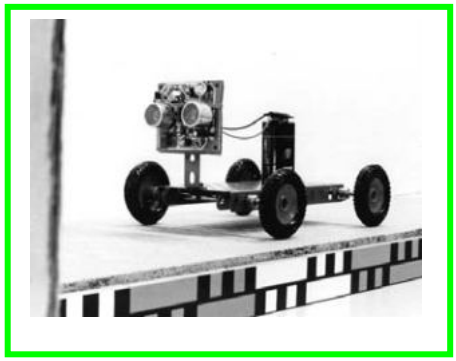
Man zerlegt eine elektrische Zahnbürste, sieht sich das Innenleben an, versucht mit leicht zugänglichen Materialien ein funktionierendes Modell nach zu bauen und erschließt in diesem Beispiel somit das Phänomen der Induktion und / oder die Gesetzmäßigkeiten des Transformators.

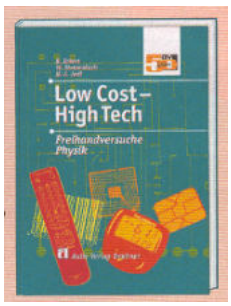


Die Frage, „Wie funktioniert ein Regensensor?“, der heute schon in vielen Autos eingebaut ist, und der bei Regen die Scheibenwischer automatisch einschaltet und steuert – interessiert gerade Schüler und Schülerinnen der Jahrgangsstufe 8 in der Optik auf dem Lehrplan steht. Das so motivierte physikalische Phänomen „Totalreflexion“ ist plötzlich faszinierend und direkt begreifbar.



Eine andere Variante ist dadurch gegeben, wenn man die Wirkung eines Gerätes betrachtet und damit physikalische Phänomene erklärt. So lassen sich z.B. mit dem Ultraschall-Abstandssensor Eigenschaften von Schallwellen untersuchen sowie ein interdisziplinärer Ausflug in das wohlbekannte Ortungssystem einer Fledermaus integrieren.





Buchveröffentlichung :
Eckert / Stetzenbach / Jodl:
Low Cost – High Tech Freihandversuche,
Aulis-Verlag Deubner, Köln, 2000
Best.-Nr. 335-02278

Bei der Entwicklung der Versuche wurde Wert auf folgende Punkte gelegt:

- **Berücksichtigung der (modernen) Alltags- und Erfahrungswelt der Lernenden. (High Tech)**
- **Möglichst breiter methodischer Einsatzbereich.**
  Durch Integration in geeignete Unterrichtsformen können auch die vielfach zitierten Schlüsselqualifikationen oder Methodenkompetenzen trainiert werden.
- **Kostengünstige Realisierung (Low Cost) durch Verwendung leicht zu beschaffender Materialien (z.B. aus Schulsammlung, Haushalt, Firmen).**
- **Rückführung einer High-Tech-Realisierung auf deren elementaren physikalischen Grundlagen (Bezug zum Lehrplan).**
- **Gut dokumentierte Beschreibung von Aufbau und Durchführung mit Illustrationen, Materialliste, Hinweise zum Bezug (falls notwendig) sowie physikalischer Erklärung.**
- **Durchführung innerhalb kurzer Zeit (Lehrplandruck, Stofffülle und geringe Unterrichtszeit sind keine blockierende Elemente).**
- **Berücksichtigung von interdisziplinären Fragestellungen.**
  Physikalische Bildung ist nicht isoliert und ausschließlich fachbezogen; sie ist vernetzt.
- **Verständnis der technischen Umwelt sowie Abbau von Ängsten und Technikfeindlichkeit.**
- **Vorbereitung auf Zukunft und moderne Arbeitswelt.**

→ **Physik ist nicht nur etwas, was mit speziellen Geräten in speziellen Physikräumen veranstaltet werden muss, sondern hat mit dem Leben außerhalb der Schule unmittelbar zu tun.**

→ **Schüler und Schülerinnen erkennen, dass die meisten technischen Errungenschaften, mit denen sie täglich umgehen, ohne Physik nicht realisierbar wären.**

→ **Lehrer und Lehrerinnen sehen die Alltagswelt durch die Brille der Jugendlichen und rücken näher mit ihnen zusammen.**

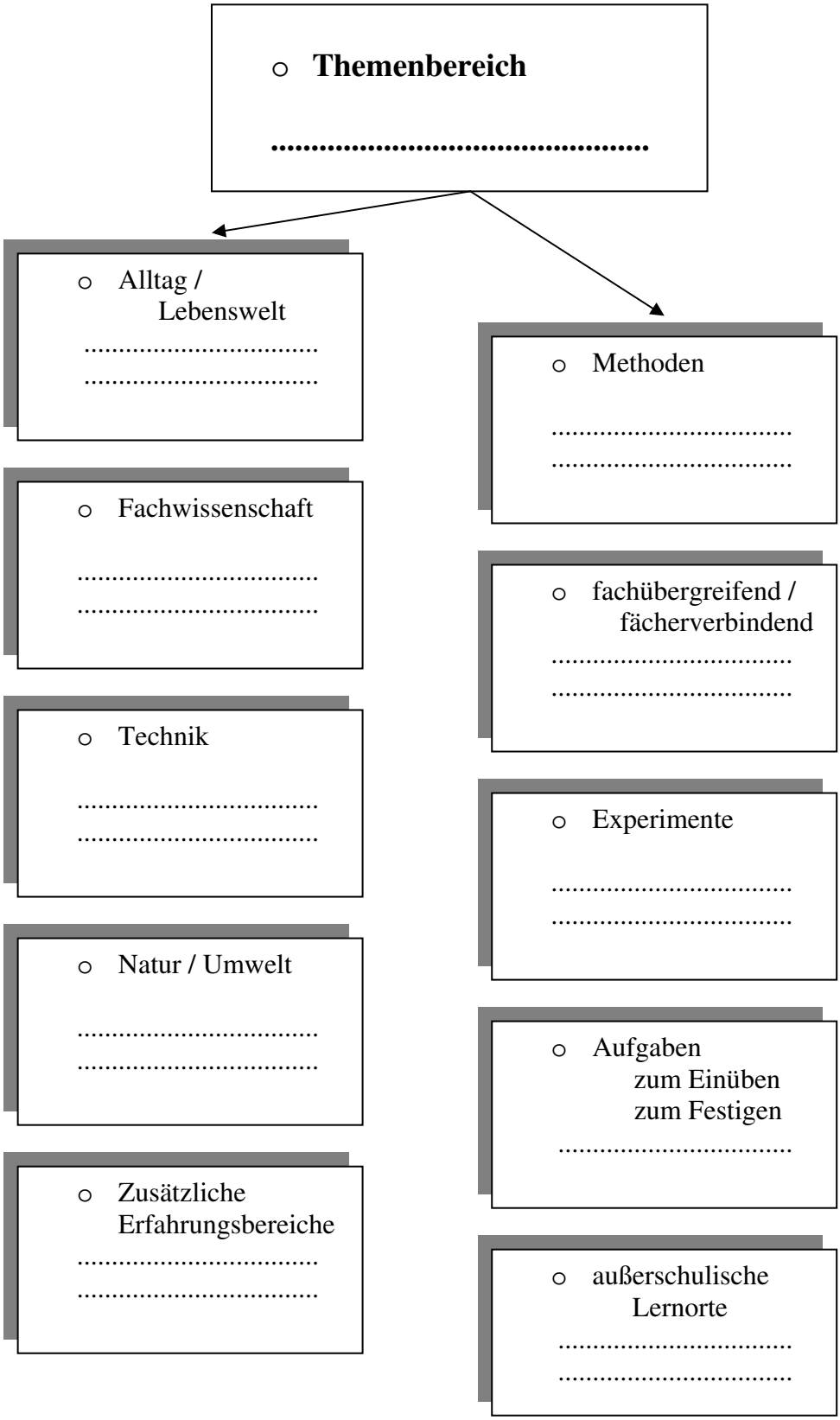
→ **Die Grundfrage „Wozu lerne ich Physik?“ kommt erst gar nicht auf.**

→ **Die Realisierung als Freihandversuch ermöglicht auch einen problemlosen Einsatz in der so immens wichtigen Motivationsphase des Unterrichts.**

Zielorientierte Gestaltung der Motivationsphase problemlos möglich.

Tipps für die Aufbereitung von Unterrichtsmaterialien

♦ **Planungsdiagramm für die Gestaltung einer Unterrichtseinheit**[1]



[1] Vgl. Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen bzw. Richtlinien für den Chemieunterricht in MNU 53 (2000) Nr. 3 , Anhang

♦ Kurzbeschreibung eines Experimentes / Projektes[1]:

Author of experiment: ……..……

e-mail address of the author: ……...

Name of experiment: …….……

Material needed for experiment:
……
……
……
……
……

Short description of experiment or puzzle:
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……

Main difficulty of setup : ……
……
……
……
……
……

Picture, if possible:

Teaching aim: .....

[1] Vorschlag: Workshop 8, Physics-on-Stage, Noordwijk 2003

♦ Typ. Aufbauschema einer Versuchsanleitung

Die Versuchsanleitung sollte nicht zu lang sein. Erfahrungsgemäß genügen zwei Seiten – aufgebaut nach folgendem Schema. Hinweise für Kolleginnen / Kollegen inklusive.[1]

Beispiel:

Charakterisierende Überschrift.

Barcode-Leser : Modell

Klassenstufenbereich, ab dem das Experiment sinnvoll einsetzbar ist, d. h. ab dem die physikalische Erklärung des Phänomens in Grundzügen verstanden werden kann.

Schwierigkeitsgrad des physikalischen Sachverhaltes für Lernende, wird mit einem bis drei schwarzen Punkten gekennzeichnet.

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI	Optik Elektrik	Reflexion Fotohalbleiter Binärcode	●●	■	ca. 1 Woche ca. 45 min. ca. 90 min.

Die prinzipielle Funktions-Weise eines Barcode-Lesesystems soll erarbeitet und demonstriert werden.

Hier werden physikalische Begriffe angegeben, mit deren Hilfe der Effekt oder das Phänomen abgegrenzt werden können. Die an dieser Stelle verwendeten Fachtermini sind auf Lehrbücher und Lehrpläne abgestimmt.

Ein bis drei schwarze Quadrate geben ein Maß für das notwendige manuelle Geschick des oder der Experimentierenden bei der Durchführung an. Ein Ausrufezeichen weist auf ein Sicherheitsrisiko im Rahmen der Versuchsdurchführung hin. *Sicherheitshinweise werden im Text kursiv angegeben.*

Ziel des Versuchs bzw. experimentelle Methode.

Nennung der klassischen physikalischen Themengebiete, in denen das Experiment angesiedelt ist.

[1] aus B. Eckert, W. Stetzenbach, H.J. Jodl : Low Cost – High Tech Freihandversuche, Aulis-Verlag Deubner, Köln 2000 S. 8-9

Vorlauf/Vorbereitung/Durchführung:
Die **Vorlaufzeit** ist eine grob bemessene Zeitangabe (Monate, Wochen, Tage), die berücksichtigt, dass für einige Experimente Informationsmaterialien, Muster oder Materialien von einschlägigen Firmen beschafft werden müssen. Falls notwendig, wird diese Zeitangabe zusätzlich im Text oder in einer Fußnote erläutert.
Die **Vorbereitungszeit** ist die Zeitspanne, die zur direkten Vorbereitung des Versuches (Versuchsaufbau) ungefähr notwendig ist, unter der Voraussetzung, dass die benötigten Materialien vorhanden sind.
Die **Durchführungsdauer** ist die Zeit, die der Versuch als Demonstrationsexperiment in Anspruch nimmt. In der Regel liegt sie zwischen 1 und 15 Minuten.

Anforderungsniveau:
● Der Effekt ist mit minimalen physikalischen Grundkenntnissen und intuitivem Verständnis oder Alltagserfahrung zu bewältigen.
●● Der Effekt ist mit Kenntnis der Schulphysik der angegebenen Klassenstufe nachvollziehbar.
●●● Der Effekt ist mit guter Kenntnis der Schulphysik und Zusatzinformationen zu verstehen.

Durchführungsniveau:
■ Steht für "niedrig". Der Versuch ist auch ohne Bedenken als Schüler- und Schülerinnenversuch einsetzbar.
■■ Steht für "mittel".

■■■ Steht für "hoch". Diese Versuche sind hauptsächlich als Demonstrationsexperimente gedacht, aber auch im Rahmen einer Fach- oder Projektarbeit realisierbar.
! Steht bei Versuchen, die ein Gefahrenpotential besitzen (z. B. Laser, siedendes Wasser, Hochspannung usw.).

Des Weiteren sollte eine Anleitung beinhalten:
- **Materialliste** evtl. mit Bezugsquellennachweis,
- **Versuchsskizze** und / oder **Foto**, zur Ergänzung der schriftlichen Anleitung und zur Erleichterung des Nachbaus,
- Beschreibung von **Vorbereitung** und Arbeiten, die im Vorfeld des Experiments, einschließlich des Aufbaus, zu erledigen sind,
- präzise Beschreibung der **Durchführung** mit Tipps und Hinweisen,
- Beschreibung der auftretenden Effekte oder **Beobachtungen** als Hilfe zur Erfolgskontrolle,
- **kurze physikalische Erklärung**, evtl. mit Literaturhinweisen,
- **Abschätzungen**,
- Angaben zum **methodischen Einsatz** im Unterricht,
- mögliche **Varianten**, Erweiterungen oder Vertiefungen.

Unterrichtsmaterialien

→ Experimente

Abstandswarner
- Ultraschall -

Begegnung im Alltag

Einmal einparken – 350.- Euro. Welcher Führerscheininhaber hat nicht schon mal negative Erfahrung gemacht? Abhilfe bringt ein sog. Abstandswarner. Er ist mittlerweile bereits vielfach serienmäßig in Fahrzeuge der Mittel- und Oberklasse eingebaut; kann sogar im Selbstbau nachgerüstet werden.

physikal. Prinzip

- **Ultraschall-Wellen**

Experiment

Anhand eines Ultraschall-Abstandswarners (Bausatz) kann dessen Arbeitsweise gezeigt werden. Zusätzlich auftretende Effekte ermöglichen die unterrichtliche Behandlung typ. Welleneigenschaften.

Projekte

- **Modellbau:** - Bau eines Fahrzeuges
- **Elektrotechnik:** - elektronische Bauteile
  - Aufbau einer elektronischen Schaltung anhand eines Schaltplanes
- **sonstiges**: - Löttechnik
  - Informationsbeschaffung z.B. bei Firmen / Internet
  - Facharbeit / Referat
- **Demo:** - Öffentlichkeitsarbeit

Abstandswarner: Ultraschall-Reflexion

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SII	Akustik	stehende Wellen Interferenz Reflexion	●●	■■■	einige Tage ca. 1 Stunde ca. 15 min.

Anhand eines selbst gebauten Ultraschall-Abstandswarners können dessen Arbeitsweise und die bei Reflexion auftretenden Effekte wie Interferenz und stehende Wellen gezeigt werden. Eine Bestimmung der Senderfrequenz ist so zusätzlich möglich.

Materialien

- Bausatz für Ultraschall-Parkhilfe (z. B. Elektronik-Versandhandel)
- Batterie 9 V mit Clip
- Lötkolben und Lötzinn
- Vielfachmessinstrument
- Maßstab
- Wagen (z. B. Lego, Märklin)
- Platten (z. B. aus Kunststoff, Schaumstoff, Styropor)
- Baumwoll-Stofflappen

Vorbereitung

Zuerst wird die elektronische Schaltung (Ultraschallsensor) erstellt, indem die einzelnen Teile nach Beschriftung auf die vorgesehene Platine gelötet werden. Alle Leitungsbahnen sind dort bereits vorgefertigt. Mithilfe der Batterie wird eine Spannung von 9 V an die vorgesehenen Lötstellen angelegt. Nun kann die Test- und Versuchsphase beginnen.

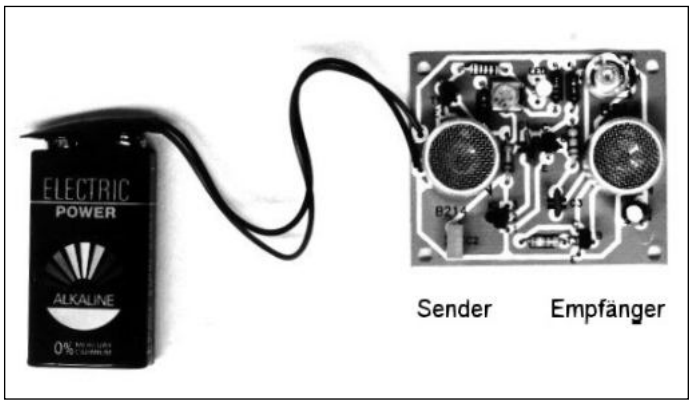


Abb. 1: Platine und Batterie

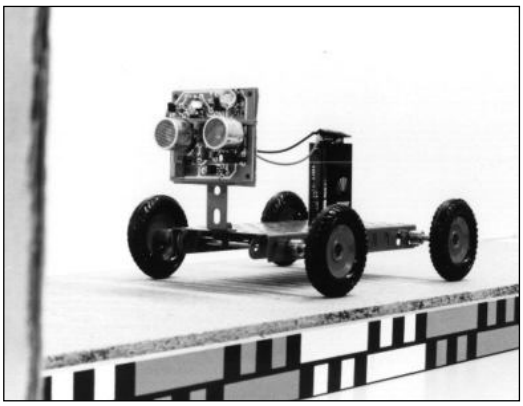


Abb. 2: Versuchsaufbau

Aufbau/Durchführung

Der Versuchsaufbau stellt den Fall dar, dass sich ein Auto, langsam fahrend, einem Hindernis nähert. Dazu werden der fertige Ultraschall-Abstandswarner und die 9 V Batterie auf den Wagen gestellt bzw. daran befestigt. Der Wagen wird neben eine liegende Messlatte gestellt, senkrecht zur Fahrtrichtung des Wagens wird im Abstand von ca. 60 cm die Kunststoffplatte platziert.

Nun bewegt man den Wagen mit der Hand langsam in Richtung der Kunststoffplatte und beobachtet dabei die LED auf der Platine, die bei Unterschreiten eines gewissen Abstandes aufleuchtet.

Fährt man den Wagen wieder zurück, so verschwindet das Signal beim Überschreiten des kritischen Abstandes von der Platte. Nun kann dasselbe noch einmal mit veränderter Empfindlichkeit des Sensors durchgeführt werden. Je nach Einstellung des Potentiometers vergrößert oder verkleinert sich der kritische Abstand Sensor - Platte.

Wenn man den Wagen auch nach dem ersten Aufleuchten der LED weiterhin langsam auf das Hindernis zu bewegt und die LED genau beobachtet, erkennt man, dass die Intensität des Lichtes nicht konstant ist, sondern periodisch fast auf Null sinkt und wieder maximal wird. Man misst nun die Abstände zwischen den Orten solcher Minima, indem man den Wagen sehr langsam bewegt.

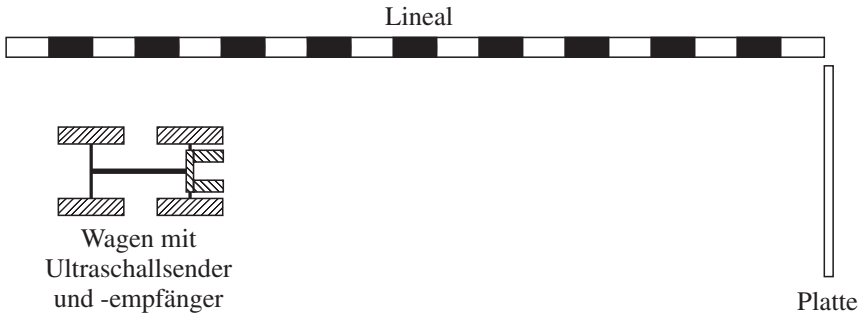


Abb. 3: Versuchsaufbau von oben

Ergebnis/Erklärung

Vom Sender des Abstandswarners werden Ultraschallwellen ausgesandt, deren Intensität mit der Laufstrecke abnehmen. Die an der Platte reflektierten Wellen werden vom Empfänger registriert. Ab einer gewissen, mit dem Potentiometer regelbaren Intensitätsschwelle des empfangenen Signals leuchtet die LED auf.

Die beobachteten Minima und Maxima entstehen durch konstruktive bzw. destruktive Interferenz der hin- und zurücklaufenden Wellen. Beim Ausmessen der Abstände zwischen den Minima erhält man als Mittelwert $d = 4{,}8$ mm.

Eine Verschiebung des Wagens um den Weg d zwischen zwei Minima bedeutet für die Wegstrecke der Welle eine Veränderung um $2d$ wobei $2d = \lambda$ gelten muss. Die Ultraschall-Wellenlänge in Luft beträgt also $\lambda = 9{,}6$ mm, die Frequenz des Senders etwa 35 000 Hz.

Variationen

Statt an einer Kunststoffplatte kann man auch die Reflexion an anderen Materialien testen. Für verschiedene Platten ergeben sich folgende kritische Abstände a:

Material	**Modell für**	***a*/cm**
Kunststoff	z. B. Mauer	43
Styropor		42
Pappkarton		43
Schaumstoff	z. B. Fußgänger	-
Baumwollstoff		29

Die Werte für Kunststoff, Styropor und Pappkarton sind im Rahmen der Fehlertoleranz ($\Delta a \approx$ 2 cm) gleich, deutlich niedriger ist hingegen der kritische Abstand beim Baumwollstoff, mit Schaumstoff wird selbst beim Abstand von 0 cm kein Signal beobachtet.

Methodische Hinweise
Der beschriebene Versuch kann sowohl als Demonstrationsexperiment als auch als Schüler- und Schülerinnenexperiment durchgeführt werden. Er eignet sich speziell auch für den Einsatz im Rahmen einer Projektwoche.
Weitere mögliche Versuche sind: Nachweis des Abstandsgesetzes $I \sim 1/r^2$ für punktförmige Sender, Bestimmung der Schallgeschwindigkeit nach der Phasendifferenzmethode, Entfernungsbestimmung nach der Laufzeitmethode, Beugung am Doppelspalt etc.. Für diese Experimente empfehlen sich allerdings die qualitativ besseren Sender und Empfänger der Lehrmittelindustrie.

Hinweis
Selbst haben sich dies die Techniker nicht ausgedacht. Sie haben es der Natur „abgelauscht". Eine Fledermaus bestimmt nach dem gleichen Ultraschall-Echo-Prinzip den Abstand zu ihrer Beute und kann damit auch nachts „sehen" bzw. auf Beutefang fliegen.

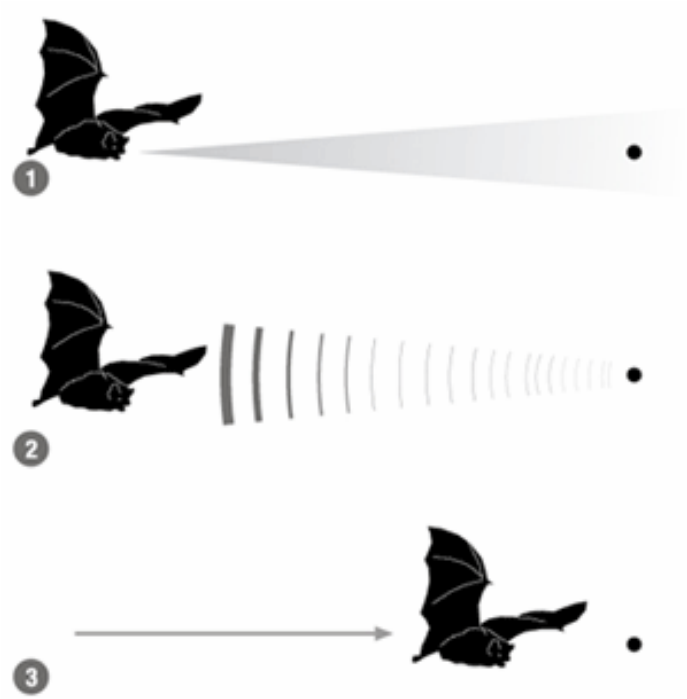


Abb. 4: Eine Fledermaus auf der Jagd nach Nahrung

1. Von der Fledermaus ausgehende Töne
2. Vom Objekt reflektierter Schall

Airbag-Sensor
-Bewegungsanalyse-

Begegnung im Alltag

In allen modernen Kraftfahrzeugen sind sogenannte Beschleunigungssensoren eingebaut. Dort erfassen sie Crash-Situationen und veranlassen ggf. das Auslösen des Airbags oder Verhindern das Schlingern und Kippen des Autos bei extremen Fahrsituationen (z.B. Elchtest).

physikal. Prinzip

- **Trägheit**
- **Kondensator / Kapazität**

Experiment

Ein für das Auslösen des Airbags im Kraftfahrzeug konzipierter Sensor ermöglicht die Erfassung von Beschleunigungen bei unterschiedlichen Bewegungsänderungen
- auch am menschlichen Körper.

Projekte

- **Elektrotechnik:**
  - Bauelemente
  - elektronische Steuerung
  - Mikrosystemtechnik
  - Messwerterfassung
- **sonstiges**:
  - Verkehrssicherheit / Automobilbau
  - fächerübergreifende Zusammenarbeit (Physik/Sport/Biologie/Technik/ Informatik/Medizin,.....)
  - Facharbeit / Referat
- **Demo:**
  - Öffentlichkeitsarbeit

Mikromechanischer Airbag-Sensor

- als Bewegungssensor in der Mechanik[1]

Sportliche Höchstleistungen begeistern Schüler jeder Altersstufe. Von jeher gehören deshalb Fragestellungen aus diesem Bereich zum Standardrepertoire eines Physikunterrichtes – insbesondere in der Mechanik der Sekundarstufe II. Dieser interdisziplinäre Ausflug ist deshalb ein sicheres Mittel, dem Fach Physik in den Augen der Schüler mehr Lebensnähe zu geben und es auch interessanter zu gestalten – zumal hierbei eigene Erfahrungen über Erfolge und Misserfolge in den Unterrichtsablauf gestaltend eingebracht werden können.
Voraussetzung für sportliche Höchstleistung ist u.a. auch die Gestaltung der Trainingseinheiten. Längst reicht nicht mehr die Erfahrung der Trainer, um Stil und Leistung ihrer Zöglinge zu verbessern. So gehören Notebook, Digitalkamera zur Basisausstattung und neuerdings wird sogar zur Trainingsoptimierung von Schwimmern[2] der aus der Automobiltechnik bekannte Beschleunigungssensor eingesetzt. Dort erfassen sie Crash-Situationen und veranlassen das Auslösen des Airbags oder verhindern das Schlingern und Kippen des Autos bei extremen Fahrsituationen (z.B. Elch-Test). Bei den Schwimmern hingegen registriert er alle leistungsrelevanten Beschleunigungsvorgänge; wie Absprung, Übergang vom Abstoßen zum Gleiten und der anschließenden Schwimmbewegung u.s.w.. Diese Möglichkeit der direkten Erfassung von Beschleunigungen kann nun im Physikunterricht ausgenutzt werden, um eine entsprechende Anschaulichkeit und Anwendung des zentralen Begriffes der Mechanik zu erhalten. Bisher führte nur der Umweg über Weg- und Zeitmessung zur Beschleunigung. Durch großzügiges Sponsoring[3] erhält man geeignete Sensoren für den Unterricht kostenlos. Mithilfe der angegebenen Beschaltung (siehe Versuchsanleitung) ist ein problemloser Betrieb möglich. Zur Signalerfassung genügt ein schulübliches Interface oder Speicheroszilloskop. Ausführliche Informationen zum Aufbau und Wirkungsprinzip des Beschleunigungssensors erhält man vom Hersteller oder auch aus den im Literaturverzeichnis angegebenen Artikeln [2 – 4].

