

Echte , funktionierende Freihandversuche und ungewohnte Varianten einfacher Experimente (Tagung gedacht für Berufsanfänger/innen und Kollegen/innen , die Physik selten oder fachfremd unterrichten)

1) **Cartesischer Taucher** mittels einer durchsichtigen Plastikflasche (z.B. 1,5 l Wasser) und eines Backaromafläschchens , für Könner auch mit einem schmalen Reagenzglas z.B. für Vanilleschoten .

Dieses Experiment klappt auch als Schülerversuch sogar in größeren Klassen.

Das kleine Glasfläschchen wird mit etwas Wasser gefüllt und mit der Öffnung nach unten in einem Becken schwimmen gelassen. Das Füllen und Entleeren ist solange auszuprobieren, bis das Fläschchen gerade noch oben schwimmt.

Ist dies eingestellt , hält man den Daumen auf die Öffnung und setzt es in die volle große Wasserflasche oben ein , tunlichst ohne Wasser zu verlieren.

Schwimmt es dort noch richtig oben , füllt man die große Flasche nochmals zum Überlaufen voll und dreht sie fest zu .





Ein Druck , **egal an welcher Stelle der Flasche**, mit beiden Händen macht das Aromafäschchen zum U-Boot , man sieht sehr schön , dass unter Druck weiteres Wasser in es eindringt.



"Physikalische" Effekte:

Allseitige Ausbreitung des Druckes im Wasser ,
Wasser fast inkompressibel, **Luft** dagegen **komprimierbar** , das verdrängte Wasservolumen sinkt, der "**Auftrieb**" **nimmt ab** , das U-Boot sinkt.

2) Massenträgheit mit "Gewalt":

Man befestigt zwei scharfe Rasierklingen in Muffen an zwei sich ca. 1m gegenüber stehenden Stativstangen, hängt Papierschleifen darüber (nachdem man dem Publikum die Schärfe demonstriert hat) , hängt in diese Schleifen einen ca. 1,20 m langen , dünnen Holzstab (Durchmesser 2-3 mm) und stellt unter den Stab eine Pappkiste aus der Sammlung , um den Schlag aufzufangen und kein Loch in den Fußboden zu schlagen.

Dann schlägt man sehr schnell und hart mit einem Axtstiel , einem Hockeyschläger o.ä. auf die Mitte des Stabes (Vorsicht vor herumfliegenden Splitter!) .

Meistens bleiben die Papierringe heil, der Stab ist hingegen immer in 2-3 Teile zerbrochen.

3) Künstliche Schwerelosigkeit im freien Fall: (nach J. Friedrich, Pforzheim)

Einfachstversion: In einen Joghurtbecher unten ein kleines Loch machen , mit Wasser füllen , aus ca. 6-8 m Höhe fallen lassen , Loch bis zum Loslassen zuhalten.

Man sieht unten stehend , dass während des Falles kein Wasser austritt.

Fortgeschrittenere Versionen z.B. für hohe Parabelwurfbahnen: Plastikflasche mit Loch unten und Deckel soweit aufgedreht , dass Luft rein kann , oder mit ebenfalls kleinem Loch im Deckel oben (falls sich die Flasche doch im Flug dreht , sieht man dann, dass weder unten noch oben etwas herausfließt).

4)Die gewaltige „Kraft“ des Luftdrucks:

Man legt auf einem Tisch zwei **große** Bögen Zeitungspapier (gut: FAZ oder Zeit) eng anliegend über ein linealartiges Brettstück , das nicht zu dick sein soll . Dieses steht einige cm über den Tisch über, so weit , dass man es bequem mit einem Holzhammer treffen kann.

Je schneller und härter man schlägt , umso eher erreicht man, dass das Brett bricht und die Zeitungen sich nicht anheben.

(Grund: Die Zeit für einen Druckausgleich Ober-Unterseite der großen Papierfläche fehlt.)

5) Bestimmung des Erdradius nach Eratosthenes:

Man benötigt nur eine Stativstange mit Fuß , einen Farbstift , ein großes Blatt Papier (Posterrückseite) und gutes Wetter (Sonne) am 21.6.(Sommersonnenwende) um ca. 13.27 Uhr MESZ(für Baden-Baden) . Alles weitere siehe die folgende gescannte alte Veröffentlichung:

Eine einfache Methode zur Bestimmung des Erdumfanges

Von Emil Cavellius

In [1] wird die Methode des *Eratosthenes* zur Bestimmung des Erdumfanges sehr klar erläutert und mit historischen