Für unsere nachfolgenden Versuche benutzen wir den Beschleunigungssenssor SMB 060 der Firma Bosch. Dieser ermöglicht eine Erfassung der Beschleunigungen in x- und y-Richtung.
Zum Verständnis des Aufbaus bzw. der Funktionsweise betrachten wir den Sensor SMB 050, der lediglich ein Signal in x-Richtung erzeugt.

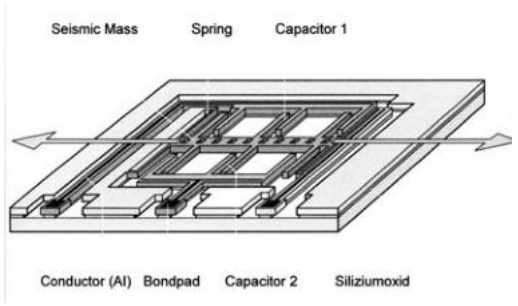
---

[1] W. Stetzenbach, B. Eckert, H.-J.Jodl, M. Blauth, M. Thomas: Mikromechanischer Airbag-Sensor, in: Praxis der Naturwissenschaften – Physik Heft 2, 2003 (14-17)
[2] Bild der Wissenschaft Heft1 2002, S. 90-93
[3] Robert Bosch GmbH, Geschäftsbereich Kraftfahrzeugausrüstung 8, Postfach 30 02 40, D-70442 Stuttgart. Fax: 0711-811 2841
www.bosch.com
AE.Microelectronics@de.bosch.com

Funktionsweise:

Der Beschleunigungsvorgang verursacht eine Auslenkung der an Biegefedern aufgehängten seismischen Masse. Die mit ihr verbundenen beweglichen Elektroden sind als Kondensatorplatten ausgebildet und jeweils mit einer feststehenden Gegenelektrode versehen. Lediglich ein schmaler Luftspalt trennt Elektrode und Gegenelektrode. Ein Verschieben der beweglichen Elektroden ergeben Veränderungen in den Kondensatoren C_1 und C_2; ein Kapazitäts-Spannungswandler wandelt diese Veränderung in einen entsprechenden Spannungswert um, der proportional zur Beschleunigung a ist. Mit geringem Schaltungsaufwand lässt sich diese Ausgangsspannung direkt messen bzw. als Signalspannung für ein Interface nutzen.

Airbag Sensor SMB 50 : Prinzipaufbau



Zusätzliche Literatur

[1] Butscher, R.: Trainer unterm Trikot. In: Bild der Wissenschaft (2002), Heft 1, S. 90-93
[2] Robert Bosch GmbH: Datenblatt Oberflächenmikromechanische Beschleunigungssensoren
[3] Brandt, R. : Der Airbag. In: Unterricht Physik 66 (2001), Heft 6, S. 29-34
[4] Kilian, U.: Airbagsensoren. In: Physikalische Blätter 57 (2001) Heft 9, S. 62-63
[5] Freytag, B. Keinen Augenblick ohne Physik. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik 46 (1997) Heft 7, S. 43-45
[6] Rodewald, B.; Schlichting, H.J.: Springen, Gehen, Laufen. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik 37 (1988) Heft 5, S. 12-15
[7] Eckert,B.; Stetzenbach, W.; Jodl, H. J.: Low Cost-High Tech Freihandversuche Physik. Köln: Aulis-Verlag, 2000. ISBN 3-7614-23278-4

Airbag – Sensor: Bewegungsanalyse

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI, SII	Mechanik Elektrik	Beschleunigung Trägheit Kapazität	● ●	■ ■	Wochen ca. 15 min ca. 10 min

Mithilfe eines kommerziellen kapazitiven Airbag-Sensors sollen Beschleunigungswerte typischer Bewegungsvorgänge am menschlichen Körper erfasst werden.

Materialien

- Airbag-Sensor (Bosch SMB 50, Best.-Nr. 0 273 101 143)
- Interface Cobra, Cassy o. Ä. auch Speicheroszilloskop geeignet
- Messsoftware
- PC
- BNC-Verbindungskabel

Schaltung:

- SMD-Europlatine (Elektronik-Versandhandel)
- 2 BNC-Einbaubuchsen
- Festspannungsregler 7805
- Diode 1N4148
- 2 Kondensatoren 0,1 µF
- Widerstand 10 kΩ
- Ein-/Ausschalter
- 9 V Batterie-Block
- Batterrieclip für 9V-Block
- Gehäuse mit Batteriefach

Vorbereitung

Zunächst müssen der Airbag-Sensor sowie die oben aufgeführten Bauteile besorgt werden. Zum schnellen Aufbau des elektronischen Schaltungsteils eignet sich eine SMD-Europlatine. Etwas aufwändiger ist die Herstellung einer speziellen Platine.

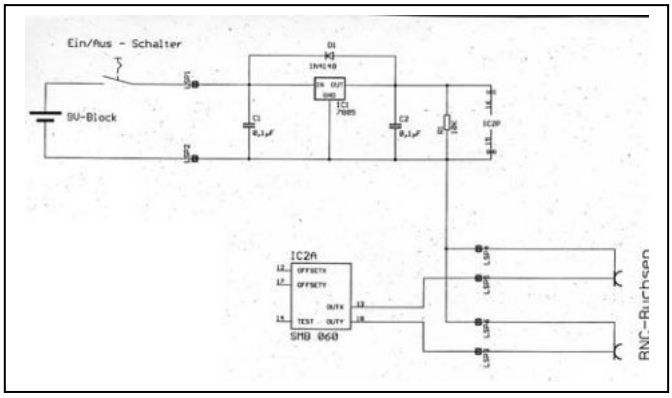


Abb. 1: Schaltplan[4]

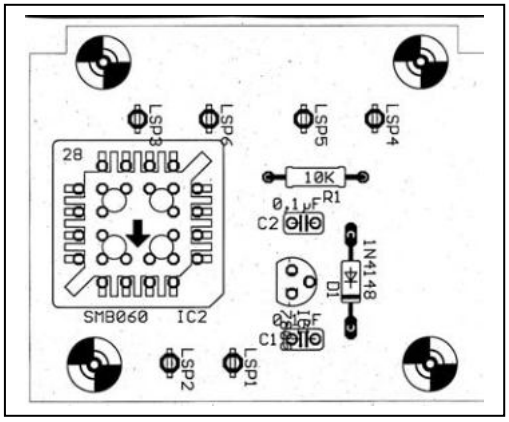


Abb. 2: Platine von oben

[4] Entwurf: Peter Stetzenbach, Meisterschule für Handwerker, Elektromechaniker-Abteilung, Am Turnerheim 1, D-67657 Kaiserslautern, Tel. 0631/3647423 (http://www.schulen.kaiserslautern.de/mhk).

Kalibrierung

Die Kalibrierung erfolgt sinnvollerweise über den „Freien Fall“ des Sensors. Entsprechend der Abb. 3) wird das Sensorgehäuse an einem Faden[5] befestigt. Dieser wird schließlich durchgebrannt, um störende Einflüsse zu reduzieren. In Abb. 4) ist das entsprechende Spannungs-Zeit-Diagramm wiedergegeben. Die genaue Ausmessung ergibt einen Wert von 55 mV für die vorliegende Beschleunigung von 1 g (= 9,81 m/s^2).

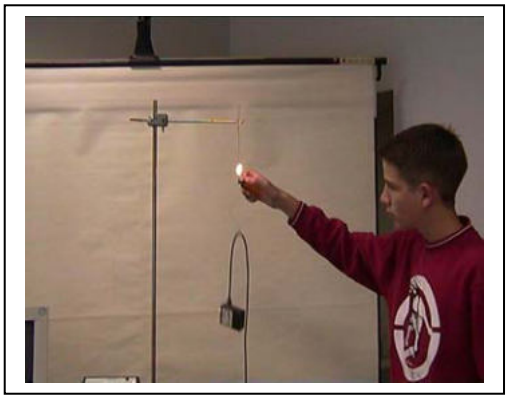


Abb. 3: Aufbau für Kalibrierung

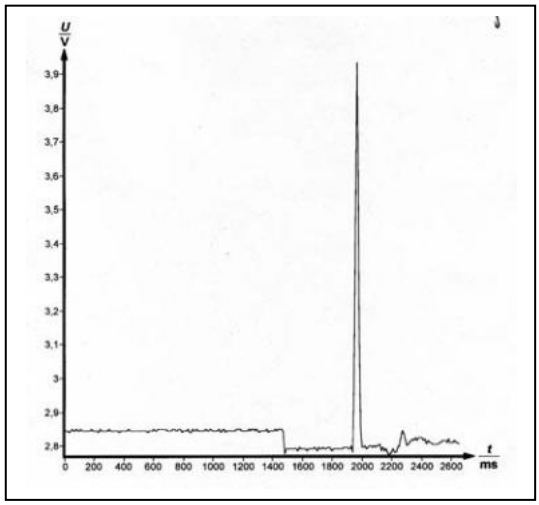


Abb. 4: Messdaten während der Versuchsdurchführung
(vor dem Start, freier Fall, Aufschlag, ...)

Durchführung / Ergebnis

Eine Versuchsperson hält das Sensorgehäuse mit geschlossener Hand und angewinkeltem Arm. Beim Ausstrecken erhält man den in Abb. 6) abgebildeten Verlauf des Ausgangssignals. Auf die Beschleunigungsphase mit $\approx$4g und einer Beschleunigungszeit von ca. 180 ms folgt die abrupte Bremsbewegung.

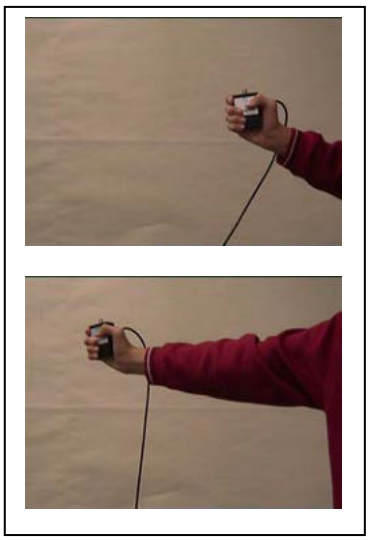


Abb. 5: Versuchsablauf

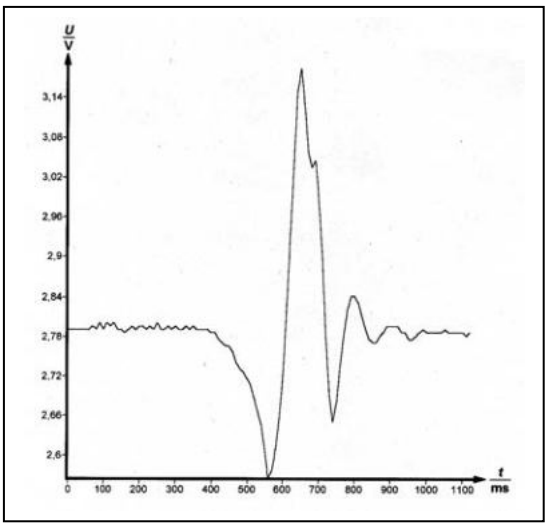


Abb. 6: Messdiagramm

[5] Vorschlag von B. Freytag : Keinen Augenblick ohne Physik. In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik 46 (1997) Heft 7, S. 43-45

Variation

- Vergleich von Beschleunigungswerten von Schüler und Schülerinnen unterschiedlichen Alters und Trainingszustandes.
- Analyse von Bewegungsvorgängen z.B. beim Laufen auf der Stelle – Vergleich: linkes – rechtes Bein; Erfassung einer evtl. Behinderung durch Verletzung oder bei Gehproblemen.
  Hinweis: Um Einflüsse der Hautbewegung zu vermeiden, ist eine Befestigung des Sensors mit einem EKG-Band zu empfehlen.
- Dämpfungsverhalten von Schuhen.
- Untersuchung des Dämpfungsverhaltens verschiedener Bodenbeläge; Untersuchung und Vergleich von Turnhallenböden.
- Elastizitätseigenschaften eines Fußballs: Ein Ball muss hüpfen – aber nicht zu „lebendig"; beim Schuss möglichst elastisch sein, beim Dribbeln aber am „Fuß kleben".
- Wegfausten eine geworfenen Balles – „Die Angst des Torwarts vor dem Elfmeter[6]" wird so Realität ..... .
- Beschleunigungsvorgänge beim Tennisschläger: Untersuchung von Schlägertypen bzgl. Dämpfung, Kraftwirkung auf Armgelenke bzw. Armmuskulatur.

Der Sensor ist ebenso zur Untersuchung typischer Beschleunigungsvorgänge geeignet, die man üblicherweise nur über die Aufnahme eines Weg-Zeit-Diagramms zeitaufwändig untersuchen konnte; z.B.:

- Aufzeichnung von Schwingungsvorgängen durch Befestigung des Sensors an einer Feder.
- Aufzeichnung der Schwingung einer Stimmgabel: Stimmgabel mit dem Fuß direkt auf den Sensor aufsetzen. Anstelle des PC ist hier auch ein Oszilloskop zur Darstellung ausreichend.
- Analyse von Beschleunigungsvorgängen einer Lautsprechermembran. Achtung: Beschleunigung leicht $\neq$ >>35g !(man staune!!!!).

Methodischer Einsatz

Der Versuch lässt sich in jede Phase des Unterrichts integrieren und kann auch von Schülern und Schülerinnen selbst durchgeführt und ausgewertet werden. Eine Stärke des Experimentes liegt dabei in der Möglichkeit, Beschleunigungen mit recht einfachen Mitteln direkt messen zu können und damit auch eine Abschätzung wirkender Kräfte zu ermöglichen.
Der interdisziplinäre Einsatz in Verbindung mit Sport ist besonders motivierend. Empfehlenswert ist es, Kontakt mit einer Sporthochschule aufzunehmen und sich weitere Informationen zu besorgen. Das Thema ist deshalb als Projekt oder Facharbeit bzw. Arbeit im Bereich „Jugend Forscht" sehr gut geeignet.

Erweiterung

Die beschriebene Sensoreinheit kann anstelle der im Buch „Low Cost-High Tech Freihandversuche, Aulis Verlag Deubner, Köln 2000" auf den Seiten 22-25 beschriebenen Sensors benutzt werden.

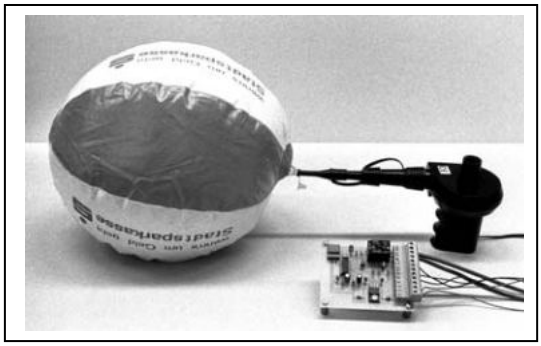
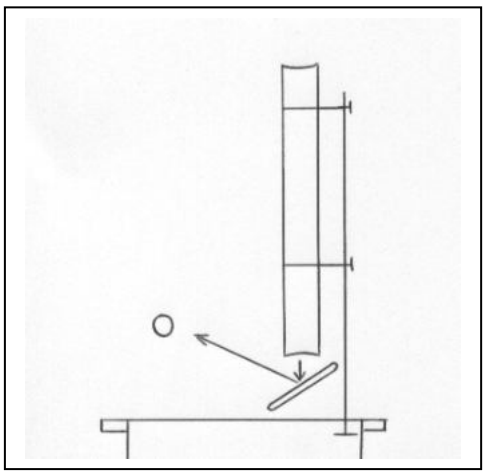


Abb.6: Auslösung eines „Modell-Airbags"

[6] P. Handke: Die Angst des Tormanns beim Elfmeter. SUHRKAMP VERLAG KG.



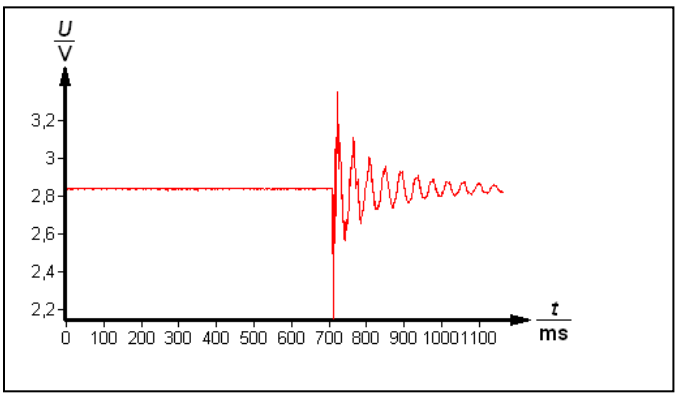
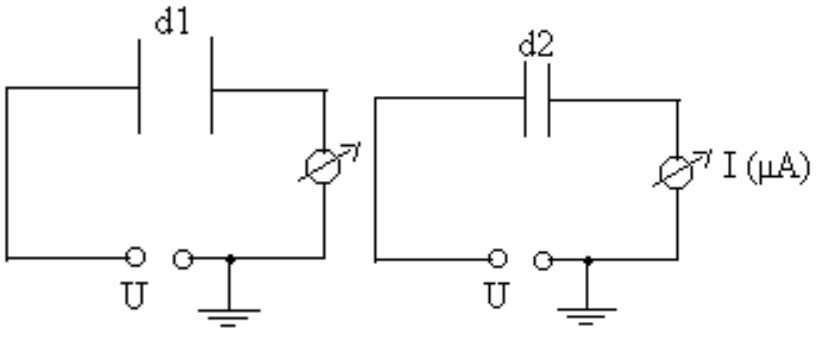


Abb. 7: Schwingungen eines Tennisschlägers
- Versuchsaufbau und Messbeispiel

Didaktisches Umfeld

- **Physikalische Betrachtungsweise**
  z.B. Massenträgheit
- **Sicherheitsaspekt**
  z.B. Sicherheitsrisiken durch Falsch-/ Fehlauslösung
- **Zukunftsorientierung**
  z.B. Angstabbau vor neuen Techniken
- **Interdisziplinarität**
  z.B. Themen übergreifend (Einsatz im Automobilbau, Sport, Medizin, ...)
  fächerübergreifend (Physik, Sport, Biologie, Technik, Informatik, Sozialkunde)
- **Physik, Technik, Arbeitslehre, Informatik, Mikrosystemtechnik**
- **Methodenkompetenz**
  Informations- und Materialbeschaffung
  z.B. Firmenkontaktion, www ....
  Informationsverarbeitung und –aufarbeitung
  Arbeits- und Zeitplanung
  Teamwork
  Präsentation von Ergebnissen
- **Problemlösungsstrategien**
  z.B. alternativer Einsatz, Auffinden von geeigneten Versuchsobjekten
- **Manuelle Fertigkeiten**
  z.B. Basteln, Experimentieren, Umgang mit Werkzeug
- **Motivation und Lernen durch Alltagsbezug**
  „sinnstiftende“ Kontexte nicht nur aus Technik und Natur

Zur Verdeutlichung des Sensor-Prinzips ist das folgende Experiment geeignet:



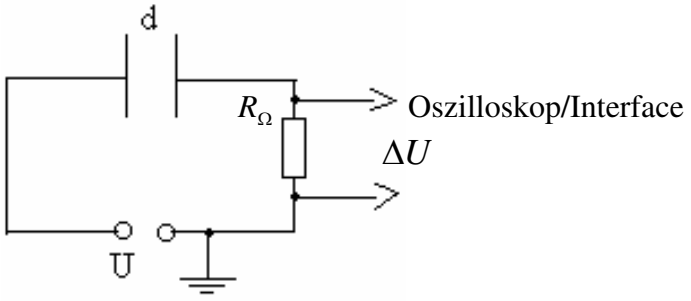
$d_2 < d_1$

$Q_2 > Q_1$ **Q ~ 1/d**

Mit der Veränderung des Plattenabstandes verändert sich der Ladungszustand des Kondensators – vorausgesetzt U ist fest.

- $d \downarrow$: - Q wird auf $Q + \Delta Q$ erhöht, d.h. im angeschlossenem Stromkreis muss Ladung ΔQ in den Kondensator hineinfließen
  - fließende Ladung heißt Stromfluss
- $d \uparrow$: - Q wird auf $Q - \Delta Q$ erniedrigt, d.h. im angeschlossenem Stromkreis muss Ladung ΔQ in den Kondensator herausfließen
  - fließende Ladung heißt Stromfluss

Bei einer Plattengröße von typ. 800 cm^2 und einer angelegten Spannung von 300 V lässt sich problemlos ein Stromstärkebetrag im µA – Bereich registrieren. Die zugehörige Abstandsänderung beträgt ca. 10 cm. Zu beachten ist natürlich, dass sich beide Platten auch bei Abstandsverringerung nicht berühren dürfen – Kurzschluss und Defekt des Messgerätes.



Der Stromfluss ΔI bewirkt über R_Ω einen nach $\Delta U = R \cdot \Delta I$ bestimmbaren Spannungsstoß; dieser kann als Maß für die Beschleunigung dienen, wenn die Platten durch Verbindung mit kleinen Federn praktisch Teile eines dynamischen Kraftmesssystems sind ($F = m \cdot a \leftrightarrow F \propto a$).

Barcodeleser

Begegnung im Alltag

Fast jedes Produkt, das wir heute kaufen, trägt ein sog. Barcode-Etikett. In vielen Geschäften gibt es Scanner-Kassen oder entsprechende Lesegeräte an den Kassen, die den Code abtasten und von einem Rechner Artikelbezeichnung und den Preis abrufen.

physikal. Prinzip

- **Lichtreflexion**

Experiment

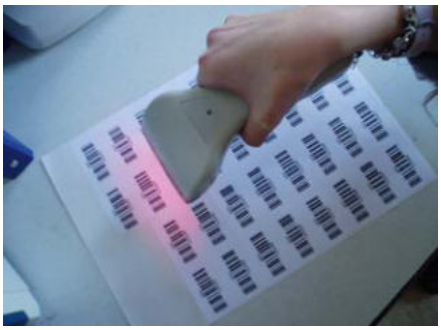
Mit einem von Schülerinnen und Schülern selbst hergestellten Barcodeleser, können elektrische Ströme in Abhängigkeit vom Reflexionsvermögen eines Strichcodes gemessen werden.

Projekte

- **Modellbau:** - Bau des „Lesegerätes“
- **Elektrotechnik:** - elektrischer Stromkreis
  - optoelektronische Bauelemente
- **sonstiges**: - Codierung elektr. Information
  - Aufbau eines Barcodes
  - Zahlensysteme / Dualsystem
  - Facharbeit / Referat
  - Arbeitsplatzabbau

Demo: - Öffentlichkeitsarbeit

Barcodeleser



Fast jedes Produkt, das wir heute kaufen, trägt ein sog. Barcode-Etikett. In vielen Geschäften gibt es Scanner-Kassen oder entsprechende Lesegeräte an den Kassen, die den Code abtasten und von einem Rechner Artikelbezeichnung und den Preis abrufen. Beides erscheint dann auf dem Display an der Kasse und auf dem Kassenzettel. Vielfach wird gleichzeitig auch das entsprechende Lagerungs- und Einkaufssystem aktualisiert.

Das Lesesystem aller Barcodelesertypen arbeitet eigentlich nach dem gleichen Prinzip. Ein Lichtbündel wird über das Strichmuster geführt und das reflektierte Licht fällt auf einen fotoelektrischen Detektor. Hierbei werden die hellen bzw. dunklen Stellen in entsprechende unterschiedliche elektrische Signale umgewandelt.

Es ist deshalb gar keine große Hexerei sich selbst einen kleinen Barcodeleser herzustellen. Trotz seiner Einfachheit, arbeitet er nach dem gleichen Prinzip wie seine großen Brüder.

Barcodeleser: Handscanner

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI	Optik Elektrik	Reflexion Fotohalbleiter Binärcode	●●	■■■	ca. 1 Woche 1 Stunde 90 min.

Schüler und Schülerinnen stellen selbst einen Barcode-Leser her, mit dem sie elektrische Ströme in Abhängigkeit von weißen oder schwarzen Balken eines Strichcodes messen.

Materialien

- Fotodiode SFH 203
  optional: Fototransistor BPW 40
  mit Vorwiderstand 4,7 kΩ
- Linsenlämpchen 3,7 V mit Fassung
  optional: weiße LED mit Vorwiderstand 220 Ω
- Batterie 4,5 V (Aufbau mit Fototransistor: 2 Batterien)
- Lüsterklemmenleiste
- Multimeter
- Holz- oder Kunststoffklotz
  (ca. 70 mm x 25 mm x 25 mm)
- ein schwarz-weißer EAN-Strichcode (Abb. 1)
- Kabelmaterial
- Lötkolben mit Zubehör
- Lineal mit Bleistift
- schwarzes Papier
- Klebeband
- Bohrmaschine mit Bohrern:
  4 mm, 6 mm, 10 mm

Vorbereitung

Die elektrischen Bauteile können im Elektronikversand bestellt oder im Elektronik-Fachgeschäft kostengünstig gekauft werden. Holz bzw. Kunststoff ist im Baumarkt erhältlich, evtl. kann man sich hier schon ein oder zwei Klötzchen zusägen bzw. zusägen lassen.

Abb. 1: Typischer Barcode (EAN)

Durchführung

1. Anfertigen des Lesekopfes[1]

Dazu muss zuerst ein Holz- oder Kunststoffklotz in etwa der oben angegebenen Größe zurechtgesägt werden. Dann werden mit einer Bohrmaschine Löcher nach Abb. 2 in den Klotz gebohrt (Bemaßung in mm). Benutzt man eine weiße LED in der Beleuchtungseinheit, so genügt hier auch eine Bohrung von 6 mm Durchmesser.

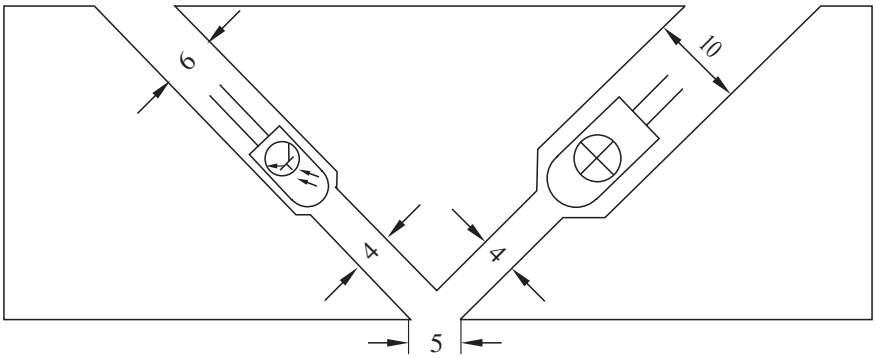


Abb. 2: Aufbau des Handscanners im Schnitt

Wenn die untere Öffnung, an der beide Bohrungen zusammenlaufen, breiter als 5 mm wird, kann man sie mit schwarzem Papier und Klebeband zu einem schmalen Schlitz teilweise abkleben (Verbesserung der Ortsauflösung). Nun fertigt man mit Hilfe von Lötkolben und Leitungen zwei elektrische Schaltkreise an (Abb. 3).

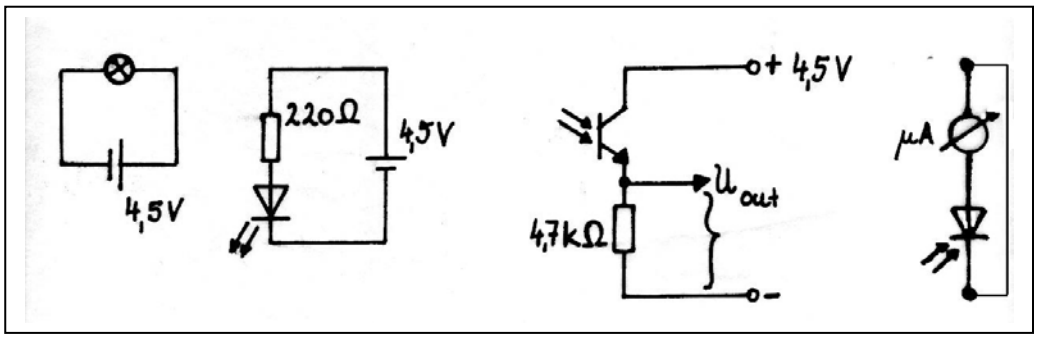


Abb. 3: Schaltskizzen
von links: Beleuchtungseinheit mit Glühlämpchen, Beleuchtungseinheit mit LED, Sensoreinheit mit Fototransistor, Sensoreinheit mit Fotodiode als

Die Fotodiode / Der Fototransistor wird nun in die 6 mm starke Öffnung gesteckt, das Linsenlämpchen in die 10 mm starke.

Als Halterung für Fotodiode / Fototransistor oder LED und der entsprechenden Widerstände genügt auch eine Lüsterklemmenleiste (siehe Abb. 4) – so kann das Löten vermieden werden.

[1] Idee von H. Schmidt: Moderne Technologien im Physikunterricht; Aulis Verlag Deubner, Köln 1986. Vgl. auch R. Götz, M. Dahnecke, F. Langensiepen (Hrsg.): Handbuch des Physikunterrichts SI, Band 4/II: Optik, Aulis Verlag Deubner, Köln 1995.

Außerdem muss auf dem Holz- oder Kunststoffblock an der Frontseite eine Markierung angebracht werden, und zwar an der Stelle, wo auf der Unterseite die schlitzförmige Öffnung ist.

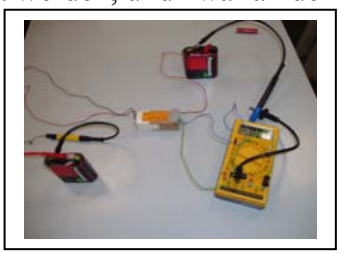
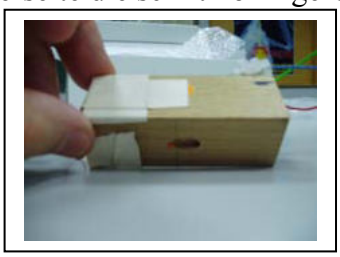


Abb. 4: Gesamtaufnahme



2. Anfertigen des Strichcodes
Dazu wird z. B. der beigefügte EAN-Code hochkopiert (möglichst schwarz-weiß). Der so vergrößerte Strichcode sollte etwa die Größe eines DIN A4-Blattes im Querformat haben.

Auf diesem Blatt klebt man eine Millimeterskala knapp unterhalb des Barcodes auf, beginnend am linken Rand.

3. Einlesen des Strichcodes
Man setzt den Scanner auf den Strichcode, fährt ihn mithilfe der Markierung auf dem Klotz und der Skala auf dem Papier in Millimeterschritten ab, und liest jeweils die Spannung ab.

Auswertung
Man erhält eine Abbildung des Schwarz-Weiß-Musters auf eine Berg- und Tal-Folge der Stromstärke in Abhängigkeit des Weges (Fotodiode: typ. Messbereich 200 µA; Fototransistor: die Spannungswerte liegen - je nach Reflexionsgüte des Materials und der Justierung - zwischen 0,10 und 3 V). Wenn man dem schmalsten Maximum und dem schmalsten Minimum jeweils die 1 zuordnet, erhält man mit Rücksicht auf verschiedene Streifendicken eine 1-2-3-4-Kette; durch Umsetzung schließlich die gewünschte digitale 0-1-Information die sich mit dem PC leicht weiterverarbeiten lässt.
Verwendet man anstelle eines realen Codes einen Code bestehend aus gleich breiten schwarzen und weißen Streifen, so kann man direkt eine 0-1-Zuordnung festlegen.

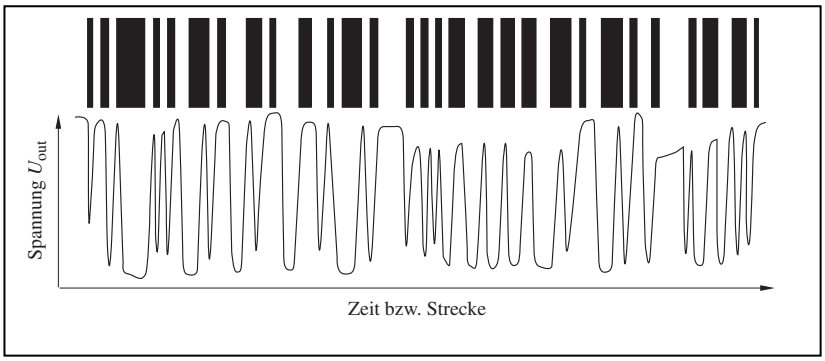


Abb. 5:

Variationen
Statt das Signal mit einem Multimeter aufzunehmen und die Messwerte in ein Diagramm einzutragen, kann auch ein Digitalmultimeter eingesetzt werden, das die entsprechenden Messwerte direkt auf den PC überträgt, um die Weg-Spannungs-Kurve zu erhalten.

Methodische Hinweise
Das Experiment kann in unterschiedlichem Ausmaß von Lehrer oder Lehrerin vorbereitet werden. Fächerübergreifend kann die Holz- oder Kunststoffbearbeitung des Scanners auch parallel im Werkunterricht erfolgen.
In der Informatik oder der Mathematik lassen sich die Codierung und die Digitalisierung besprechen.

Zusatzinformation
- Aufbau des EAN-Barcodes
- Warum „piepst“ es an der Kasse?

Was man weiß, was man wissen sollte:

- **Aufbau des Barcodes**
  Der einfachste Aufbau eines Barcodes könnte aus gleich breiten schwarzen und weißen Balken bestehen, die abwechselnd aufeinander folgen. Man könnte dem schwarzen Balken die Ziffer Null (0) und dem weißen Balken die Eins (1) zuordnen. In einer 0-1-Folge können die entsprechenden Informationen gespeichert und später abgerufen werden. Nachteilig wären hier allerdings die sehr langen Folgen, um die erforderliche Information zu speichern.

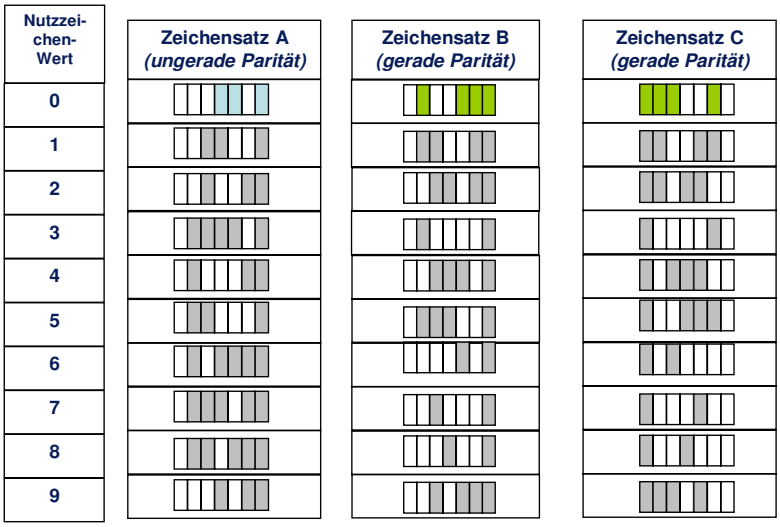


Abb.6 : Zuordnung Ziffern – Strichmuster[1,2,3]

Beim häufig verwendeten so genannten **EAN-Code** ***(European Article Numbering-Code)*** (siehe Abb. 1) wird die Information in einer Ziffernfolge gespeichert; wobei jede Ziffer durch vier Elemente, nämlich zwei Streifen und zwei Zwischenräume dargestellt wird, die wiederum in vier verschiedenen Breiten vorkommen können. Die Summe der Breitenelemente ist jeweils sieben – ein Teil des Fehlererkennungssystems. Abb. 6 gibt die Zuordnungen wieder. Es ist gleichgültig, ob das erste Element ein Streifen oder ein Zwischenraum ist. Auch können die einzelnen Ziffern in beiden Leserichtungen erkannt werden. So wird die Folge 1-2-3-1 als „5“ erkannt, ebenso wie die Folge 1-3-2-1. Die am Anfang und am Ende angebrachten etwas längeren Doppelstriche kennzeichnen Start und Ende des Lesens. Damit wird die zum korrekten Lesen und der Berechnung der Breiten-

zuordnung notwendigen Zeitnormierung ermöglicht. Das Signal wird dann vom sog. Decoder des Barcodelesers in die einzelnen Ziffern des Codes aufgeschlüsselt. Die decodierten Daten werden anschließend in traditionellem Format an den angeschlossenen PC übertragen.
Der Code ist natürlich insgesamt standardisiert. So stehen die ersten beiden Ziffern stehen stellvertretend für das Land (z.B. 39, ..., 43: für Deutschland). Die nächste Ziffernfolge ist die Kennzeichnung der Herstellerfirma. Nach dem verlängerten Doppelstrich in der Mitte folgt die ebenfalls fünfstellige Artikelnummer. Die letzte Zahl ist die so genannte Prüfziffer. Deren Bedeutung werden Sie sicher nach dem Lesen des letzten Abschnittes erkannt haben.

[1] Quelle: Centrale für Coorganisation, Maarweg 133, 50825 Köln; www.ccg.de

[2] Die Summe der dunklen Module in einem Zeichen bestimmt deren Parität. Nutzzeichen aus dem Zeichensatz A weisen deshalb eine ungerade Parität auf; d.h. ungerade Anzahl dunkler Module. Zeichen aus den Zeichensätzen B und C besitzen hingegen gerade Parität. Die Symbolzeichen des Zeichensatzes C sind spiegelbildlich zu jeden des Zeichensatzes B aufgebaut.

[3] Durch die Kombination unterschiedlicher Zeichensätze gelingt es ein 13tes Zeichen im 12-stelligen Symbol darzustellen. Der Wert dieses Zeichens, das in der Klarschrift (Ziffer 4 in Abb.1 bzw. Abb. 8) ganz links steht, wird durch einen Paritätswechsel zwischen den Zeichensätzen A und B bei den ersten 6 Nutzzeichen in der linken Symbolhälfte dargestellt. So entspricht der vorgestellten Ziffer 4 die Zeichensatzfolge A B A A B B der ersten 6 Zeichen eines Symbols.

Warum piepst es an der Kasse?

Hatten Sie noch nie Lust die Kassierein dies zu fragen?

Sie denken sicher, eigentlich überflüssig. Das piepsen zeigt an, dass die Ware erfasst und der Code gelesen wurde. Fasst haben Sie den Nagel auf den Kopf getroffen. Aber es steckt noch mehr dahinter. Es soll ja schließlich auch sichergestellt werden, dass der gekauften Ware der richtige Preis zugeordnet wird und Lesefehler möglichst ausgeschlossen werden. Dies gewährleistet die so genannte Prüfziffer – die letzte Ziffer eines EAN-Code-Symboles. Erst wenn diese Ziffer mit einer aus den anderen gelesenen Ziffern berechneten Zahl übereinstimmt, piepst es. Und so wird diese Zahl berechnet: Man multipliziert die erste Ziffer mit der Zahl 1, die zweite mit der Zahl 3, die dritte mit der Zahl 1, die vierte wieder mit 3, ..., die vorletzte mit der Zahl 3. Die jeweiligen Produkte werden addiert und dieses Ergebnis von der nächsthöheren Zehnerzahl subtrahiert. Stimmt dieser so erhaltene Zahlenwert mit der Prüfziffer überein, dann „piepst“ es bei der Kassiererin oder dem Kassierer.

Abb. 7

Bei unserem Code-Beispiel (Abb. 7) ist die Prüfziffer die 6. Berechnet man die Quersumme nach dem beschriebenen Muster, so erhält man 54 – bis zur nächsten Zehnerzahl 60 fehlt noch genau die Zahl 6.

Sicher ein etwas kompliziertes Verfahren zur Berechnung einer Quersumme; aber man möchte ja auch möglichst viele Lesefehler ausschließen. Würde man die Ihnen aus der Schule bekannte Berechnung der Quersumme heranziehen, so könnte man leicht durch mehrere Lesefehler auf die gleiche Prüfziffer kommen. Probieren Sie es einfach mal aus.

Infos auch unter:

www.strichcode.com
www.quio.de
www.ccg.de (EAN-Kontaktstelle für Deutschland)
www.ean.de
www.ean.de/ean/Inhalt/e2/e9 (Prüfzifferrechner)

Literatur aus der Schulbibliothek:

- Berge, Otto Ernst: Der Strichcodeleser, in: Unterricht Physik, Heft 12 (2001), S. 19-25
- Götz, Rainer (Hrsg.): Der Strichcodeleser, in: Handbuch der Schulphysik Band 4/II-Optik, S. 541 – 548, Aulis-Verlag, Köln 1995

Elektrische Zahnbürste

Begegnung im Alltag

Elektrische Zahnbürsten sind mittlerweile preislich erschwinglich und in vielen Haushalten zu finden. Für Jugendliche ist es „in“ „elektrisch“ Zähne zu putzen.
Brav setzt man sie nach dem Zähneputzen auf die „power station“; aber wie erhält sie ohne direkte Kabelverbindung Energie aus dem Netz?

physikal. Prinzip

- **Induktion**
- **Transformator**

Experiment

Am Funktionsmodell wird die technische Anwendung der Induktion in Verbindung mit der kontaktlosen Aufladung eines Akkus demonsteriert.

Projekte

- **Grundtechnik:** - Gerät zerlegen
- **Elektrotechnik:** - elektrische Baugruppen und deren Zusammenspiel
- **sonstiges**: - Nachbau und Präsentation eines Funktionsmodells
  - Wirkungsgradoptimierung
  - betriebswirtschaftliche Kalkulation
  - Facharbeit / Referat
- **Demo:** - Öffentlichkeitsarbeit

Elektrische Zahnbürste

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI, SII	Elektrik	Induktion Transformator Diode	●●	■	Wochen ca. 1 Stunde ca. 5 min.

Anhand einer elektrischen Zahnbürste wird das Prinzip der kontaktlosen Aufladung eines Akkus bzw. der kontaktlose Betrieb eines Elektromotors demonstriert. Dieser Versuch eignet sich auch zum Einstieg in das Transformator-Prinzip.

Materialien

- elektrische Zahnbürste
- Netzgerät 10 V ~/5 A ~
- Spule 200 – 600 Wdg
- Spule 400 – 1200 Wdg
- Eisenkern für Spulen
- Diode auf Grundplatte
  alternativ
  Elektronik-Steckplatte
  Diode für Elektronik-Steckplatte
  oder
  Teile aus Experimentiersatz Schülerübungen
- Gleichstrom-Motor (1,5 V)
- 5 Kabel (30-50 cm lang)
- eventuell ein Oszilloskop

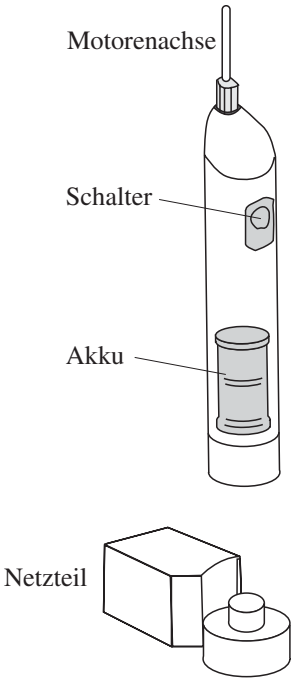


Abb. 1: Schema einer elektrischen Zahnbürste

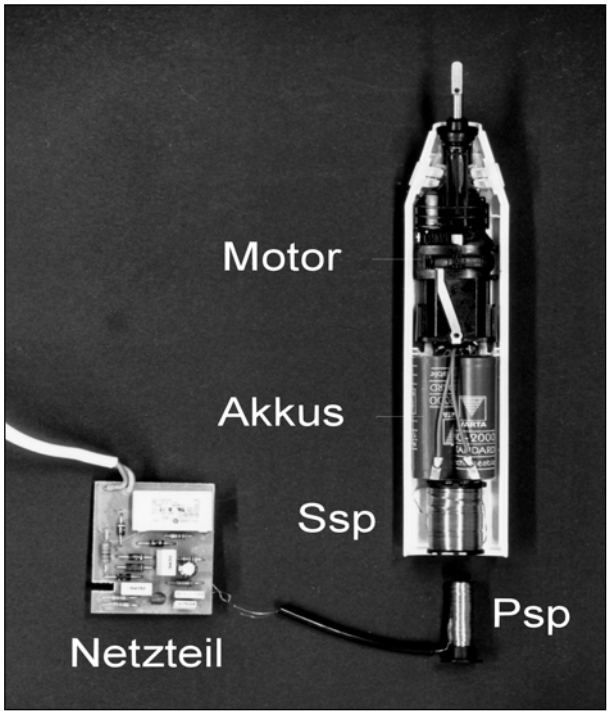


Abb. 2: Innenansicht mit Netzteil (links) und eigentlicher Zahnbürste (rechts); Psp = Primärspule; Ssp = Sekundärspule

Vorbereitung
Um den Zusammenhang zwischen dem Original und dem Modell herzustellen, ist es wichtig, das Gerät zuerst zu zerlegen, um den Schülern und Schülerinnen die wesentlichen Elemente und deren Funktion zu erläutern (Abb. 1 und 2).
Das Netzteil der Zahnbürste ist zugleich die Aufladestation. Nach dem Öffnen des Gehäuses sieht man einen kleinen Transformator, der auf einer Platine aufgebracht ist, und die Spule, die mit der Platine verlötet ist. Den anderen Bauteilen, Widerständen etc., die für das Verstehen des Phänomens nicht zum Tragen kommen, ist weniger Beachtung zu schenken.
Das Öffnen der Zahnbürste selbst ist etwas schwieriger, da diese wasserdicht verschlossen ist. Das Gerät muss dann längs der Schweißnaht mit einer Säge oder einem Messer vorsichtig aufgeschnitten und dann auseinander gezogen werden.
Aufgrund eines eventuellen Abrutschens ist es sinnvoll, die Zahnbürste dazu in einen Schraubstock einzuspannen.

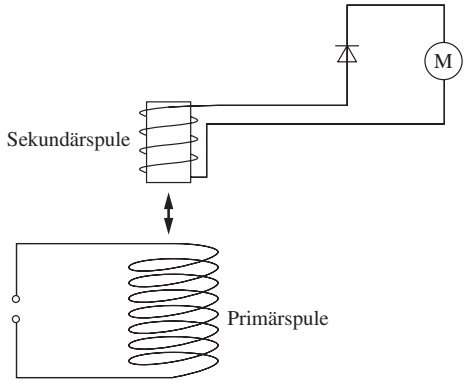


Abb. 3: Schaltskizze

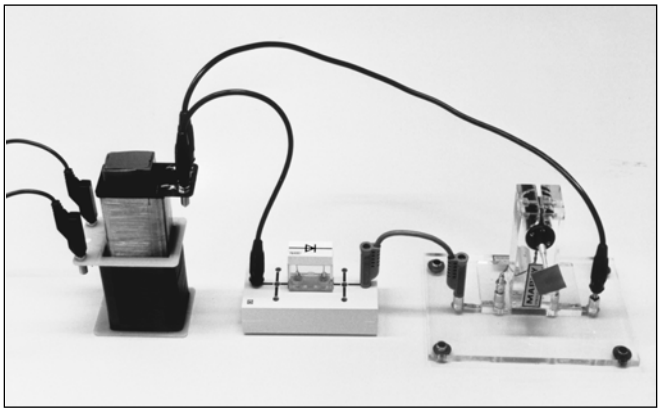


Abb. 4: Gesamtaufbau (ohne Netzgerät)

Zum Vorschein kommt dann eine kleine Spule, die mit einem Akku mittels einer Diode und eines Kabels verbunden ist. Der Elektromotor im oberen Teil der Zahnbürste kann für das spätere Modell eventuell zum Einsatz kommen.
Bei defekten Zahnbürsten ist es wahrscheinlich, dass der Akku ausgelaufen ist, daher sollte ein Kontakt damit vermieden werden.

Durchführung/Funktionsweise
Bevor man mit dem Aufbau des Modells beginnt, erscheint es angebracht, die Komponenten so auf den Tisch zu legen, dass man später anhand des Modells, deren Zusammenwirken nachvollziehen kann.
Die Primärspule wird an das Netzgerät angeschlossen. Die Sekundärspule – vorerst noch ohne Kern - wird über eine Diode mit dem Elektromotor verbunden. Man schiebt nun die Sekundärspule immer näher an die Primärspule. Bei niedrig gewählter Primärspannung (– ausprobieren!) passiert noch nichts; schiebt man aber den „vergessenen“ Eisenkern in die Spulenöffnungen beginnt der Motor aufgrund elektromagnetischer Induktion zu laufen (Abb. 3 und 4).[1]
Auf einem Oszilloskop ist es möglich, die gepulste Gleichspannung sichtbar zu machen, die zum Aufladen eines Akkus notwendig ist. An dieser Stelle könnte auch die Gleichrichter-Funktion einer Diode erklärt werden.
Da die Spulen nach einiger Zeit warm werden, was allerdings im Rahmen der kurzen Durchführungsdauer unbedenklich ist, sollte man diesen Sachverhalt aufgreifen, um den Wirkungsgrad der Vorrichtung abzuschätzen.

[1] Bei realen Zahnbürsten sind aus Gründen der besseren Kopplung die Spulen nicht nebeneinander angeordnet sondern eine Spule befindet sich innerhalb der anderen. Allerdings findet man Varianten der gegenseitigen Anordnung von Primär- und Sekundärspule.

Abschätzung
Es bietet sich auch an, die Schüler und Schülerinnen abschätzen zu lassen, welche Lebensdauer eine elektrische Zahnbürste mit Akku hat. Wenn man weiß, dass mit einer Akkuladung der Betrieb für 20 Minuten gesichert ist und der Akku ca. 1000 Mal aufgeladen werden kann, so ist klar, dass das Gerät nach ca. 333 Stunden nicht mehr zu gebrauchen ist, d. h. bis dahin hat man faktisch 6666 Mal die Zähne geputzt, bei einer empfohlenen Putzdauer von zweimal 3 Minuten täglich. Die Zahnbürste ist dann ca. neun Jahre alt.
Solche Erkenntnisse lassen sich auch ohne weiteres auf andere akkubetriebene Geräte, wie Rasierapparate oder schnurlose Telefone, übertragen.

Methodischer Einsatz
Sowohl die elektromagnetische Induktion als auch speziell das Prinzip des Trafos können mit diesem Versuch verdeutlicht werden. Daneben bietet es sich auch an, die Funktionsweise der Diode zu erläutern.

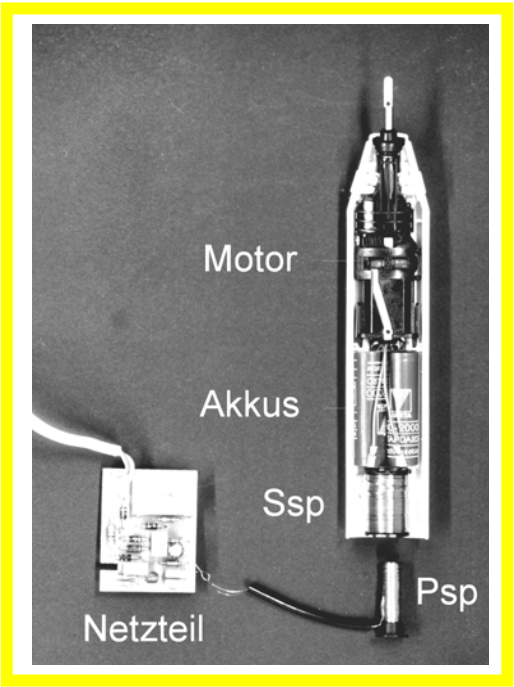
Ergänzende Literatur

- M. Volkmer, Ch. Dörich: Elektrisch angetriebene Zahnbürste
  In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 66, (2001) Heft 12, S. 9 – 12
- A. Reichert: Analyse der Schaltung einer elektrischen Zahnbürste
  In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik 44, (1995) Heft 7, S. 40 – 43

Elektrische Zahnbürste

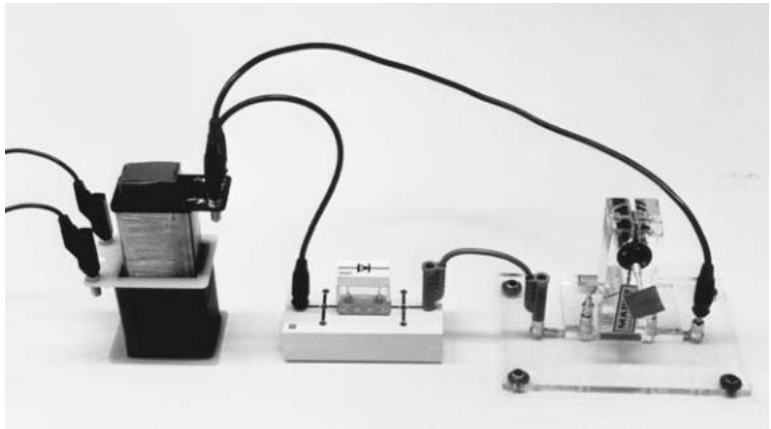
→ kontaktlose Aufladung eines Akkus

- **physikalisches Prinzip : Induktion**

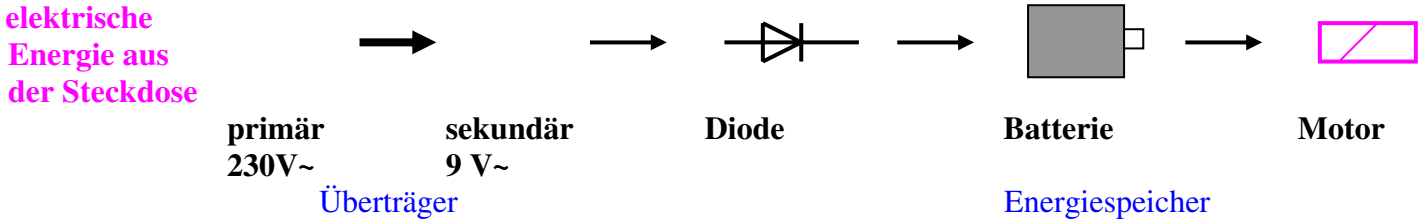


Aufbau einer elektrischen Zahnbürste

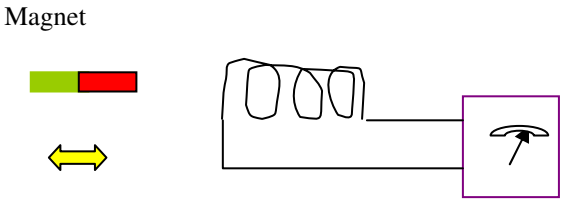
Modellversuch

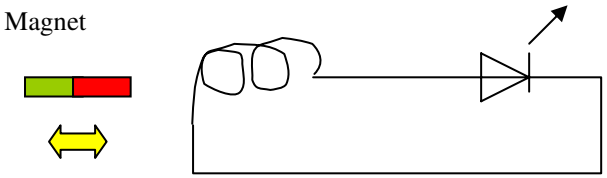


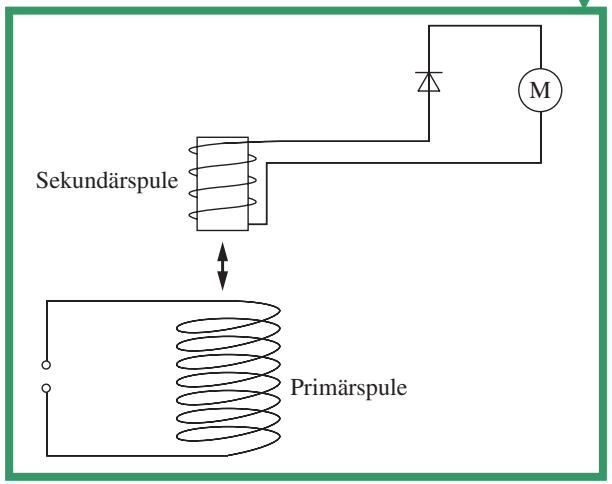
Wie funktioniert es?

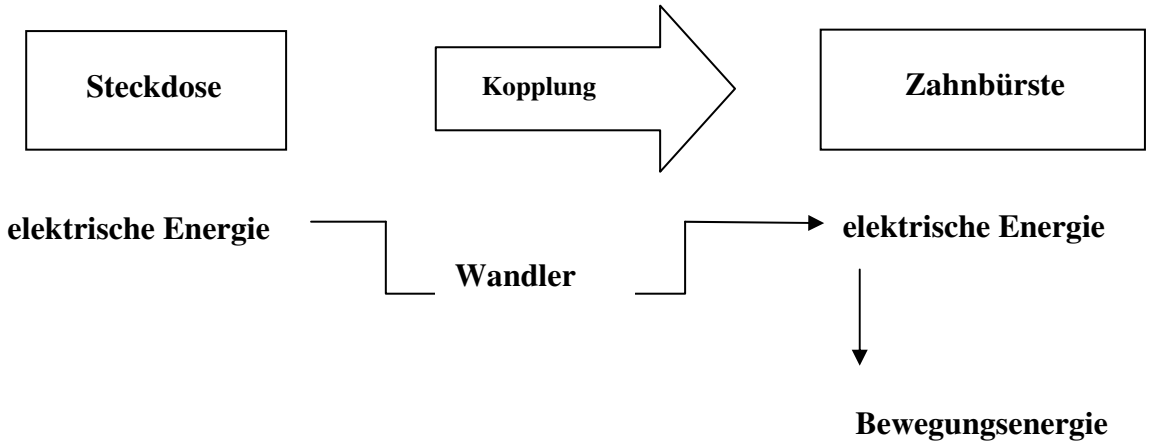


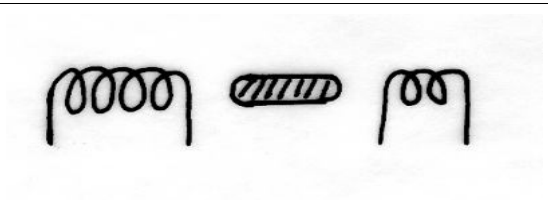
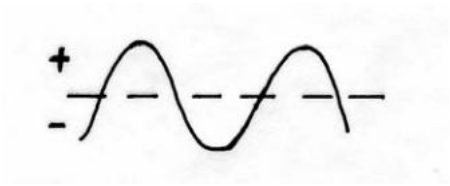
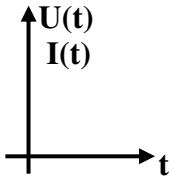
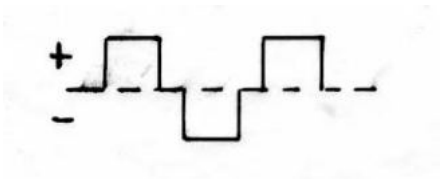
Spielen Sie mal selbst Ladegerät :

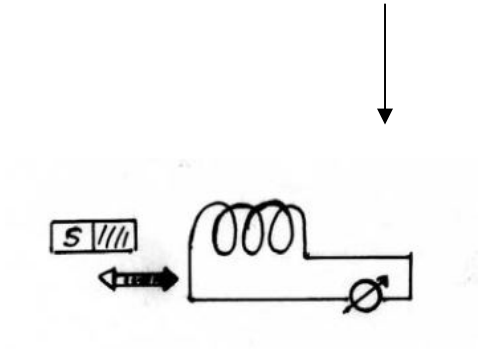






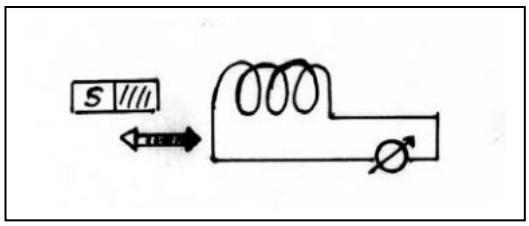
Stundenplanung: **Elektromagnetische Induktion**	
	➢ **Vorbereitung** (ca. 1 Woche vorab) - Besorgung einer alten elektrischen Zahnbürste durch Schüler - Besorgung von Infomaterialien z.B. Prospekte / www.....
	➢ **Grundstruktur**
230 V~ **„kontaktlos“** **- Niedervolt** **- Ausschluss von Gefährdung**	➢ **Diskussion der Gefahren bei direktem Netzbetrieb** →Einsehen der prinzipiellen Bedeutung dieser Frage für den Alltag
	➢ **Grundfrage:** Wie funktioniert „kontaktlose“ Übertragung elektrischer Energie?

Netz-anschluss  **Primär-spule** **Eisen-kern** **Sekundär-spule** **Elektronik Batterie Motor** **Energielieferant** **Überträger** **Energiespeicher** ↓	➢ **Detailaufbau** - Schüler (2-3) haben alte Zahnbürste vorab zerlegt und präsentieren Einzelteile - Lehrer: Fachbezeichnungen
  ↓ (idealisiert)  **Magnetfeld wird** • **aufgebaut „+“** • **abgebaut** • **umgepolt aufgebaut „-“** • **etc.**	➢ Rückgriff auf **<u>bekannte</u>** Sachverhalte - stromdurchflossene Spule besitzt Magnetfeld - Richtung des Magnetfeldes von Stromrichtung abhängig - Stärke der magnetischen Wirkung von Windungszahl / Stromstärke (Magnetfeldstärke) abhängig

 - mA-Meter - Mikromotor	➢ **Erkennen** - Änderung der Stärke des Magnetfeldes bewirkt Strom- / Spannungsimpuls - „Relativbewegung“ Magnet / Spule - Strom- / Spannungsimpuls zum Betrieb eines elektrischen Gerätes geeignet - Strom- / Spannungsimpuls als Ladeimpuls für Akku geeignet → aber: Problem der Entladung → Lehrer: Diode im Stromkreis als geeignetes Steuerelement
	➢ Kopie für Heft
	➢ Zusammenfassung
	➢ Hausaufgabe - Wiederholung anhand des Hefteintrages - pro / contra elektrische Zahnbürste - Erfahrungen / Lebensdauer
Folgestunden:	
• Induktion : Formulierung des physikalischen Prinzips • Untersuchung der Parameter • pro / contra elektrische Zahnbürste • Abschätzung der Lebensdauer	➢ Hausaufgabe - Buch (Wiederholung)
• Erzeugung elektrischer Energie → Generator → Vorbesprechung „Besuch des E-Werkes“	➢ Hausaufgabe - Buch (Wiederholung)
• Übertragung elektrischer Energie → Transformator	➢ Hausaufgabe - Buch (Wiederholung)

Vergleich zwischen traditionellem Schulexperiment und Low Cost – High Tech Experiment am Beispiel "Einführung in die elektromagnetische Induktion"

Es handelt sich bei dem Schulexperiment um den akademischen Standardversuch mittels Spule, Stabmagnet und Drehspulinstrument, womit man traditionell die elektromagnetische Induktion einführt. (Abb.)



Bei dem Low Cost – High Tech-Freihandversuch handelt es sich um den Versuch „Elektrische Zahnbürste“

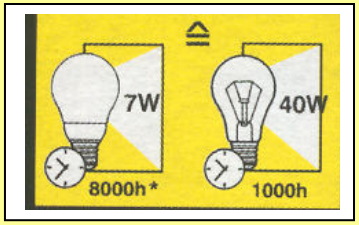
Traditionelles Experiment		**Low Cost – High Tech-Freihandexperiment**	
Tätigkeit der Schüler und Schülerinnen	***Trainierte Methoden***	***Tätigkeit der Schüler und Schülerinnen***	***Trainierte Methoden***
Informationsbeschaffung: i. d. R. auf Schulbuch beschränkt	Markieren, Exzerpieren, Archivieren	Informationssuche: - Internet - Fachbücher - Zeitschriften - Herstellerprospekte Materialbeschaffung: El. Zahnbürste besorgen	Nutzung von modernen Medien; diagonales, rasches Lesen; Bibliotheks-erkundung, in Büchern nachschlagen; Markieren, Exzerpieren Förderung von Selbsttä-tigkeit und Eigeninitiative
		Gerät (el. Zahnbürste) wird geöffnet	handwerkliche Grundtechniken
		Bauteile und Baugruppen werden lokalisiert und deren Funktionsweise nachvollzogen	Beobachtungs- und Wahrnehmungstraining, Begründungstraining, Problemlösen
		wesentliches physikalisches Prinzip (hier: elektromagnetische Induktion) herausstellen, Versuchsplanung (Analogie herstellen): Wie kann ein Nachbau eines Modells mit leicht zu beschaffenden Materialien erfolgen?	Reduzieren, Strukturieren Planen und Entscheiden, Organisieren, Problemlösungsstrategien, Reduzieren, Strukturieren
Beobachtung der Versuchsdurchführung	Beobachtungs- und Wahrnehmungs-training	Versuchsvorbereitung: Nachbau/Aufbau des Modells	handwerkliche, experimentelle Fähigkeiten, Visualisieren
Deutung/Erklärung des Versuchs	Begründungstraining, Problemlösungs-strategien	Versuchsdurchführung: Vorstellung und Erläuterung des Nachbaus, Experiment durchführen	Präsentieren, Moderieren
Ergebnissicherung	Symbolisieren, klar und verständlich schreiben, Archivieren	Ergebnissicherung: Tafelbild mit Skizze, Referat, Protokoll, etc.	Symbolisieren, klar und verständlich schreiben, Archivieren
		Erweiterung: Variationen des Versuchsaufbaus, Optimierung des Wirkungsgrades, Kostenabschätzung im Vergleich zur normalen Zahnbürste	Problemlösungsstrategien, Begründungstraining, Einblick in eine / bzw. Durchführung einer betriebswirtschaftliche(n) Kalkulation

Selbständige und **aktive Beschäftigung** mit den Unterrichtsgegenständen ist ein tragendes Element der gesamten Unterrichtsgestaltung. Schülerinnen und Schüler können problemorientiert nachvollziehen, wie physikalisches Denken bei der Bewältigung von Problemsituationen eingesetzt wird. Sie sind zum Mitdenken während des Erkenntnis- und Bearbeitungsweges aufgefordert. Der Einsatz von Lehrgeräten im Experiment leistet in diesem Zusammenspiel wesentlich mehr als üblich. Es wird nicht nur der von ihrer Konzeption bereits vorab optimierte physikalische Effekt auf zuverlässige und damit künstliche („unrealistische“) Weise demonstriert.

Energiesparlampe contra Glühlampe

Begegnung im Alltag

Werbeaufdruck auf Energiesparlampe:



physikal. Prinzip

- **Lichterzeugung**
- **Wirkungsgrad**

Experiment

Mit einem Fettfleckfotometer werden die Herstellerangaben bzgl. der Lichtausbeute von Glühbirnen und sog. Energiesparlampen überprüft.

Projekte

- **Modellbau:** - Fettfleckfotometer
- **Elektrotechnik:** - Aufbau einer Glühlampe / Energiesparlampe
- **sonstiges**: - betriebswirschaftliche Kalkulation: Kostenvergleich Glühlampe – Energiesparlampe
  - Energiesparen
  - Referat
- **Demo:** - Öffentlichkeitsarbeit

Energiesparlampen contra Glühlampe:
Vergleich der Helligkeit mit dem Fettfleckfotometer; Kostenvergleich

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
O, SI, SII	Optik Elektrik Wirkungsgrad	Licht Beleuchtungsstärke	●	■	Stunden ca. 10 min. ca. 10 min.

Mit einem Fettfleckfotometer werden die Herstellerangaben bezüglich der Helligkeit (Beleuchtungsstärke) einer Kompaktleuchtstofflampe (Energiesparlampe) im Vergleich zu handelsüblichen Glühlampen überprüft.

Materialien

- optische Bank
- Kompaktleuchtstofflampe
- 2 Lampenfassungen für Verschiebereiter
- 3 Glühlampen (davon eine mit der lt.Herstellerangabe äquivalenten Leistungsaufnahme, eine mit darüber-, eine mit darunter liegender)
- Spannungsquelle für die Lampen
- 2 Verschiebereiter
- Fettfleckphotometer[1] auf einem Verschiebereiter
- Handschuhe (zum Auswechseln der heißen Glühlampen)
- Steckdosenleiste mit Ein/Aus (evtl. FI-Schutzschalter)

Abb. 1: Gesamtaufbau

Abb. 2: Fettfleckphotometer

[1] Sollte ein bis zwei Stunden vor Versuchsdurchführung angefertigt werden, weil mit einem frischen, feucht wirkenden Fleck kein Experimentieren möglich ist.

Vorbereitung
Die Kompaktlampe und eine Glühlampe werden im Abstand von 1 m auf der optischen Bank befestigt. Der Reiter mit dem Fettfleckfotometer wird zwischen den beiden Lampen verschiebbar angebracht (Abb. 1). Die Lampen und der Fettfleck sollten sich auf gleicher Höhe befinden. Der Raum wird abgedunkelt.

Durchführung/Ergebnis
Das Fettfleckfotometer wird langsam zwischen den Lampen verschoben. Dabei erscheint der Lichtfleck dunkler bzw. heller (s. Abb. 2) als das ihn umgebende Papier. Dazwischen gibt es einen Bereich von zwei bis drei Zentimetern, in dem der Fettfleck zu verschwinden scheint (s. Abb. 1). Es muss eine "Mittelposition" bestimmt werden. Diese Position des Schirmes wird notiert und der Versuch mit einer anderen Glühlampe wiederholt. *Wegen der Verbrennungsgefahr an den Glühlampen sollten hierbei Handschuhe verwendet werden.*
Bei der Durchführung mit einer 7 W Kompaktleuchtstofflampe und 25, 40, 60 und 75 W Glühlampen ergeben sich bei Kompaktleuchstofflampe in Position 0 cm und Glühlampe in Position 100 cm die in der Tabelle dargestellten Werte. Der Punkt, an dem der Fettfleck sich nicht mehr von seiner Umgebung abhebt, liegt bei Lampen gleicher Beleuchtungsstärke bei 50 cm, andernfalls näher an der lichtschwächeren Quelle.
Das Experiment bestätigt die Herstellerangabe, dass die Beleuchtungsstärke der 7 W Kompaktlampe der einer 40 W Glühlampe entspricht.

Lampenleistung/W	**Position des Fotometers/cm**
75	40
60	45
40	50
25	67

Abschätzung
Nachdem herausgefunden wurde, welche Lampen äquivalente Beleuchtungsstärken zeigen, können die Kosten bei deren Verwendung im Haushalt berechnet und gegenübergestellt werden. Geht man von den auf der Lampenverpackung angegebenen 8000 Betriebsstunden als Lebensdauer einer Kompaktleuchtstofflampe aus, benötigt man 8 Glühlampen (Lebensdauer 1000 Stunden). Die Betriebskosten ergeben sich damit zu 8000 h · P/kW · 0,15 Euro/kWh, wobei für P die Leistungsaufnahme der Lampe in kW eingesetzt werden muss. Die Abschätzung wird noch interessanter, wenn man nicht nur eine einzelne Lampe sondern die Anzahl der Lampen in einem Familienhaushalt zu Grunde legt.
Auch der Vergleich der Wirkungsgrade von verschiedenen Lampentypen bietet sich hier an und schafft damit eine Verbindung zur Elektrik: Eine Glühlampe hat einen Wirkungsgrad von etwa 5 %. Wenn eine 7 W-Energiesparlampe einer 40 W-Glühlampe entspricht, dann hat sie einen Wirkungsgrad von ca. 30 %. Dies ist deutlich mehr als der Wirkungsgrad von Leuchtstoffröhren (15 bis 20 %).

Variationen

Alternativ kann auch ein Schattenfotometer oder ein Papierfotometer verwendet werden. Sinnvoll ist z.B. auch ein Vergleich der Oberflächentemperatur bzw. die Bestimmung des Wirkungsgrades einer 6 V / 5 A Glühbirne im Wasserbad[2] – wie es in vielen Lehrbüchern beschrieben ist.

Weiterführend können Spektrum (Vergleich der Spektren mit CD), Schaltung und Funktionsweise der verschiedenen Lampentypen besprochen werden, ebenso auch das Abstandsgesetz (Leuchtstärke ~ $1/r^2$) und der Begriff Raumwinkel.

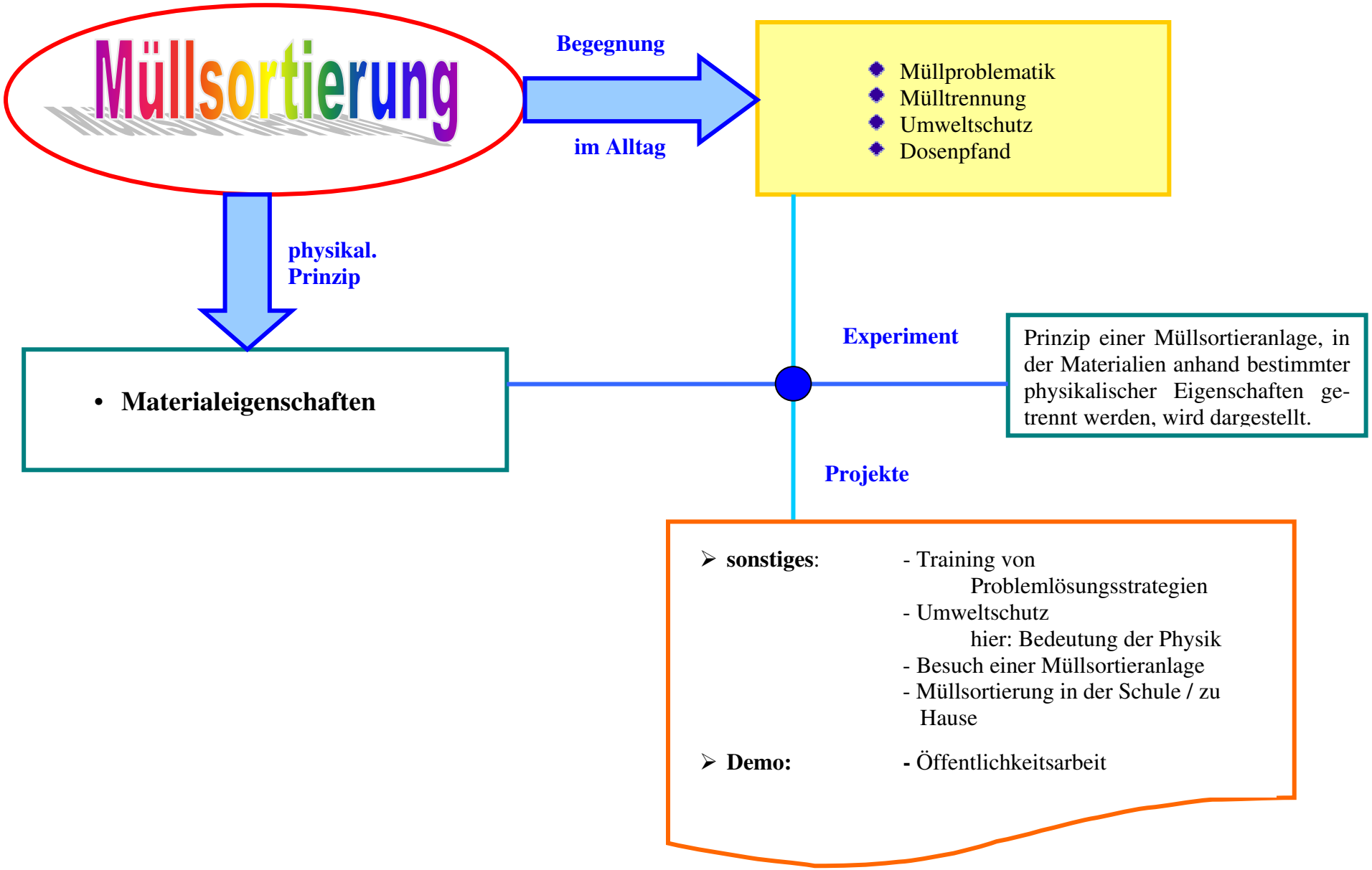
Abb. 3: Vergleich der Spektren mit CD

Methodische Hinweise

An der Versuchsdurchführung können mehrere Schüler und Schülerinnen beteiligt werden. Die Klasse kann in Gruppen gemäß der Anzahl der Durchführungen mit verschiedenen Lampen eingeteilt werden. Eine Person verschiebt das Fettfleckfotometer, die anderen verteilen sich entlang der optischen Bank und bestimmen gemeinsam, von beiden Seiten den Fettfleck beobachtend den Bereich, in dem er zu verschwinden scheint.

Es ist davon auszugehen, dass die Experimentierenden mit dem Fotometer intuitiv in beide Richtungen über den Bereich hinausgehen, in dem der Fettfleck nicht mehr sichtbar ist. Bei dieser Gelegenheit ist es sinnvoll, sie auf diese intuitiv angewendete wissenschaftliche Methode aufmerksam zu machen.

[2] Versuchsaufbau (kompl.) im Lehrmittelhandel


Müllsortierung
Begegnung
im Alltag
Müllproblematik
Mülltrennung
Umweltschutz
Dosenpfand
physikal.
Prinzip
Materialeigenschaften
Experiment
Prinzip einer Müllsortieranlage, in der Materialien anhand bestimmter physikalischer Eigenschaften getrennt werden, wird dargestellt.
Projekte
sonstiges:
- Training von Problemlösungsstrategien
- Umweltschutz hier: Bedeutung der Physik
- Besuch einer Müllsortieranlage
- Müllsortierung in der Schule / zu Hause
Demo:
- Öffentlichkeitsarbeit

Müllsortierung

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
O, SI	Materialeigenschaften	Magnetismus Dichte	●	■	1 Tag ca. 10 min. ca. 15 min.

Mit einfachen Mitteln soll das Prinzip einer Müllsortieranlage dargestellt werden, wobei Material anhand bestimmter Eigenschaften getrennt wird.

Materialien

- Fön
- starker Magnet
- Eimer (5-10 l)
- Sieb
- Bestandteile des Hausmülls:
  Eisen (z. B. Nägel, Schrauben, etc.), Aluminiumteile (zerknüllte Alufolie, Getränkedosen),
  Kunststoffe (PE, PP)[1], möglichst nicht von Folien, sondern von Flaschen oder ähnlichen Behältern, Styropor

Vorbereitung

Die Bestandteile des Mülls müssen in etwa gleich große Teile zerkleinert werden. Die vorbereiteten Teile sollten dann einen Durchmesser zwischen drei und fünf Zentimetern besitzen. Die verschiedenen Komponenten des Mülls werden gemischt und angehäuft. Der Eimer wird mit Wasser gefüllt und zur Seite gestellt, bis er gebraucht wird.

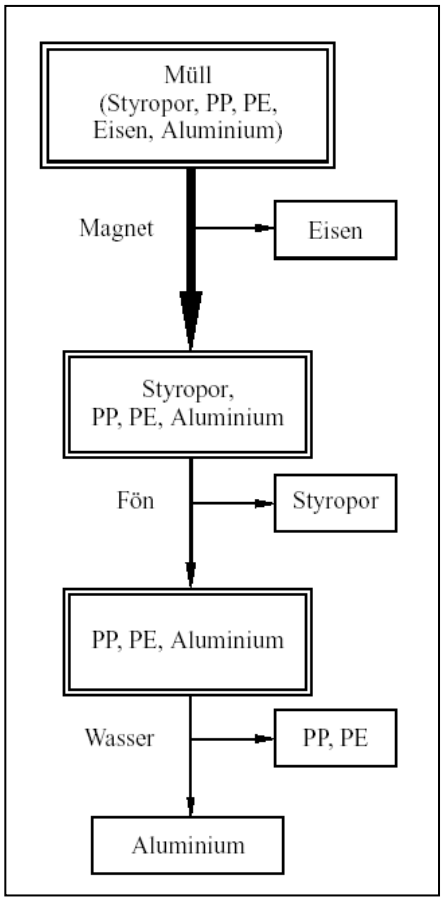


Abb. 1: Schematischer Versuchsablauf

Durchführung

Die Trennung des Mülls erfolgt in drei Schritten (vgl. hierzu Abb. 1).

Als erstes wird das Eisen mithilfe des Magneten entfernt. Der Magnet wird dicht über der Anhäufung bewegt. Der ferromagnetische Stoff wird angezogen und so von dem restlichen Müll getrennt. Die Eisenteile werden per Hand vom Magneten entfernt und der Vorgang wiederholt, bis keine weiteren Eisenteile mehr am Magneten haften bleiben. Bei zu schwachen Magneten reicht die Anziehungskraft nicht aus, um die Eisenteile aus dem Müllberg herauszuziehen. Dann empfiehlt es sich, den Magneten durch den Müll ziehen.

Der zweite Schritt besteht aus der Entfernung des Styropors. Mithilfe des Föns wird das Styropor vorsichtig aus dem Müllberg herausgeblasen. Ist der Luftstrom zu stark, d. h. der Fön zu nahe am Abfall oder nicht auf der niedrigsten Stufe, werden auch andere Bestandteile, die ebenfalls eine relativ geringe Dichte oder eine relativ große Querschnittsfläche besitzen, weggeblasen. Der so aussortierte Styroporanteil wird zur Seite gelegt. Im Müllberg befinden sich jetzt noch die Kunststoffe PE und PP sowie das Aluminium. Im letzten Trennungsschritt werden die verbleibenden Teile in das Wasser gegeben. Die Polyolefine (PE und PP) schwimmen aufgrund der geringen Dichte (ρ = 0,91-0,96 g/cm^3) obenauf. Das Aluminium, $\rho \approx 2{,}7\,\mathrm{g/cm^3}$, sinkt zu Boden. Die schwimmenden Kunststoffe werden mit einem Sieb oder ähnlichem abgeschöpft.
Danach wird das Wasser abgegossen und das Aluminium aus dem Eimer herausgenommen.

[1] PP = Polypropylen (Handelsname z. B. Hostalen), PE = Polyethylen.

Ergebnis
Als Resultat erhält man die vier Komponenten des Mülls wieder getrennt. Jede Müllfraktion enthält jedoch Verunreinigungen von etwa 10 % der Gesamtmenge. Diese Verunreinigungen entsprechen durchaus dem normalen, auch bei industriellen Anlagen vorkommenden Trennungsergebnis. In realen Sortieranlagen wird deshalb zusätzlich noch per Hand getrennt.

Hinweis
In der Praxis gibt es viele unterschiedliche Sortiermechanismen, alle arbeiten aber nach dem gleichen Grundprinzip. Die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften (Dichte, magnetische, elektrische, optische Charakteristika, Benetzbarkeit, Ausbildung von Wirbelströmen etc.) der zu trennenden Stoffe werden ausgenutzt. Werden mehrere Eigenschaften ausgenutzt, ist auf eine logische Reihenfolge der Trennung zu achten (vgl. Abb. 1).

Methodischer Einsatz
Thematisch eignet sich der Freihandversuch Müllsortierung gut als Einstieg in den Physikunterricht, da er sich mit den physikalischen Eigenschaften von Stoffen beschäftigt. Er gibt damit gleich zu Beginn eine Motivation, wo Physik in der Umwelt eine entscheidende Rolle spielt, und warum es lohnt, sich mit Physik zu beschäftigen. Der Versuch kann als einfacher Versuch auch von den Schülern und Schülerinnen selbst durchgeführt werden.
Eine Exkursion in eine nahe gelegene Sortieranlage bietet sich an, um die technische Umsetzung der physikalischen Fragestellung zu sehen.
Der Versuch bietet den Schülern und Schülerinnen gute Möglichkeiten, eigene Problemlösungsstrategien zu entwickeln. Zum Beispiel kann die Reihenfolge der Trennungsschritte (Algorithmus) von den Schülern und Schülerinnen selbst entwickelt werden.

... funktioniert schon mit Vorschulkindern

Rauchmelder

Begegnung im Alltag

Bevor ein Brand richtig ausbricht, kann bereits der sich ausbreitende Rauch seine tödliche Wirkung entfalten. Brandmeldesysteme können Leben retten. Im Baumarkt oder Supermarkt sind sog. Rauchmelder heute unter 5 Euro zu kaufen; der Einbau superleicht – einfachste Montage an der Decke! Wie funktionieren diese aber?

physikal. Prinzip

- **Lichtstreuung**

Experiment

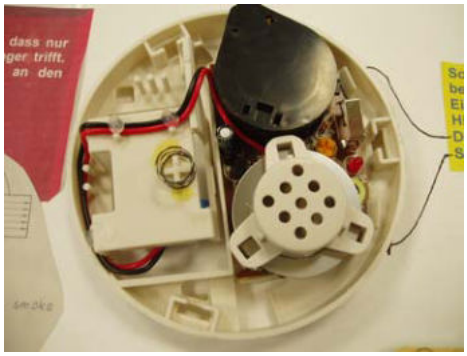
Am Funktionsmodell wird die technische Anwendung der Lichtstreuung in Verbindung mit Ansätzen der Optoelektronik demonstriert.

Projekte

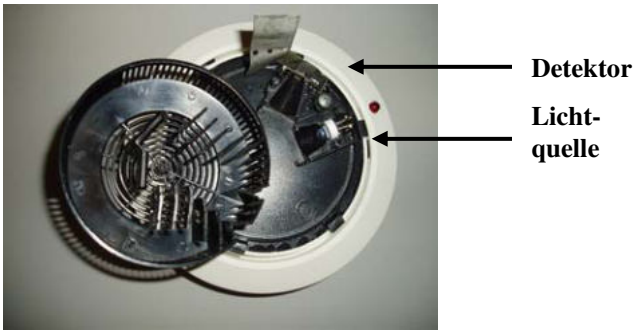
- **Modellbau:** - Bau einer Kiste
- **Elektrotechnik:** - optoelektronische Bauelemente
  - elektronische Steuerung
- **sonstiges**: - Besuch bei der Feuerwehr
  - Brandschutz in der Schule / zu Hause
  - Facharbeit / Referat
- **Demo:** - Öffentlichkeitsarbeit

Rauchmelder[1]

Abb.1



Bevor ein Brand richtig ausbricht, kann bereits der sich ausbreitende Rauch seine tödliche Wirkung entfalten. Brandmelder könnten Leben retten. Im Baumarkt oder gar im Supermarkt gibt es sie für weniger als 5 Euro; der Einbau ist kinderleicht – einfachste Montage an der Decke! Wie funktionieren diese aber?



Funktionsweise

Lichtquelle und Lichtempfänger sind so im Rauchmelder angebracht, dass nur ein geringer Anteil des Lichts der Lichtquelle (IR-LED) auf den Detektor (Fotodiode) trifft. Gelangt nun Rauch in den Melder, so wird das Licht an den Rauchteilchen gestreut (bestaunen wir doch schon als Kleinkind aufsteigenden Zigarettenrauch unter einer Lampe) und gelangt auf diesem Weg zum Empfänger. Deshalb erhöht sich der Lichteinfall am Empfänger bei steigendem Rauchanteil in der Kiste und damit ändert sich das Signal des Lichtempfängers. Wird ein bestimmter Schwellenwert überschritten, dann gibt's Alaa ...aaarm!

So funktioniert der käuflich erworbene Brandmelder.

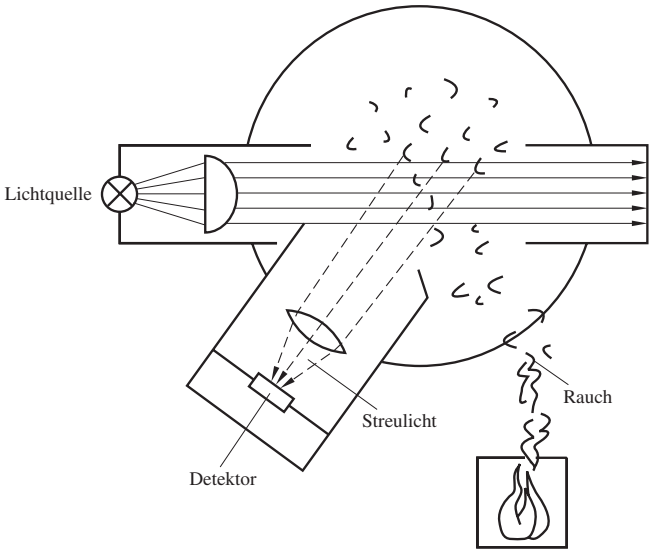


Abb.2: Aufbau und Funktionsweise des optischen Rauchmelders

[1] Informationen sind erhältlich z. B. bei Siemens AG, Martin Lutherstr. 25, D-66111 Saarbrücken, Gentex GmbH, Abtäckerstr. 40/1, D-74189 Weinsberg oder der örtlichen Feuerwehr.

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI	Optik Elektronik	Reflexion Streuung Fotohalbleiter	●●	■	1 Tag ca. 10 min. ca. 10 min.

Materialien

- Holz- oder Kartonkiste
- Rauchmaterial (z. B. Räucherkerzen) + Untersetzer (feuerfest)
- Pappe schwarz ca. 5 cm * 5 cm
- Plastiktrichter für Raucheinlass
- Glühlampe (Kegellinse) z.B. 3,7V
- Fassung für Glühlampe E10
- Fotowiderstand (LDR 05)
- Lüsterklemmenleiste
- Spannungsversorgung für die Glühlampe (z.B. Flachbatterie 4,5 V oder Netzgerät)
- Multimeter
- Kabelmaterial
- 2 oder 3 gleich hohe Klötze

speziell für Alarmschaltung:

- Summer 3 V
- Schiebeschalter Ein-Aus
- Potentiometer 10 kΩ
- Flachbatterie 4,5 V
- Transistor BC140 o.ä.

Alternativaufbau:

- Holzbrettchen mit Reißnägel
- Reißnägel als Lötstützpunkte

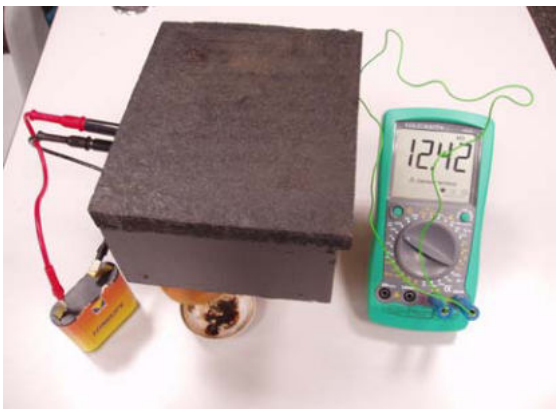


Abb. 3a: Gesamtansicht

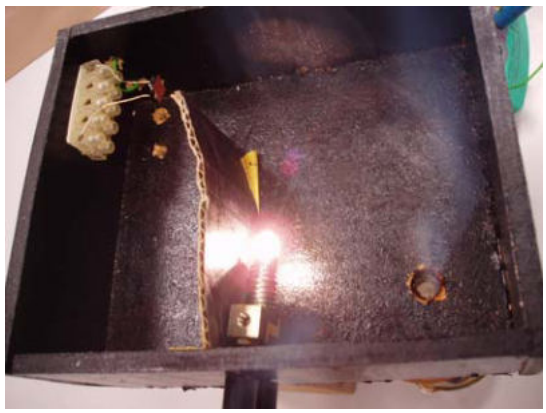


Abb. 3b: Blick ins Innere

Vorbereitung / Aufbau

Man benötigt zunächst eine kleine Kiste, die in etwa folgende Abmessungen haben sollte: l = 15 cm; b = 12 cm; h = 5 cm. Für den Fall, dass keine solche Kiste vorhanden ist, lässt sie sich sehr schnell aus Tonpapier herstellen. Dabei sollten die Seitenflächen aus Gründen der Stabilität mit Pappe verstärkt werden. Eine etwas aufwändigere Methode ist der Bau einer Kiste aus Sperrholz. Die Kiste sollte einen abnehmbaren Deckel haben und innen schwarz ausgekleidet sein, um Reflexionen durch die Wand zu minimieren.

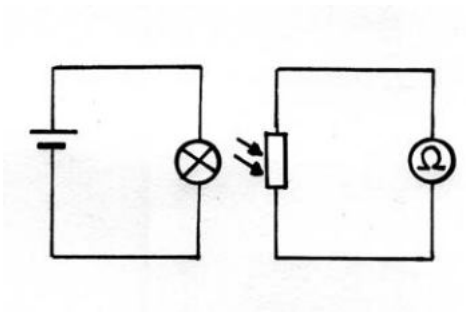


Abb. 4: Schaltskizze mit LDR

An den Seiten der Kiste (siehe Innenansicht) befestigt man die Fassung der Lichtquelle und den LDR am einfachsten mithilfe einer Lüsterklemmenleiste. In den Boden oder Seiten der Kiste werden kleine Löcher gebohrt - die Anschlusskabel müssen irgendwie in die Kiste gelangen. Des Weiteren benötigt man eine Öffnung zum Raucheinlass, evtl. mit trichterförmigem Aufsatz.

Zur Erzeugung des nötigen Rauchs eignen sich Räucherkerzen sehr gut. Diese sind in Drogerien oder Kaufhäusern erhältlich. Sind diese Vorarbeiten abgeschlossen, wird der Versuch wie folgt aufgebaut: Die Kiste wird auf Klötze gestellt, so dass das Rauchmaterial darunter Platz findet. Die Lampe und der Lichtempfänger werden in die dafür vorgesehenen Halterungen gesteckt und an die Spannungsversorgung bzw. an das Multimeter angeschlossen. Zur Vermeidung des direkten Lichteinfalls auf den Detektor bringt man zwischen Glühlampe und Detektor – wie im Original - eine „Klappe“ aus schwarzem Tonpapier oder schwarzer Pappe an.

Durchführung/Ergebnis

Zu Versuchsbeginn liest man bei eingeschalter Glühlampe den momentanen Widerstand des LDR am Multimeter ab. Anschließend wird das Rauchmaterial angezündet, und während der Rauch in die Kiste aufsteigt, beobachtet man die Multimeteranzeige. Man erkennt ein Sinken des Widerstandswertes bei Zunahme des Rauchs in der Kiste.

Variante: Alarmschaltung

Nutzt man nun noch – wie in der nebenstehenden Schaltung – den sinkenden Widerstand des LDR zur Ansteuerung eines Transistors aus, kann man akustischen Alarm geben.

Zur besseren Feinabstimmung sollte man anstelle des Festwiderstandes von 10 kΩ einen regelbaren Widerstand entsprechender Größe benutzen.

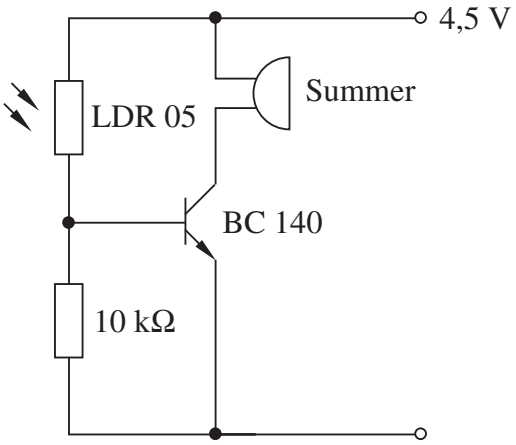


Abb. 5: Schaltskizze für Alarmauslösung mit Fotowiderstand

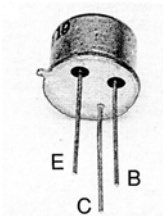
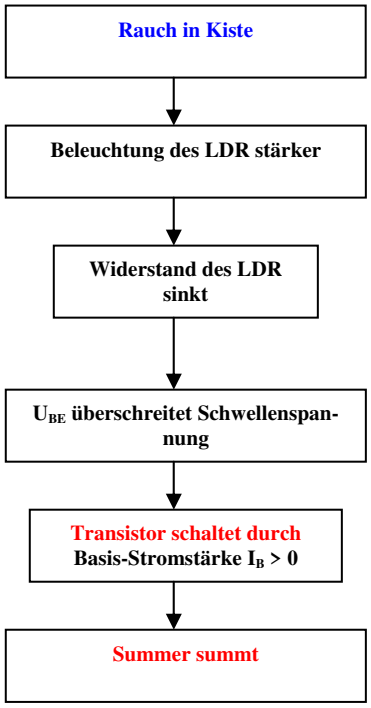


Abb. 6: Anschlussbelegung BC140

Funktionsweise der Alarmschaltung



Methodischer Einsatz

Der Versuch bietet eine interessante Anwendung zum Thema Reflexion und Lichtstreuung im Optik-Unterricht. Darüber hinaus kann er auch bei der Behandlung von elektronischen Bauteilen wie Fotowiderstand oder Fotodiode eingesetzt werden. In diesem Fall richtet sich das Augenmerk auf die Signalauswertung. Aufgrund der kostengünstigen Materialien, die verwendet werden, lässt sich der Versuch auch in Schülerselbsttätigkeit durchführen. Dabei besorgt der Lehrer bzw. die Lehrerin die nötigen Materialien (z. B. Elektronik-Versand) und die Schüler und Schülerinnen bauen sich ihren eigenen Rauchmelder.

Abb. 6: Aufbauteile eines Rauchmelders

Regensensor

Begegnung im Alltag

Autofahrer oder Beifahrer kennen das: Nieselregen – Scheibenwischer an, Scheibenwischer aus,...; plötzlich ein Wasserschwall vom entgegenkommenden LKW – Scheibenwischer schnell auf höchste Stufe,..... Abhilfe schafft heute ein elektronischer Helfer – ein Regensensor. Wie aber unterscheidet er Nieselregen von Dauerregen, Schnee von Spritzwasser anderer Fahrezeuge, etc?

physikal. Prinzip

- **Totalreflexion**

Experiment

Am Funktionsmodell wird die technische Anwendung der Lichtreflexion (Totalreflexion) in Verbindung mit Ansätzen der Optoelektronik demonstriert.

Projekte

- **Modellbau:** - Bau eines Regensensormoduls
- **Elektrotechnik:** - elektronische Bauelemente
  - elektronische Steuerung
- **sonstiges**: - Info-Materialbeschaffung
  - Kontakt mit Automobilfirmen / Zulieferer
  - Facharbeit / Referat
- **Demo:** - Öffentlichkeitsarbeit

Regensensor

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI	Optik	Brechung Reflexion Totalreflexion	●●	■	- ca. 10 min. ca. 15 min.

Am Modell eines Regensensors soll die technische Nutzung der Totalreflexion bei der Steuerung eines Scheibenwischers gezeigt werden.

Materialien

- Magnettafel
- Halbkreiskörper
- Lampe mit Schlitzblende
  alternativ: Halbleiterlaser
- Netzgerät 0 ... 12 V, 5 A
- Multimeter
- Spritze oder Pipette und Wasser
- LDR 07 o. M9960
  alternativ: Fotodiode SFH 203
- Lüsterklemmenleiste für lichtempfindliches Bauelement
- 2 Bananenstecker
- Kabelmaterial

für Motorsteuerung zusätzlich

- Bauteile aus Elektronik-Baukasten
  oder Teile aus Versandhandel
- Mikromotor
  alternativ: Solarmotor
  (Anlaufspannung typ. 0,4 V)
- Transistor npn z.B. BC140-16
- Batterie 4,5 V
  alternativ: Netzgerät stabilisiert
- zusätzliches Material
  - Potentiometer 10 oder 47 kΩ
  - Widerstand 10 kΩ
  - Widerstand 150 Ω

(Anm.: Wahl der Bauteile abhängig vom gewählten Motor und LDR-Typ)

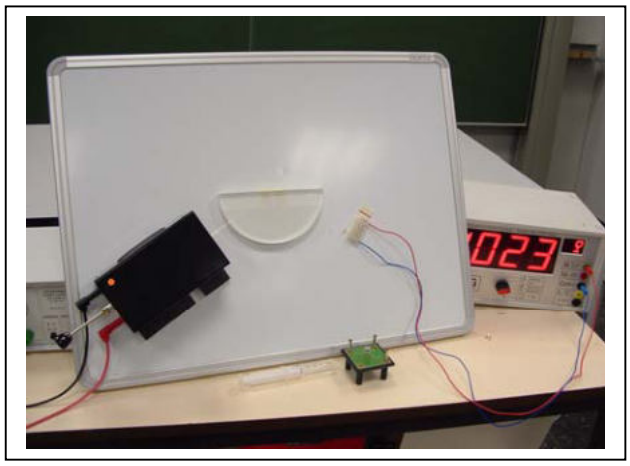
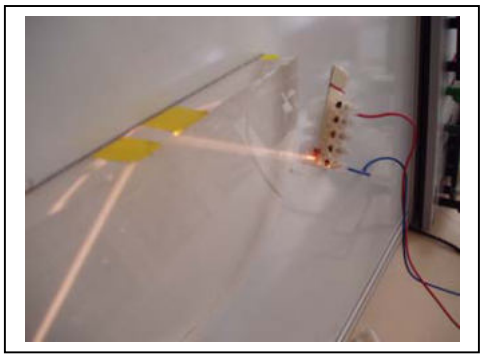


Abb. 1: Gesamtaufbau – LDR als Detektor



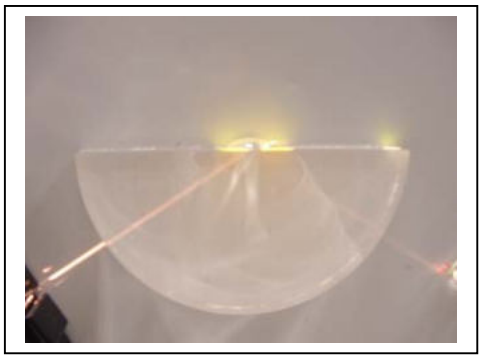


Abb. 2: Totalreflexion an der ebenen Fläche des Halbkreiskörpers (oben) und Störung der Totalreflexion durch einen Wassertropfen (unten)

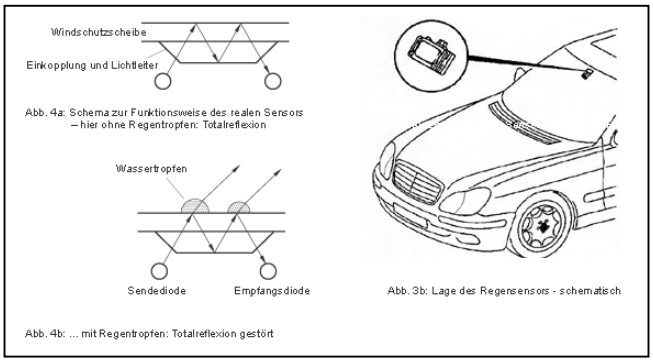
Vorbereitung
Der Halbkreiskörper wird so an der Magnettafel angebracht, dass die flache Seite fast waagrecht liegt, so dass bei der Versuchsdurchführung hier das Wasser aufgebracht werden kann, ohne gleich abzulaufen. Anschließend wird die Lampe so an der Tafel befestigt, dass das von ihr ausgesendete Lichtbündel gerade unter dem Grenzwinkel der Totalreflexion auftrifft. Zum Schluss wird ein lichtabhängiges Bauelement zur Bestimmung der Lichtintensität des reflektierten Bündels z. B. in Lüsterklemmenfassung mit doppelseitigem Klebeband an der Tafel befestigt und an ein Multimeter (Fotodiode: Spannungsmessgerät oder µA-Meter; LDR: Ohmmeter) angeschlossen (Abb. 1). Zum Auftragen des Wassers eignet sich eine Plastikspritze oder eine Pipette.

Durchführung/Ergebnis
Für die Versuchsdurchführung wird der Raum teilweise abgedunkelt, damit das lichtempfindliche Bauelement (z.B. LDR oder Fotodiode SFH 203) im Wesentlichen die Intensität des reflektierten Lichtbündels empfängt. Die Lampe wird angeschaltet und so gewählt, dass der Strahlengang deutlich zu erkennen ist. Dann liest man – je nach eingesetztem Bauelement - Fotospannung bzw. – strom oder den Widerstandswert ab. Anschließend werden an der Stelle des auftreffenden Lichtbündels einige Wassertropfen auf den Halbkreiskörper geträufelt, und man beobachtet dabei die Anzeige des Multimeters. Mit zunehmender Wassermenge stellt man eine Zunahme des Widerstandswertes bzw. Abnahme der Fotospannung fest. Durch Aufsaugen des Wassers mit einem Küchentuch lässt sich die Umkehrung, das Sinken des Widerstandswertes bzw. Ansteigen der Fotospannung bei Abnahme der Wassermenge, demonstrieren. Leicht gelingt es auch, das aus dem Wassertropfen austretende Lichtbündel darzustellen (Abb. 2 unten).

Funktionsweise
Solange sich kein Wasser auf dem Halbkreiskörper befindet, findet am Übergang Glas - Luft Totalreflexion statt (Abb. 2 und 3 oben), und somit trifft die gesamte Lichtintensität auf das lichtempfindliche Bauelement. Da der Grenzwinkel der Totalreflexion vom Medienübergang (Brechungsindizes) abhängig ist, erhält man bei aufgetropftem Wasser keine Totalreflexion, sondern eine Aufspaltung in ein reflektiertes und ein gebrochenes Bündel (Abb. 2 und 4 unten). Da die Intensität des reflektierten Lichtbündels nur noch ein Teil der Gesamtintensität ist, ändert sich die am lichtempfindlichen Bauelement registrierte Helligkeit. Die zu beobachtende schrittweise Änderung erklärt sich durch die Breite des Lichtbündels. Erst wenn das Bündel mit der gesamten Breite auf Wasser trifft, ist das Minimum der reflektierten Intensität erreicht.

Der reale Regensensor wird innen an der Frontscheibe befestigt und arbeitet nach folgendem opto-elektronischem Prinzip (Abb. 3 und 4):[1] Das Licht einer Leuchtdiode (Sendediode, IR) wird über ein Prisma in die Scheibe eingekoppelt, darin weitergeleitet und über eine optische Ankopplung in eine Fotodiode (Empfangsdiode, IR) geführt. Die empfangene Lichtmenge hängt von der Regenintensität ab, weil Regentropfen die Totalreflexion an der Glasoberfläche zum Teil aufheben (Änderung des Brechungsindex).

Abb. 3a: Lage des Regensensors



Ein Elektronikmodul erzeugt aus der Veränderung der Lichtmenge ein Signal zur Steuerung des Wischerbetriebs. Um Fehlinterpretationen durch Kondensationsfeuchte vorzubeugen, hält eine integrierte Heizung den Messbereich von innen trocken.

Hinweis

Um an der Stelle, an der das Licht reflektiert wird, einen großen und gleichmäßigen Wassertropfen zu erhalten, klebt man links und rechts dieser Stelle je einen Klebestreifen auf den Halbkreiskörper auf. Das Wasser wird nun in den so entstandenen Kanal getropft. Auf Grund der Begrenzung wird ein Auseinanderlaufen des Wassers verhindert und es kann ein dicker gleichmäßiger Tropfen entstehen.

Methodischer Einsatz

Der dargestellte Versuch ist vorwiegend als Demonstrationsexperiment vorgesehen. Unter Verwendung von Optik-Schülerübungskästen kann das physikalische Phänomen qualitativ durch die Schüler und Schülerinnen selbst erarbeitet werden. Die Materialien werden dabei nicht an einer Magnettafel befestigt, sondern flach auf den Tisch gelegt. Da man nun kein Wasser auf den Halbkreiskörper aufbringen kann, verwendet man eine plankonvexe Linse, die ihrer Form nach einen Wassertropfen simuliert. Um einen optischen Kontakt herzustellen, wird eine dünne Wasserschicht zwischen Linse und Halbkreiskörper gebracht.

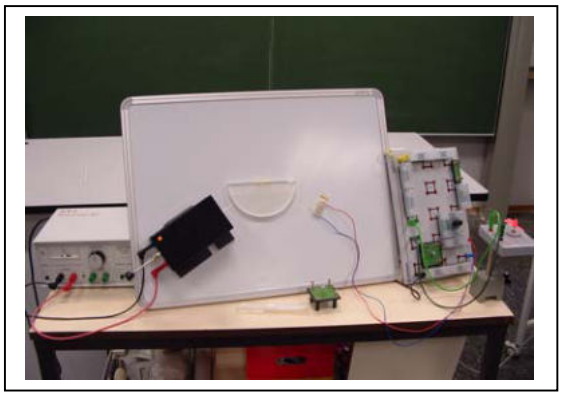


Abb. 5: Gesamtaufbau – realer Sensor

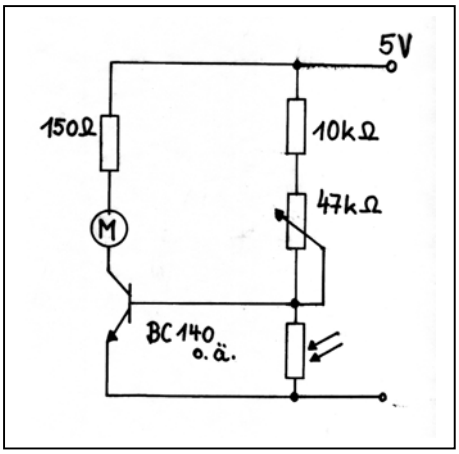


Abb. 6a: Schaltbild zur Ansteuerung eines Motors

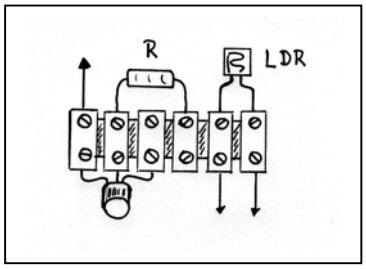
[1] Siehe: mot, 7/1996, S. 15-16.

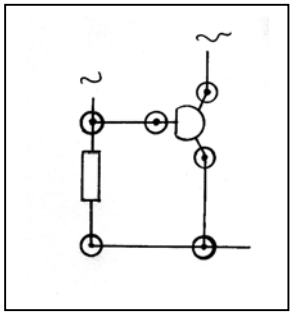
Varianten

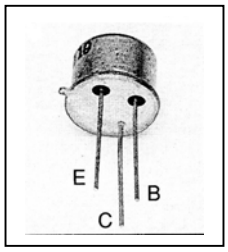
Abb. 5/6 zeigt eine Variante, bei der ein lichtabhängiger Widerstand zur Steuerung eines kleinen Solar-Motors mit Flügelrad genutzt wird. Dabei dient der regelbare Widerstand (Potentiometer) zur Einstellung der Empfindlichkeit bzw. zur Abstimmung an die wechselnde Raumhelligkeit.

Dieser Versuch eignet sich sehr gut für Facharbeiten oder zum Aufbau während Projektwochen. Hat man keinen Elektronik Baukasten bzw. Steckmodule zur Verfügung, kann die entsprechende Elektronik auch sehr leicht mithilfe von Lüsterklemmen oder mit der sog. „Reißzwecken-Technologie“ realisiert werden.

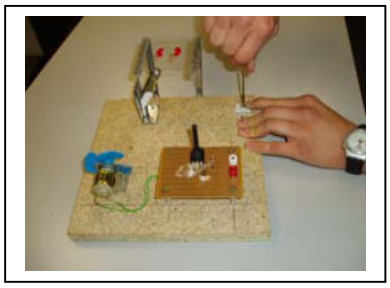
Aufbautipps:







Aufbauvarianten:



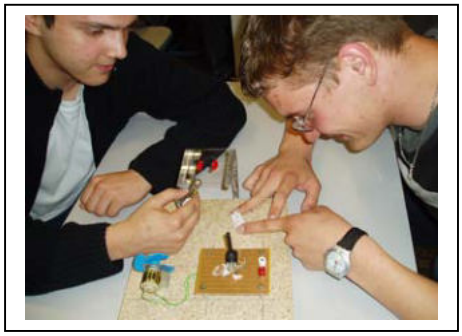
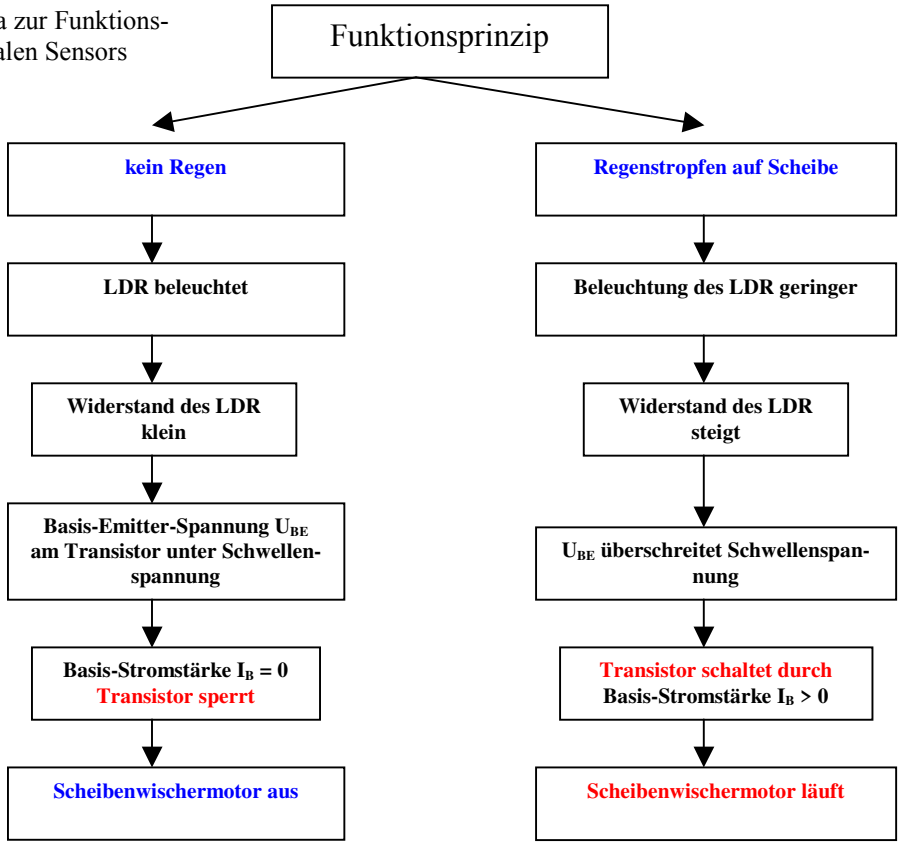
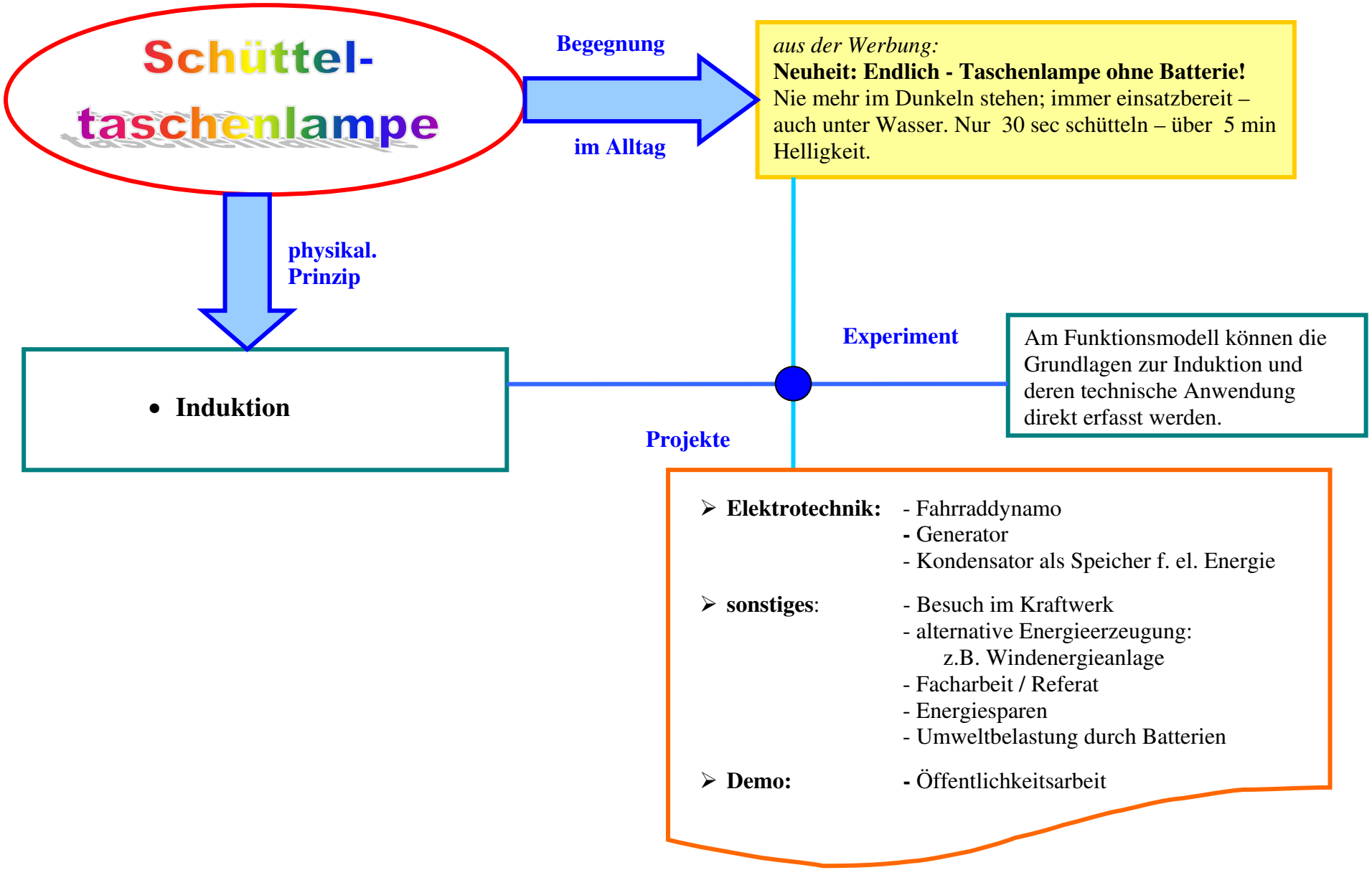


Abb. 6b: Schema zur Funktionsweise des realen Sensors



Tipps

- Um an der Stelle, an der das Licht reflektiert wird, einen großen und gleichmäßigen Wassertropfen zu erhalten, klebt man links und rechts dieser Stelle je einen Klebestreifen auf die Glasscheibe auf. Das Wasser wird nun in den so entstandenen Kanal getropft. Auf Grund der Begrenzung wird ein Auseinanderlaufen des Wassers verhindert und es kann ein dicker gleichmäßiger Tropfen entstehen.
- Um Einflüsse des Umgebungslichtes zu verringern, empfiehlt es sich auch die lichtempfindliche Fläche des LDR mit dunklem Klebeband teilweise zu überkleben und / oder die Raumhelligkeit herabzusetzen.
- Benutzt man anstelle des Mikromotors einen handelsüblichen Solarmotor, so muss der vorgeschaltete Widerstand angepasst oder sogar ganz entfernt werden. Verwendung eines anderen LDR kann ebenfalls zur Änderung der entsprechenden Widerstandskombination führen.


Schüttel-
taschenlampe
Begegnung
im Alltag
aus der Werbung:
Neuheit: Endlich - Taschenlampe ohne Batterie!
Nie mehr im Dunkeln stehen; immer einsatzbereit – auch unter Wasser. Nur 30 sec schütteln – über 5 min Helligkeit.
physikal. Prinzip
• Induktion
Experiment
Am Funktionsmodell können die Grundlagen zur Induktion und deren technische Anwendung direkt erfasst werden.
Projekte
➢ Elektrotechnik: - Fahrraddynamo
- Generator
- Kondensator als Speicher f. el. Energie
➢ sonstiges: - Besuch im Kraftwerk
- alternative Energieerzeugung:
z.B. Windenergieanlage
- Facharbeit / Referat
- Energiesparen
- Umweltbelastung durch Batterien
➢ Demo: - Öffentlichkeitsarbeit

Schüttel -Taschenlampe[1], [2]

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI, SII	Elektrik	Elektromagneti-sche Induktion	●●	■	- ca. 10 min. ca. 15 min.

Das Modell einer batterielosen Taschenlampe dient zur Einführung in die elektromagnetische Induktion.

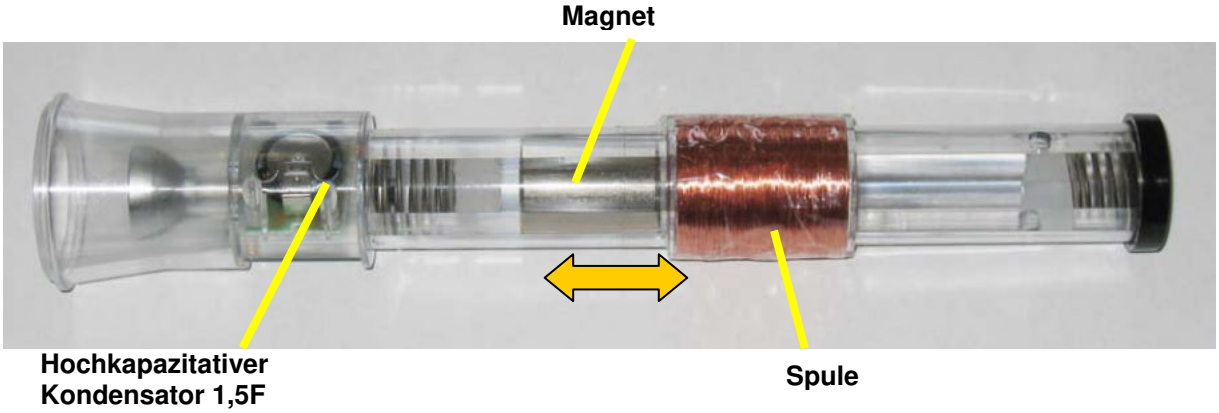


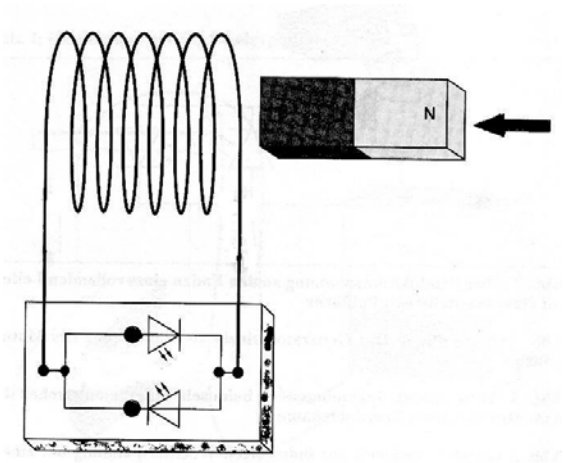
Abb. 1: Aufbau der Lampe[3]

- Einfacher Aufbau!
- Die für die Induktion relevanten Teile sind recht groß und problemlos ohne Öffnen der Lampe zu erkennen.
- Das sich ändernde Magnetfeld wird durch einen Permanentmagneten erzeugt – nicht durch eine Spule.
- Einfacher Nachbau – auch in Schülerübungen.

Experiment 1: Nachbau der Lampe

Materialien

- Stabmagnet
- (besser versch. Stärke)
- Leuchtdiode rot
  grün
- Spulen mit unterschiedlicher Windungszahl typ. n = 300, 600, 1200, o.ä.
- Grundplatte
- alternativ: Elektronikbauteile aus Schüler-übungssatz
- Kabelmaterial



[1] Vertrieb des abgebildeten Modells: Conatex-Didactic, didactic@conatex.com, www.conatex.com
[2] Mitkonzeption F. Jung, Lehrprobenentwurf in Physik, Staatl. Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, Kaiserslautern, 09. Okt. 2003
Betreuung: StD Werner Stetzenbach, Wilhelm-Erb-Gymnasium, Winnweiler
[3] www.conatex.com

.... und so könnte Ihre Unterrichtsstunde verlaufen

Phase	Inhalt	Methode	Medien
Einstieg	Batterielose Taschenlampe ● Wie funktioniert sie? ● Was muss / sollte man bei der Konstruktion einer solchen Taschenlampe beachten?	UG	**Taschenlampe**
Erarbeitung 1 und Sicherung (Hypothesenbildung)	Modellexperiment: ● Nachbau der Taschenlampe ● Wovon hängen Betrag und Vorzeichen der induzierten Spannung ab?	Sch.-Exp. LSG	**Freihand-Schülerexp.** **Tafel** **Kopie**
Erarbeitung 2	Wie muss ein quantitatives Experiment aufgebaut sein, um die Abhängigkeit von der Windungszahl zu untersuchen?	UG	
Messungen	Quantitatives Experiment: Induktionsspannung in Abhängigkeit von der Windungszahl	SD-Exp.	**Demo-Exp.** **Folie / AB** **evtl. PC + Beamer**
Erarbeitung 3 und Sicherung	Auswertung der Ergebnisse	UG	**Folie / AB**
Vertiefung	optional: Planung von weiteren Experimenten zur Untersuchung anderer Abhängigkeiten	UG	

Der Einstieg erfolgt durch die Demonstration der Taschenlampe. Sie leuchtet zunächst nicht – vorher natürlich entladen lassen. Durch das Schütteln fängt sie sofort an zu leuchten. Dieser im ersten Moment verblüffende Effekt / Impuls sollte die Schüler motivieren sich näher mit der Funktionsweise der Taschenlampe zu beschäftigen. Ein Unterrichtsgespräch stellt die Aktionsform in dieser Phase dar, da so eine möglichst offene Diskussion mit der Beteiligung vieler Schüler möglich ist.

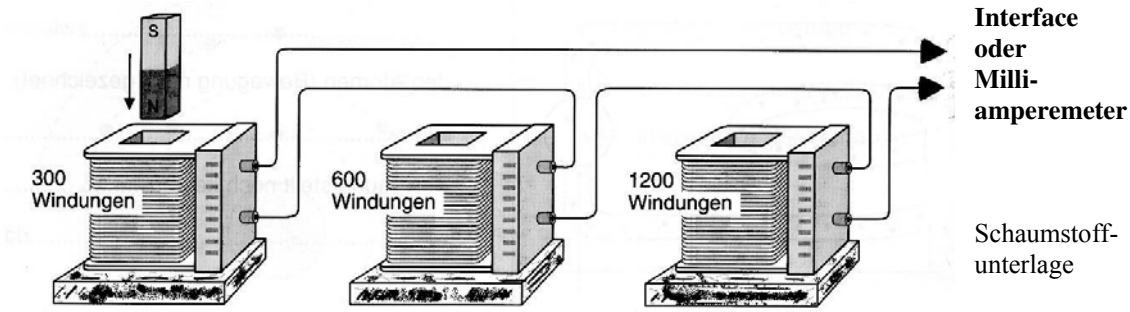
Die Vermutungen zu den Abhängigkeiten der induzierten Spannung sollen mithilfe von Schülerexperimenten geschehen. Dies ist auch problemlos möglich, da nur die in der Materialliste angegebenen und für eine Schulsammlung typischen Teile benötigt werden. Durch das Schülerexperiment werden alle Schüler aktiviert und alle haben die Möglichkeit die Abhängigkeiten zu erfahren. Damit findet auch ein Wechsel der Methode statt (→ Verringerung des Anteils der frontalen Phasen des Unterrichts).

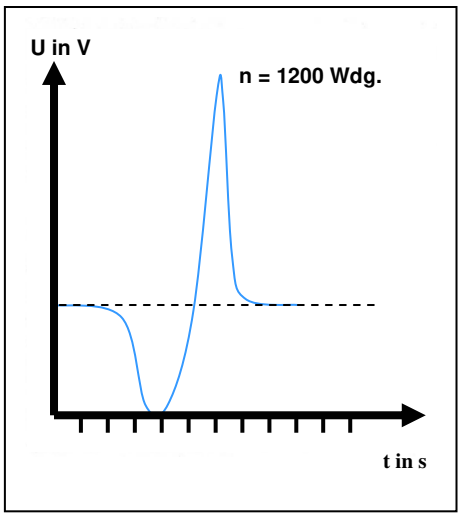
Das Schülerexperiment sollte offen angelegt sein: Kein Arbeits- oder Aufgabenblatt, anhand dessen bestimmt Abhängigkeiten untersucht werden sollen. Die Schüler sollten selbst anhand der gegebenen Mittel entscheiden, was und wie sie es untersuchen. Ein in Ansätzen forschender Unterricht lässt sich so realisieren.

Die Planung der weiteren Experimente sollte nun im Unterrichtsgespräch stattfinden. So haben viele Schüler die Möglichkeit sich an der Planung zu beteiligen.

Die Durchführung des Experimentes (*siehe Exp. 2*) kann durch den Einsatz des PC mit Interface und angeschlossenem Beamer sicher aufwändig gestaltet werden; hat man diese Messsysteme nicht zur Verfügung, genügt ein einfaches Milli-Amperemeter (10mA).

Experiment 2: quantitativ





Lässt man den Magneten jeweils frei durch die Spulen fallen, kann man gleich ein weiteres Ergebnis diskutieren: Wieso besitzt der zweite Ausschlag entgegengesetztes Vorzeichen und ist höher als der erste?

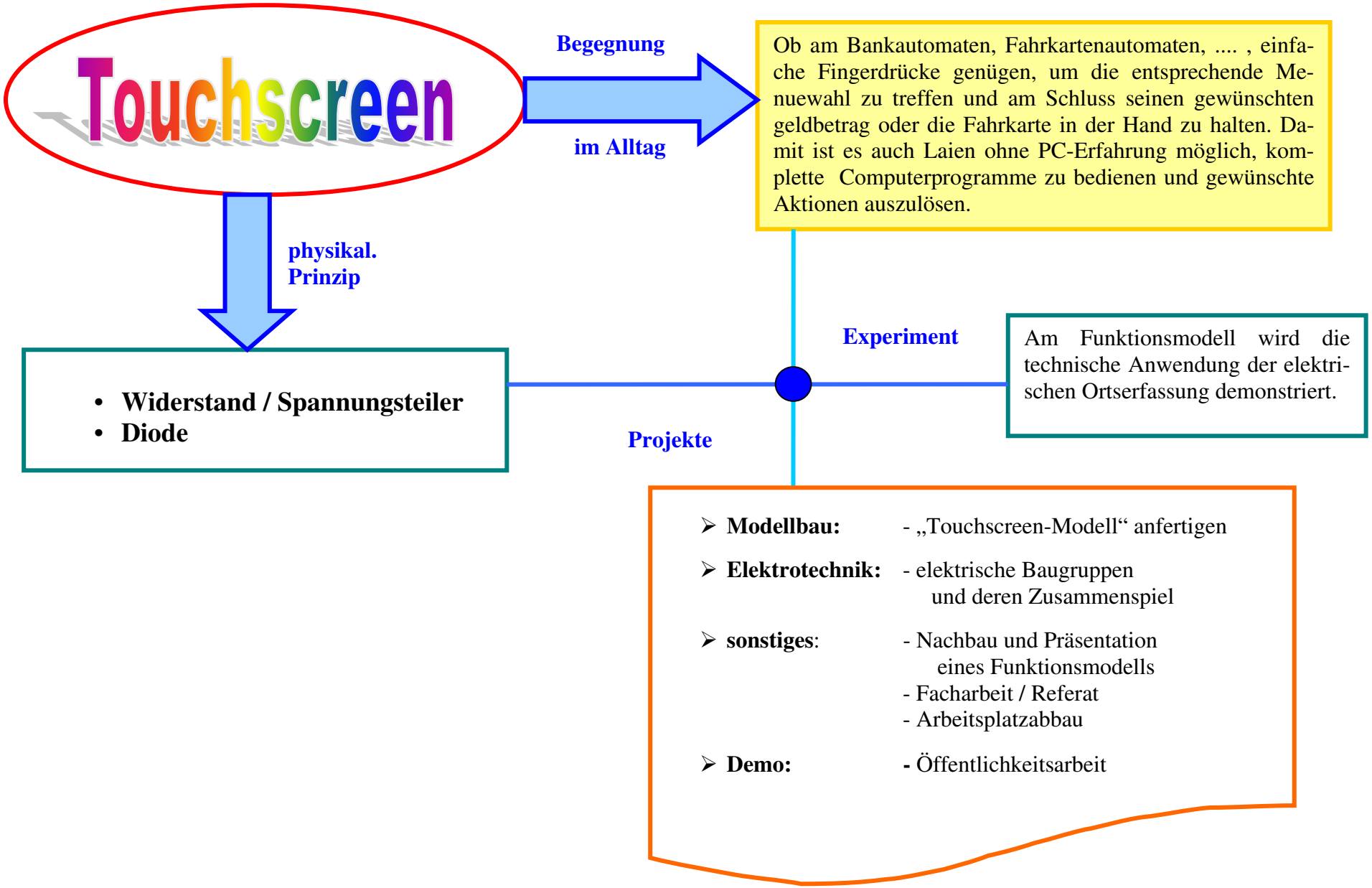
... und so könnte das Tafelbild aussehen

Elektromagnetische Induktion	**Vermutung:**
Wird ein Magnet durch eine Spule bewegt (d.h. das Mangetfeld in der Spule ändert sich), so wird an der Spule eine Spannung induziert (erzeugt). **Bsp.: Batterielose Taschenlampe**	**Der Betrag der induzierten Spannung hängt ab von:** • **der Windungszahl der Spule** • **der Stärke des Magneten** • **der Geschwindigkeit, mit der der Magnet bewegt wird.** **Das Vorzeichen der Spannung hängt von der Ausrichtung des Magneten ab.**

Ergänzende Literatur:

H.-J. Wilke: Einführende Experimente zur elektromagnetischen Induktion.

In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 53(2004), Heft 5, S.2–7


Touchscreen
Begegnung
im Alltag
Ob am Bankautomaten, Fahrkartenautomaten, ... , einfache Fingerdrücke genügen, um die entsprechende Menuewahl zu treffen und am Schluss seinen gewünschten geldbetrag oder die Fahrkarte in der Hand zu halten. Damit ist es auch Laien ohne PC-Erfahrung möglich, komplette Computerprogramme zu bedienen und gewünschte Aktionen auszulösen.
physikal. Prinzip
• Widerstand / Spannungsteiler
• Diode
Experiment
Am Funktionsmodell wird die technische Anwendung der elektrischen Ortserfassung demonstriert.
Projekte
➢ Modellbau: - „Touchscreen-Modell“ anfertigen
➢ Elektrotechnik: - elektrische Baugruppen und deren Zusammenspiel
➢ sonstiges: - Nachbau und Präsentation eines Funktionsmodells
- Facharbeit / Referat
- Arbeitsplatzabbau
➢ Demo: - Öffentlichkeitsarbeit

Der Touchscreen

Ob am Bankautomaten, Fahrkartenautomaten, am PC oder gar an Präsentationswänden einfache Fingerdrücke genügen, um die entsprechende Menüauswahl zu treffen und am Schluss seinen gewünschten Geldbetrag oder die Fahrkarte in der Hand zu halten. Damit ist es auch Laien ohne Erfahrung mit Computern auf einfache Art und Weise möglich, komplexe Computerprogramme zu bedienen und gewünschte Aktionen auszulösen. Zunehmend gewinnt diese Technologie weitere Bedeutung bei Handys, mobilen PCs, Fotokopierern, etc.. Es ist sicher nur noch eine Frage der Zeit, bis bei der Bedienung aller erdenklicher Haushaltsgeräte ebenfalls eine entsprechende Menüsteuerung die bisher üblichen Drehschalter oder Druckschalter ablösen.

Abb.: Touchscreen-Bedienung
hier: Handy-Pre-Paid-Karten

Wie aber funktioniert das Ganze?

Grundsätzlich besteht ein Touchscreen nicht nur aus der Berührungsfläche, sondern zusätzlichen Steuergeräten und einer Software, die letztendlich auf die Aktion der Berührung die richtige Reaktion folgen lässt. Wir reduzieren das Ganze und betrachten nur die eigentliche Eingabeeinheit, den Touchscreen.
Es existieren zahlreiche und z.T. sehr unterschiedliche technische Konzepte. Immer geht es aber darum, den Punkt zu lokalisieren, an dem der Bildschirm berührt wird. Auf eine preiswerte Technik, die häufig eingesetzt wird und die wir auch später experimentell untersuchen können, möchte ich näher eingehen. Weitergehende Informationen sind leicht mit einer Suchmaschine im Internet zu finden.

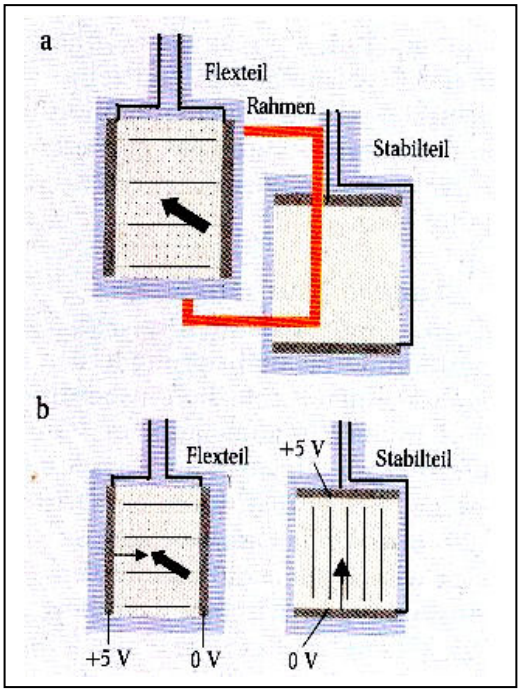
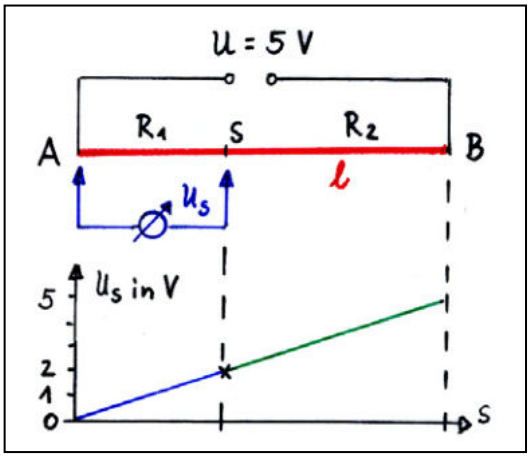


Abb.1a : Prinzipaufbau
(aus Physikjournal 1, 2002 Heft 9 S. 64)

Bei der als Widerstandstechnik bezeichneten Technologie ist eine Glasscheibe des Bildschirmes mit einer leitenden Schicht bedampft. Über diese Glasplatte wird eine auf der Innenseite ebenfalls bedampfte flexible Plastikschicht montiert. Beide Schichten werden durch einen Rahmen bzw. winzige Separatoren, welche über die ganze Fläche verteilt sind, gegeneinander auf wenige Millimeter Abstand gehalten und somit elektrisch isoliert.

Durch einen leichten Fingerdruck oder Druck eines Stiftes stellt man eine leitende Verbindung zwischen den Schichten an der Berührungsstelle her.



Liegt zunächst nur in der flexiblen oberen Schicht eine Spannung an, so kann am unteren Stabilteil bei Berührung der entsprechende horizontale Spannungswert abgegriffen werden. Physikalisch gesehen ist dies vergleichbar mit einem entsprechenden Spannungsabfall entlang eines Widerstandsdrahtes, an den man eine Festspannung von 5 V anlegt und den Spannungsabfall entlang des Drahtes mithilfe eines Spannungsmessgerätes bestimmt. Ein Anschluss des Messgerätes ist dabei mit dem Minuspol verbunden, der andere wird mit einer isolierten Krokodilklemme entlang des Drahtes verschoben.

Touchscreen: Drahtgittermodell

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI, SII	Elektrik	Stromkreise Dioden	●●	■	- ca. 1 Std. ca. 10 min.

Mithilfe einer elektrischen Schaltung sollen der prinzipielle Aufbau und die Funktionsweise eines Touchscreens, d. h. einer elektrischen Ortserfassung, demonstriert werden.

Materialien

Aufbau mit Rastersteckplatte

- Rastersteckplatte (etwa DIN A4)
- 4 Leuchtdioden mit eingebautem Vorwiderstand[1]
- 2 Batterieleisten oder Netzgeräte (bei denen der negative Pol nicht geerdet ist) zu je 4,5 V
- 16 Bananenstecker (ohne Isolation)
- 6 Verbindungskabel (ca. 30 cm lang)
- 4 Kurzschlusssteckbrücken
- unlackierter Kupferdraht (ca. 80 cm lang, 0,5 mm Querschnitt) oder Schaltdraht
- Schmirgelpapier
-

Aufbau auf Holzplatte

- Holzplatte (etwa DIN A4, Dicke 3 cm)
- 4 LED
- 2 Widerstände 180 Ω
- 4 Einbaubuchsen für Bananenstecker
- 16 Bananenstecker ohne Isolation
- 4 Bananenstecker komplett für Verbindungskabel
- unlackierter Kupferdraht (ca. 80 cm lang, 0,5 mm Querschnitt) oder Schaltdraht (versilbert, ca. 0,8 mm Querschnitt)
- Schmirgelpapier
- Holzbohrer (4 mm)

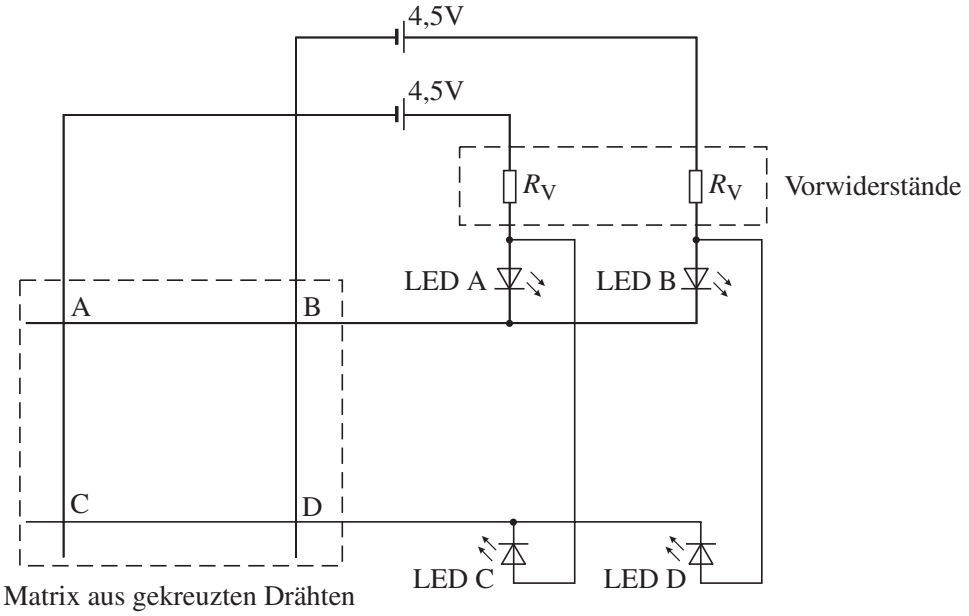


Abb. 1: Schaltskizze

[1] Falls "normale" LEDs eingesetzt werden, sind noch zwei Vorwiderstände (R = 180 Ω) erforderlich.

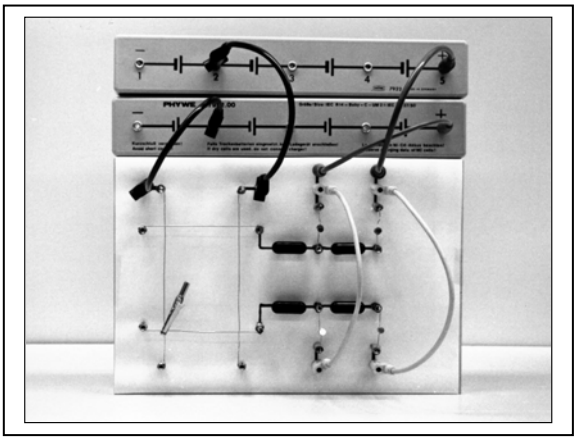


Abb. 2a: Aufgebautes Modell (in Punkt C simuliert eine Klemme eine Berührung der Drähte)

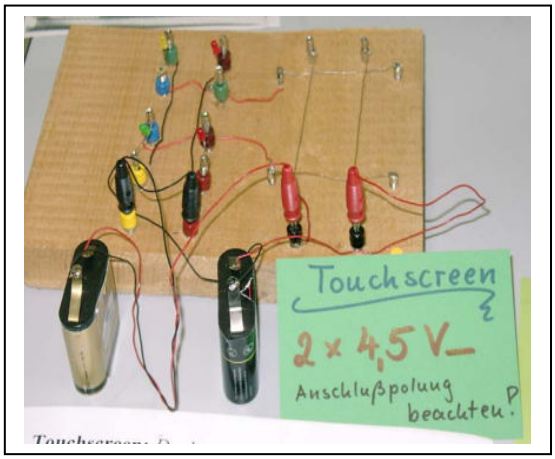


Abb. 2b: Aufbau auf Holzbrett

Vorbereitung
Zunächst wird der Kupferdraht in vier Stücke von je 20 cm unterteilt, die acht Enden werden dann mit Bananensteckern verlötet.
Die restlichen Bananenstecker werden an die Anschlüsse der Leuchtdioden angelötet, wobei man auf kurze Lötzeiten achten sollte, um das Bauteil nicht zu beschädigen.
Der weitere Aufbau erfolgt im Anschluss daran gemäß Abb. 1 (siehe auch Abb. 2) auf dem Steckbrett, wobei man jeweils zwei Drähte senkrecht und waagrecht aufspannt.
Dabei sollten sich die Kreuzungspunkte A bis D nicht berühren, sondern ca. 5 mm Abstand voneinander haben. Dies lässt sich im übrigen leicht durch unterschiedlich tiefes Einstecken der Bananenstecker in die Steckbrettlöcher realisieren. Die Drähte sollten ferner etwas vorgespannt sein, so dass diese nach dem späteren Zusammendrücken wieder die Ausgangslage einnehmen. Diese Vorspannung erreicht man durch das Aufwickeln der Drähte auf die oberen Enden der jeweiligen Bananenstecker.

Durchführung/Beobachtung
Beim Zusammendrücken der Drähte an den Kreuzungspunkten A, B, C oder D leuchtet die entsprechende Leuchtdiode A, B, C oder D auf.

Erklärung
Die Kreuzungspunkte A bis D lassen sich als geöffnete Schalter auffassen, welche beim Zusammendrücken geschlossen werden und somit einen Stromfluss im jeweiligen Zweig ermöglichen.
Der Aufbau und die Verschaltung der Bauteile sind so gewählt, dass beim Kurzschließen des Punktes A ein Strom in dem Zweig fließt, in welchem sich die LED A befindet, die dann aufleuchtet.
Beim Kurzschließen des Punktes B fließt in dem Zweig Strom, in welchem sich die LED B befindet, die in diesem Fall dann aufleuchtet, und so weiter.
Unter Verwendung der hier dargestellten Drahtmatrix und den entsprechend angeordneten Leuchtdioden, lässt sich somit eine relativ einfache elektrische Ortserfassung realisieren.

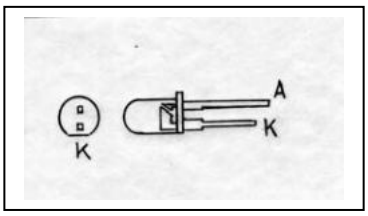
Variation
Falls keine speziellen Leuchtdioden mit bereits integrierten Vorwiderständen verwendet werden, wäre eine Dimensionierung der erforderlichen Vorwiderstände, abhängig vom verwende-

ten LED-Typ sowie den vorhandenen Spannungsquellen, mithilfe des Ohmschen Gesetzes denkbar.
Ebenso könnten die Schwächen des hier dargestellten Modells aufgezeigt werden, indem man z. B. zwei Kreuzungspunkte gleichzeitig drückt und versucht, die gemachten Beobachtungen[2] zu erklären. In gleicher Weise könnte auf die Problematik bei der Verwendung von Glühbirnen statt Leuchtdioden näher eingegangen werden, da in diesem Fall die übrigen drei Glühbirnen, bei denen die entsprechende Drahtkreuzung nicht gedrückt wurde, schwach mitleuchten, weil durch deren Glühwendel ein Stromfluss stattfindet. Hierdurch können die Schüler und Schülerinnen auf die Funktion der Leuchtdioden als Gleichrichter aufmerksam gemacht werden.

Methodischer Einsatz
Dieser Versuch könnte in der SI zur Einführung in das Thema Stromkreise dienen, in der SII bietet sich der Versuch bei der Behandlung von Dioden an. Die Variation mit der Berechnung von eventuell erforderlichen Vorwiderständen ist im Rahmen des Ohmschen Gesetzes denkbar.
Da bei diesem Versuch nicht unbedingt Lötkenntnisse erforderlich sind und außerdem unbedenkliche Spannungen verwendet werden, können auch Schüler und Schülerinnen den Versuch vorbereiten, durchführen und auswerten.

Der Alternativaufbau eignet sich sehr gut für einen Einsatz in der Projektwoche. Die notwendigen Elektronikteile (siehe Materialliste) besorgt man sich vorab im Elektronik- Fachgeschäft oder Versandhandel. Zum Aufbau bereitet man zunächst ein Holzbrett vor. Legt ein Stück weißes Papier darauf und zeichnet sich den Schaltplan einschließlich der notwendigen Bohrlöcher auf. Um den späteren Halt der Stifte zu gewährleisten, bohrt man die Löcher ca. 2 cm tief. Ebenso bohrt man die Löcher für die Einbaubuchsen der Batterieanschlusskabel. Den nicht isolierten Draht unterteilt man in vier Stücke von je ca. 20 cm, die acht Enden werden mit Bananensteckern verlötet.

- Möchte man das Löten vermeiden, benutzt man am besten die etwas teueren Bananenstecker mit Schraubanschluss.
- Leuchtet die eine oder andere LED nicht, dann liegt dies mit größter Wahrscheinlichkeit an der falschen Polung. Bei falscher Polung sperrt die LED wie eine ganz normale Diode. Also einfach mal LED-Anschlüsse wechseln.



- Polung der LEDs ohne eingebautem Vorwiderstand nie direkt mit 4,5 V Batterie überprüfen; immer Vorwiderstand 180 Ω in Reihe schalten. Sie danken es mit langer Lebensdauer!
- Treten Kontaktprobleme auf, Drahtstücke kurz abschmirgeln.

Hinweis
Etwas mehr Aufwand und experimentelles Geschick erfordert der in „Low Cost - High Tech Freihandversuche, Aulis Verlag Deubner, Köln 2000 (Seite 196-197)“ beschriebene Versuchsaufbau. Dafür arbeitet man sich mit diesem Modellversuch immer näher an die Realität heran.

[2] In diesem Fall leuchten, je nach Wahl der beiden Kreuzungspunkte, z. B. alle vier LED, statt der erwarteten zwei LED.

Fragen, die uns immer wieder gestellt wurden .....

1. Wodurch erreichen wir eine verstärkte Motivation, Eigentätigkeit und Eigenverantwortung der beteiligten Schülerinnen und Schüler?

In Ihrem neuen Auto ist ein Regensensor eingebaut, der bei Regen automatisch den Scheibenwischer einschaltet. Aber wie erkennt er, dass es regnet? Ihre elektrische Zahnbürste, die Sie brav in die „power station“ setzen, erhält ohne Kabel Energie aus dem Netz. Aber wie? An die Computermaus haben Sie sich schon lange gewöhnt. Aber wie hängt der bewegliche Pfeil am Bildschirm mit der Mausposition zusammen? Wie funktioniert eine Laserabhöranlage oder gar ein optisches Mikrofon? Warum friert der Eisbär nicht?

© A. Siebert

Fragen, die nicht nur Sie sicher interessieren, sondern auch für die gegenwärtige Lebenswelt von Schülerinnen und Schüler bedeutsam sind. Diesen, von Jugendlichen als modern empfundenen Alltag in den Schulsaal zu holen, war unser primäres Ziel, um ein effektives / effektiveres Physiklernen zu ermöglichen.

„Schülerinnen und Schülern werden in der Schule häufig Fragen beantwortet, die sie nie gestellt haben.“

Ausgehend von einem Schülerinnen und Schülern bekannten Alltagsgerät *(High Tech)* erfassen wir das zu Grunde liegende physikalische Prinzip. Dies ist eine Abkehr von der Vorgehensweise, die auch heute noch typischerweise zu viele Physikstunden prägt: Charakteristisch ist dabei, von einem physikalischen Phänomen in einer „akademischen“ Weise auszugehen und dann abschließend auf die Anwendung im Alltag lediglich hinzuweisen. Dient hingegen der Kontext als Leitlinie, kann die Erarbeitung physikalischer Prinzipien wesentlich durch das Interesse an der Erklärung und Einbindung motiviert werden. Direkte persönliche Erfahrungen prägen so gestaltete Physikstunden – nicht nur rein physikalische Themen. Wir kommen damit dem Wunsch nach handlungsorientiertem, offenen Unterricht mit originären Erfahrungen im Fach Physik näher und stärken zudem die Unterrichtsform, von der nachgewiesenerweise die höchste Motivation für Schülerinnen und Schüler ausgeht. Passives und rezeptives Lernen wird durch aktives und konstruktives Lernen ersetzt: Schülerinnen und Schüler können sich aktiv mit den Lerninhalten und den Lernsituationen auseinander setzen und ihr eigenes Wissen mit Unterstützung des Lehrenden konstruktiv aufbauen und ergänzen. Wir erreichen zusätzlich eine Trennung der Lern- und Leistungssituation im Bewusstsein der Schülerinnen und Schüler. In der Klasse bzw. im Kurs entsteht dadurch sowohl ein produktives Lernverhalten als auch eine effizientere Leistungsatmosphäre. Unterschiedliche Leistungsvoraussetzungen wirken sich nicht trennend sondern integrierend aus: Kooperatives Lernen wird gefördert. Nebenbei werden Strategien zur praktischen Nutzung des Wissens und Kompetenzen zum permanenten selbstständigen Lernen angeeignet. Unterricht in Physik, wird wieder verstärkt Teil der Allgemeinbildung.

---

[1] B.Eckert, W. Stetzenbach, H.-J. Jodl: Low Cost – High Tech Freihandversuche, Aulis Verlag Deubner, Köln 2000 - *mit freundlicher Genehmigung des Verlages* -

2. Woran erkennen wir die verbesserte Teamfähigkeit der beteiligten Schülerinnen und Schüler?

Durch Einbeziehung des direkten Erfahrungsbereiches von Schülerinnen und Schülern rückte die selbst gesteuerte Auseinandersetzung mit physikalischen Phänomenen und Problemen schon zu Beginn einer Unterrichtseinheit – z.B. Motivationsphase – in den Vordergrund. Übernahm die Lehrkraft in dieser Unterrichtsphase lediglich die Moderation, bildeten sich automatisch Interessensgruppen bzw. Teams, die Lösungen / Lösungsstrategien anstrebten. Aus diesen wurde dann während der Unterrichtsdurchführung eine Expertengruppe bzw. Expertengruppen gebildet.
Aufgaben dieser Gruppe(n) war es dann, noch offene Fragen zu klären; ein gemeinsames Lernposter zu erstellen, um den Gesamtrahmen einer Unterrichtseinheit abzuschließen bzw. weitere Mitschüler über diese Thematik zu informieren. So konnten Mitglieder dieser Teams zeitweise in der Rolle des Unterrichtenden agieren; von ihnen hing es dann ab, was die anderen lernten.
War die Fragestellung sehr komplex, wurden vorab gezielte Arbeitsaufträge vergeben bzw. wir begnügten uns in der Anfangsphase dieses Unterrichtsthemas mit der gemeinsamen Erstellung einer Mindmap. Unproblematisch ergaben sich daraus oftmals Gruppen- / Teamaufträge. Auch in diesem Fall konnten die Unterrichtseinheiten in der o.g. beschriebenen Form abschließend vertieft betrachtet werden.
Diese sich größtenteils automatisch bildende enge Zusammenarbeit lässt sich sonst im Unterricht nur bei Projektarbeiten erreichen.
Nicht zu unterschätzen war das sonst unübliche Arbeiten in erweiterten Teams: Eltern, Freunde, Bekannte u.a.m. wurden in die Klärung eingebunden. Sie halfen Materialien zu besorgen, offene Fragen zu klären, den Sachverhalt besser zu verstehen und über Gespräche Sicherheit zu gewinnen oder unterstützten bei Präsentationstagen.

3. Welche Praxisrelevanz für den Alltag der Schülerinnen und Schüler oder für die Berufs- und Arbeitswelt weist unsere Konzeption / Projekt auf?

In der Erarbeitungs- und Evaluationsphase zeigte sich, dass durch alle Klassenstufen ein Physikunterricht mit direkten Bezügen zur modernen Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler problemlos gestaltet werden kann. Hochmotiviertes und breit gefächertes Lernen wurde ermöglicht; Begriffsbildungen fanden nicht nur im Physiksaal statt. Durch selbstständiges und teilweise selbst verantwortliches Arbeiten, Gruppenarbeit und offener Unterricht konnten Schülerinnen und Schüler verstärkt Erfahrungen mit dem eigenen Lernen bzw. sozialen Lernen machen.

Methodentraining: Die Eckpunkte, die eine verbesserte Teamfähigkeit erwarten lassen, wurden bereits in Frage 2) erörtert. Eine vollständigere Übersicht über die verbesserten bzw. intensivierten Möglichkeiten gibt das Beispiel „Elektrische Zahnbürste“).
Durch die Informations- und Materialbeschaffung lernen Schülerinnen und Schüler aber auch verstärkt Selbstständigkeit. Da die bearbeiteten Themen erst nach und nach Eingang in der Schulbuchliteratur finden bzw. erst in Neubearbeitungen nach Ende der eigentlichen Schulzeit zu finden sind, sind schon die Methoden der Informationsbeschaffung äußerst vielfältig (nicht nur www. .....). Kontaktsuche mit dem Umfeld der Schule, Handwerk und Industrie, Arztpraxen bzw. Unis oder Fachhochschulen sind oft unerlässlich.
Beim Selbstbau (z.B. im Rahmen eines Projektes) können manuelle Fertigkeiten und Problemlösungsstrategien (z.B. bei der Müllsortierung) trainiert werden.
Durch vielfältige Präsentationen wird zusätzliche Sicherheit im Umgang mit geeigneten Medien und in der Rhetorik erworben.

Aspekt der Zukunftsorientierung: Aufzeigen von Anwendungen der Physik im Alltag trägt dazu bei die Angst vor der Beschäftigung mit neuen Techniken und Materialien zu nehmen. Zusätzlich bringen diese Betrachtungen Transparenz in die vielfach kompliziert formulierten Geräteanleitungen. Der Benutzer (hier Schülerinnen und Schüler, deren Freunde, Eltern etc.) ist nicht mehr länger nur Bediener, der sich von Hochglanzbroschüren beeindrucken lässt. Er fordert von der Industrie mehr Information für zukünftige Produkte – entwickelt vielleicht sogar eine bewusstere, kritischere Haltung beim Kaufen. Sensibilität und Verantwortungsbereitschaft (z.B. Umweltverträglichkeit neuer Materialien), Kritikfähigkeit und Urteilsvermögen im Umgang mit widersprüchlichen Informationen (z.B. beim Vergleich der Wirkungsgrade von Glühlampen und sog. Energiesparlampen) wird gefördert.

Sicherheitsaspekt: Neue Techniken bergen aber auch Risiken. Durch Einbeziehung in den Unterricht kann auch der verantwortungsbewusste Umgang mit solchen Geräten eingeübt und Gefahren diskutiert werden.

Aspekt der Interdisziplinarität: Gesellschaftliche Fragestellungen – ein mittlerweile unverzichtbarer Bestandteil jedes Unterrichtes – sind automatisch integriert (z.B. Barcode – hier ist eine Diskussion über Arbeitsplatzgestaltung und Arbeitsplatzabbau einfach ein Muss!). Die Verknüpfung zu anderen Schulfächern bzw. Fachgebieten liegt ebenfalls oft direkt auf der Hand.

4. Wie ermittelten wir die Qualität der Lernprozesse der beteiligten Schülerinnen und Schüler?

Durch eine offene Orientierung am jeweiligen Kontext, konnte eine Trennung der Lern- und Leistungssituation im Bewusstsein von Schülerinnen und Schüler bewirkt werden. In den Klassen bzw. Kursen entstand dadurch sowohl ein produktives Lernverhalten als auch eine effiziente Leistungsatmosphäre.
Modifizierte Übungsphasen, Tests und Kursarbeiten lieferten Teile der Gesamtbenotung. Hierbei wurde auch Wert darauf gelegt, Aufgabenstellungen zu formulieren, die mehrere Vorgehensweisen zuließen und unterschiedliche Lösungswege ermöglichten. Natürlich wurden auch bisher übliche Aufgabenstellungen angeboten und auf das gesamte Spektrum der Möglichkeiten zur Leistungsbeurteilung zurückgegriffen.
Beiträge zu Schülerexperimenten, kleinere Projektarbeiten mit schriftlicher Ausarbeitung und Präsentation in der Lerngruppe bildeten eine weitere Möglichkeit der Bewertung. Präsentationen außerhalb der Lerngruppe war ein zusätzlicher Anreiz.
In der Sekundarstufe II konnte verstärktes Interesse an Facharbeiten sowie deren erweiterte Präsentation bei „Jugend forscht“ registriert werden.
Demonstrationen / Darbietungen an „Tagen der offen Tür“ und beim sog. „physikalischen Frühstück“ oder den „Science-Days“ im Europapark Rust überzeugten.

5. Wie gestaltete sich konkret die Zusammenarbeit mit Kolleginnen / Kollegen?

Ideen wurden grundsätzlich im Team (B. Eckert, ich selbst) bzw. im erweiterten Team (B. Eckert, Prof. H.J. Jodl (Uni Kaiserslautern), Examenskandidaten für das Lehramt an Gymnasien, ich selbst) diskutiert. Arbeitsaufträge vergeben und Ergebnisse neu diskutiert. Schon im Frühstadium der Erarbeitungsphase wurde ein enger Kontakt mit weiteren Kolleginnen und Kollegen der eigenen Schule bzw. anderer Schulen gepflegt (z.B.

interne Lehrerfortbildung, Lehrerfortbildungstage an der Universität, regionale Experimentiernachmittage). So konnten interessierten Lehrkräften frühzeitig Arbeitsideen und Materialien zur Verfügung gestellt werden, auch deren Anregungen und unterrichtliche Erfahrungen mit den Materialien bzw. der Konzeption bei der Fortführung des Projektes berücksichtigt werden.
Im eigentlichen Unterricht wurden selbstverständlich fächerübergreifende Fragestellungen (z.B. Warum friert der Eisbär nicht?, Aufnahme eines Herz-EKG's, Müllsortierung, ...) parallel mit Biologie bzw. in Zusammenarbeit mit einem entsprechenden Fachkollegen im Physikunterricht bearbeitet.

6. Welche Probleme bzw. Widerstände sind auf dem Weg aufgetaucht und wie haben wir diese bewältigt?

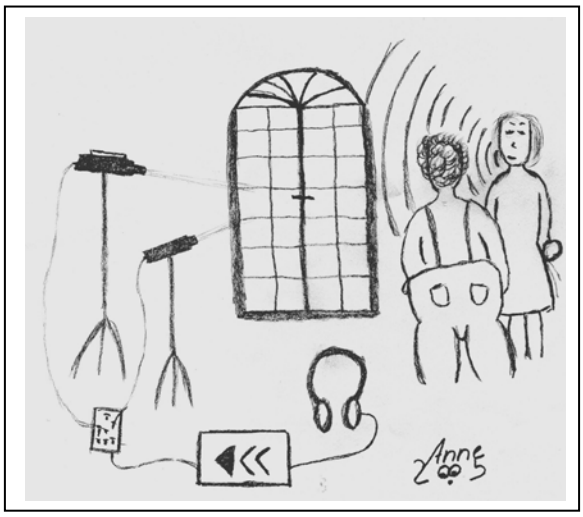
Widerstände / Probleme von Schülerseite gab es bisher keine.
Einwände kamen anfangs von Lehrerseite. Sie erachteten den Aufwand / Zeitaufwand als sehr hoch an, bis sie selbst entsprechende Versuche durchgeführt haben, ihre Unterrichtsgestaltung neu orientiert bzw. an einem der angebotenen Workshops teilgenommen hatten.
Problematischer war das Auffinden bzw. die Gestaltung von geeigneten Versuchen.

7. Worauf müsste unserer Meinung nach eine Kollegin / ein Kollege besonders achten, wenn sie / er Projektideen in ihren / seinen Unterricht übertragen wollte?

Einbeziehen der Interessenslage / geschlechtsspezifische Vorerfahrung der Schülergruppe ist der Start für eine erfolgreiche Unterrichtssequenz. So lassen sich z.B. Mädchen eher durch biologische, medizinische und soziale Fragestellungen motivieren als durch die meist eher technische Motivation, die Jungen besser anspricht. Natürlich Perspektiven der Schülerinnen und Schüler ernst nehmen. Durch entsprechend ausgewählte Themen und Aufgabenstellungen lassen sich auch zusätzliche Lernorte schaffen.
Frühzeitige Diskussion des Gesamtkonzeptes in der Fachkonferenz ist vorteilhaft. So kann der Ist-Zustand festgestellt werden – viele Kolleginnen und Kollegen nutzen wahrscheinlich eine ähnliche Konzeption für Teile ihres Unterrichtes. Eine Zusammenführung ist praktisch schon eine erste Erweiterung und dient zur Vermeidung von Doppelbelastung. Bei interdisziplinären Themen ist eine erweiterte Vorplanung mit frühzeitigen Absprachen sogar unerlässlich.
Geeignete Materialien und Unterlagen (z.B. von Firmen) und Arbeitsblätter sollten archiviert werden und am besten in einem eigenen Kästchen pro Themengebiet mit entsprechender Aufschrift gelagert werden. Alle Kolleginnen und Kollegen können dann weitere Arbeitsblätter, Versuchsteile und aktualisierte Materialien hinzufügen. Eine Stärkung sowohl der Eigen- / Selbstkompetenz als auch der Beziehungskompetenz.
Planungsschemata dienen zur Verbesserung der internen / externen Kommunikation. Sie können natürlich – entsprechend eigener Vorstellungen – verändert werden.

- z.Vgl. (S. 5-8) : - Planungsdiagramm für die Gestaltung einer Unterrichtseinheit
  - Aufbauschema einer Versuchsanleitung

Laserabhöranlage



Großer Lauschangriff! Schauen wir mal *James Bond* über die Schultern.
Wie High Tech seine Arbeitsweise beeinflusst kennen wir ja zu genüge aus den Filmen. Lassen wir nun mal ein bisschen von dieser Inspiration bzw. von diesem Feeling in unser Arbeitszimmer. Bauen wir uns ein Modell seiner Laserabhöranlage.

Und so funktioniert sie:

Ein Laserstrahl wird auf eine Fensterscheibe gerichtet; das reflektierte Licht wieder aufgefangen und auf einen lichtempfindlichen Halbleiterbaustein geleitet. Sprechen nun im Raum befindliche Personen, so regen deren Schallwellen die Fensterscheiben zu kleinen Schwingungen an. Der reflektierte Laserstrahl wird dabei natürlich im gleichen Takt verändert. Nun braucht das empfangene Signal nur noch verstärkt zu werden und schon ..... .

Na ja, etwas aufwändig ist die Anlage schon. Aber James würde von einer neuen Herausforderung sprechen. Nehmen wir sie an!

Materialien

- Laserpointer oder Halbleiterlaser / He-Ne-Laser
- Fotodiode BPW 34
- Alu-Haushaltsfolie
- 2 Kartonplättchen ca. 14 cm x 14 cm
- Klebeband
- Pocket-Radio mit Lautsprecher
  optional CD-Player mit externem Lautsprecher
- Niederfrequenzverstärker (Nf)
- Lautsprecher 4 Ω angepasst an Verstärker
- Steckplatine für elektronische Schaltung
- Batterie 9 V
- Batterieanschlussclip
- Widerstand R = 10 kΩ
  (abhängig vom benutzten Verstärker)
- Halter für „Fensterscheibe“
- Kabelmaterial
- Bananenstecker mit Schraubanschluss
  verschiedenfarbig
- Steckplatte für Verstärker

- optional Komplettverstärker
  z.B. KEMO M 033 18 W
  Betrieb mit regelbarem Netzgerät 6-20 V
  geringer Restwelligkeit, 1 A
  Testphase: 2 Flachbatterien je 4,5 V in Reihe
- optional IC-Verstärker 5 – 10 W - Bausatz – Batteriebetrieb oder Steckernetzgerät

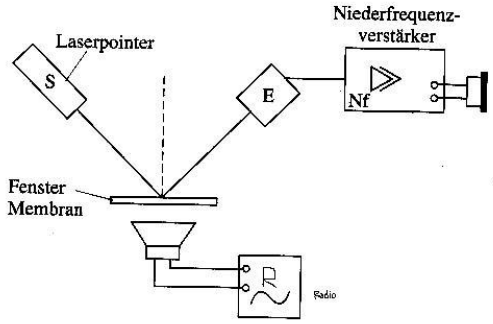
R = 2 MΩ Kemo-Verstärkermodul
R = 2 MΩ Bausatz-Verstärker 5 W

evtl.
- Digitalmultimeter
- Oszilloskop

optional
Holzbrett 12 cm x 12 cm x 0,6 cm mit 4 angeleimten Füßen und 8 Steckbuchsen mit Schraubanschluß; Kabelmaterial für Verbindungen

Tipp:
Geeignete Verstärker findet man auch in diversen Elektronik-Baukästen. Die angegebenen Bausätze findet man im Katalog des Elektronik-Versandhandels. Ein Elektronik-Fachhändler in Ihrer Nähe hat sicherlich auch entsprechendes Material zur Verfügung und berät gerne.

Vorbereitung
Zunächst stellt man das "Fenster" bzw. die "Mikrophon-Membran" her. Dazu schneidet man in die beiden Kartonplättchen zwei ca. 6 cm x 6 cm große Fenster. Zwischen beide Fensterrahmen legt man die Folie (ca. 9 cm x 9 cm) und fixiert den Rahmen an drei Seiten mit Klebeband. Eine Seite bleibt offen, so dass ein Wechsel der Folie möglich ist. Karton und Arbeitsplatz sollten unbedingt staubfrei sein, da Staub an der Folie sehr stark haftet und zu ungewollter Lichtstreuung führt. Auch ist darauf zu achten, dass die Folie selbst nicht verklebt wird bzw. nur leicht gespannt ist.
Zur Halterung des Fensters nutzt man eine kleine Holzleiste mit schmalem Schlitz, in den man den Fensterrahmen einklemmt.



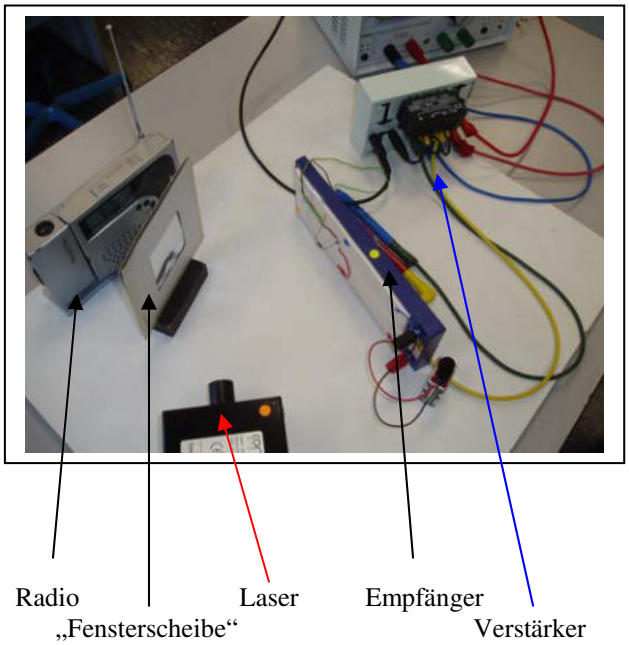


Abb. 1a: Aufbauskizze
Abb. 1b: Gesamtaufbau mit Halbleiterlaser, „Fensterscheibe“, Radio, Empfänger und Verstärker-modul

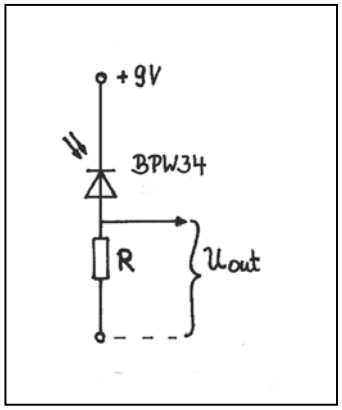
Aufbau/Durchführung

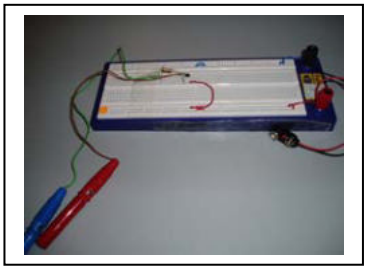
Der Lautsprecher und das Fenster bzw. die Membran werden im Abstand von ca. 1 cm aufgestellt (Abb. 1a,b). Und zwar so, dass der Lautsprecher direkt auf die Folie abstrahlt.
Der Lichtempfänger E wird entsprechend der Schaltskizze (Abb. 2) aufgebaut und an den Niederfrequenz-Verstärkereingang (Nf) angeschlossen.

Der Laserpointer wird nun so justiert, dass das Lichtbündel ungefähr unter dem Winkel von 45° auf die Folie trifft.
Sicherheitshinweis: ***Strahlengang des Laserpointers sollte zur Vermeidung von Augenverletzungen unbedingt eingegrenzt werden – auch auf Reflexionen achten.***

Das von der Folie reflektierte Licht sollte möglichst senkrecht auf die lichtempfindliche Schicht des Fototransistors bzw. Fotodiode fallen. Die Ausleuchtung des Fotodetektors kann – bei abgeschalteten Radio - mit einem Spannungsmessgerät überprüft werden; bessere Ausleuchtung bedingt einen höheren Spannungswert am Widerstand Leichte Verschiebung des Laserpointers bzw. des Empfängers bringt oft entscheidende Verbesserung der Signalübertragung. Beachten Sie dabei die Gültigkeit des Reflexionsgesetzes aus der Optik.

Hinweis: Fremdlicht ist störend. Fällt z.B. Licht aus Neonröhren oder Glühlampen auf den empfindlichen Detektor, kann man bei Betrieb das typische 50 Hz (100 Hz) – Rauschen infolge ihres Betriebes mit Wechselspannung hören. Hier hilft eine kleine Abdeckung über dem Empfänger oder noch einfacher – Licht erst gar nicht anschalten. Auch zu starker Tageslichteinfall kann zur Übersteuerung führen; eine Abdunklung des Raumes ist in diesem Fall die richtige Lösung. Notfalls kann man auch den Wert des Widerstandes im Empfängerkreis verringern.





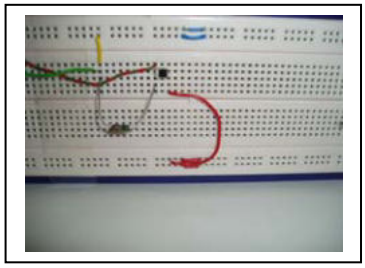
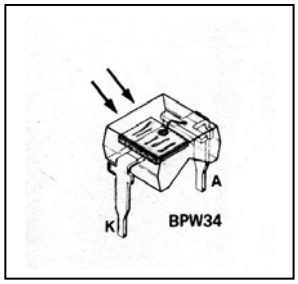
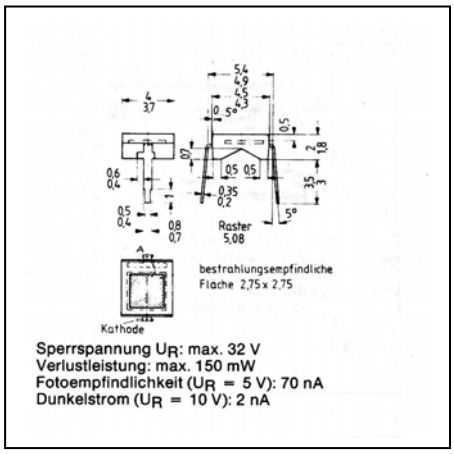


Abb. 2: Empfänger - Schaltskizze, Aufbau mit Steckboard

Abb. 3: BPW 34 –
Aufbauhilfe -





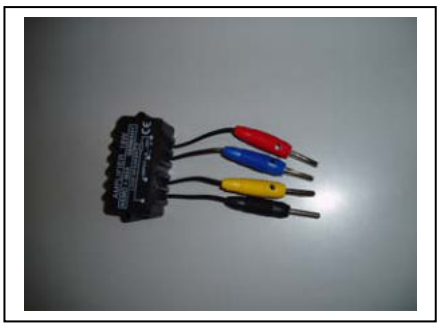


Abb. 4: Verstärkermodul

Erklärung

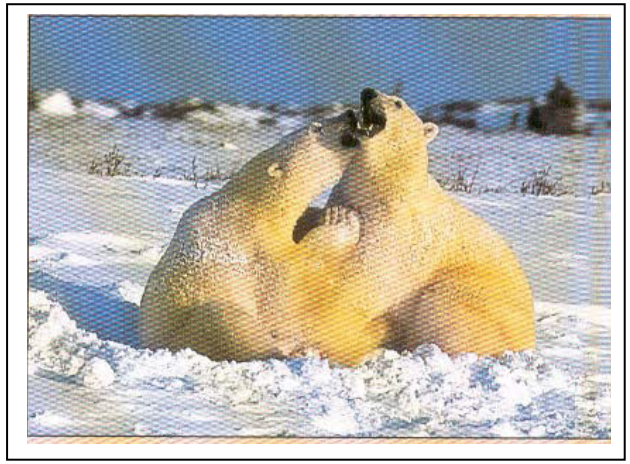
Eine sich im Raum ausbreitende Schallwelle versetzt aufgrund der Druckschwankungen die Wände und auch Fenster in Schwingung. Bei der Laserabhöranlage werden nun die Bewegungen der Fensterscheibe um ihre Ruhelage optisch "abgetastet". Durch die Auswertung der Schwingung der Fensterscheibe lassen sich so Rückschlüsse auf die Erregerschwingung ziehen.

Im Modellversuch bewegt sich der Laserpunkt infolge der schwingenden Folie auf und ab bzw. hin und her. Entsprechend ändert sich mit der Bewegung der Anteil der auf die lichtempfindliche Fläche des Phototransistors reflektierten Lichtintensität. Das Schallsignal wird damit wie bei der realen Abhöranlage zuerst in ein intensitätsmoduliertes Lichtsignal umgewandelt. Im Fotodetektor erfolgt dann in einem zweiten Schritt die Umwandlung des Lichtsignals in ein analoges elektrisches Signal, das leicht elektronisch verstärkt, gefiltert und weiterverarbeitet werden kann.

noch ein bisschen Physik…….

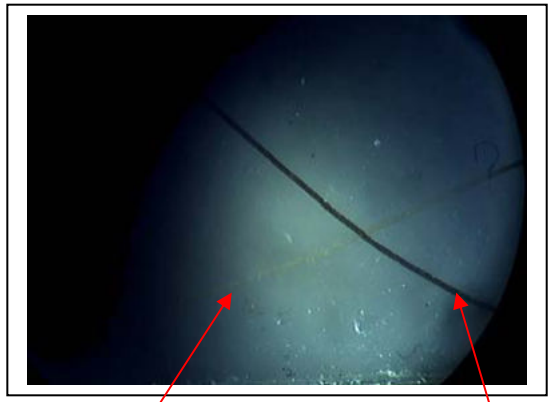
Beschallt man die Membran mit einem Sinussignal geeigneter Frequenz (z.B. mit PC-Soundsystem erzeugt), so kann man bei Beleuchtung mit Tageslicht und Hilfe eines Lichtleiters, wobei man ein Ende über die Membran führt und das andere an den Empfänger koppelt, Bereiche stärkerer und schwächerer Schwingungsweite feststellen - Chladni grüßt.

Warum friert der Eisbär nicht?



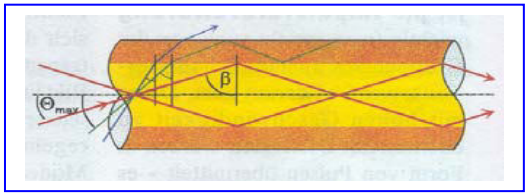
Ziel: **Von der Natur lernen.**

Nicht nur Kinder staunen über die Erfindungskraft der Natur, die auch Lösungen für unsere eigene Überlebensstrategie einer intakteren Umwelt entdecken lässt.



Eisbärhaar

Menschenhaar

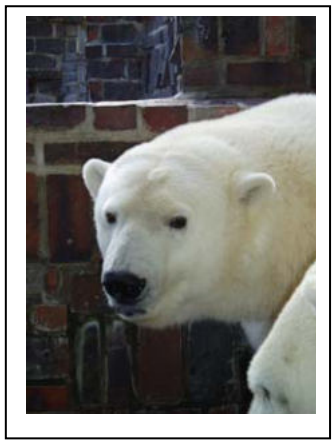


„Lichtweg“ im Eisbärhaar

.....warum ist das so?

Eisbärhaare sind nicht weiß, sondern durchsichtig und innen hohl; vergleichbar mit einem Trinkhalm. Wie mit Glasfasern werden die Sonnenstrahlen aufgefangen und auf die schwarze Haut geleitet. Das Sonnenlicht erwärmt diese Hautschicht; das dichte Fell verhindert nun umgekehrt die Abstrahlung dieser Wärme an die Umgebung – mit kurzgeschnittenen Haaren friert man eher am Kopf.

Warum friert der Eisbär nicht?



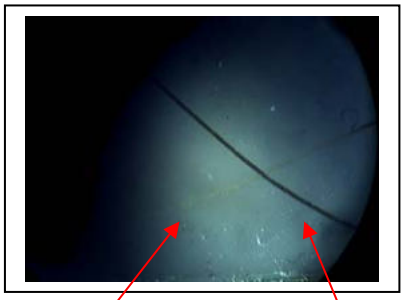
Ziel: Von der Natur lernen.

Nicht nur Kinder staunen über die Erfindungskraft der Natur, die auch Lösungen für unsere eigene Überlebensstrategie einer intakteren Umwelt entdecken lässt.

Was wir brauchen:

- Eisbär - Kuscheltier
- Eisbärhaare z.B. aus dem Zoo
- Menschenhaar
- Lupe (10-fache vergr.)
  alternativ:
  Mikroskop mit Beleuchtung,
  zwei Objektträger
- „Fan-Lampe“ mit Glasfaserbüschel
- Halogen-Tischleuchte
- Wärmedämmstoff - transparent (aus Baumarkt; Hersteller: Okalux)
- Trinkhalme oder Makkaroni
- schwarzes Scherenschnittpapier
- Ohrthermometer oder IR-Thermometer

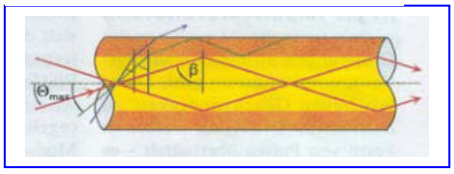
... im Kindergarten

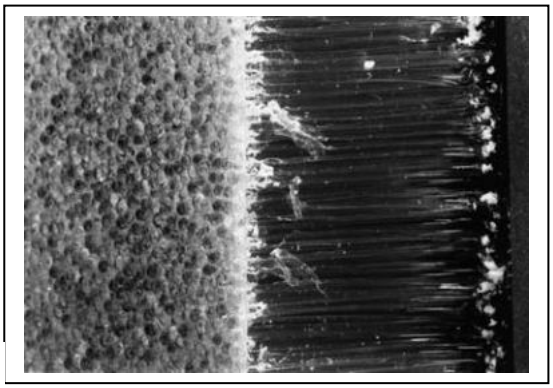


Eisbärhaar

Menschenhaar

„Lichtweg“ im Eisbärhaar
bzw. Wärmedämmung





Wärmedämmung
- Hohlfasern in der rechten Bildhälfte

.....warum ist das so?
Eisbärhaare sind nicht weiß, sondern durchsichtig und innen hohl; vergleichbar mit einem Trinkhalm. Wie mit Glasfasern werden die Sonnenstrahlen aufgefangen und auf die schwarze Haut geleitet. Das Sonnenlicht erwärmt diese Hautschicht; das dichte Fell verhindert nun umgekehrt die Abstrahlung dieser Wärme an die Umgebung.

Versuche:

- **Anhand eines Globus wird zu Beginn der Lebensraum des Eisbären den Kindern im Vergleich zum eigenen Lebensraum gezeigt. Dabei sollte unbedingt durch Beleuchtung mithilfe einer Halogen-Tischlampe *(künstliche Sonne)* die unterschiedliche Sonneneinstrahlung anschaulich dargestellt werden.**
- **Mit einer Lupe (besser Mikroskop) als Hilfsmittel erkennen und beschreiben die Kinder im direkten Vergleich die Unterschiede zwischen einem Menschenhaar und einem Eisbärhaar. *Gleichzeitig lernen sie auch diese optischen Instrumente als Hilfsmittel zur Entdeckung unbekannter Strukturen kennen.***
- **Nach dem Prinzip des Eisbärfelles wurde eine Wärmedämmung konzipiert. Sie kann nun umgekehrt im Experiment ein Modell für das Eisbärfell sein. Beleuchtet man den Wärmedämmstoff von der Außenseite mit einer Tischlampe oder richtet sie nach der Sonne aus (auf schrägen Lichteinfall achten!), so spürt man auf der geschwärzten Innenseite schnell durch Berührung der schwarzen Fläche *(Haut)* mit der Hand den Erwärmungseffekt.**
  Hat man keine geeignete Wärmedämmung zur Verfügung, kann man sich ein Modell mit Trinkhalmen oder hohlen Nudeln auch selbst herstellen.
- **Bei größeren Kindern kann man den Erwärmungseffekt zusätzlich mit einem IR-Thermometer am Messgerät sichtbar machen. Ein sog. Ohrthermometer – den Kindern meist bekannt – tut's natürlich auch.**
  Auch die verminderte Wärmeabstrahlung lässt sich mit einem IR-Thermometer leicht zeigen: Einfach Temperatur an der nackten Kopfhautoberfläche und zum Vergleich auf einer behaarten Stelle messen.

... kleine Forscher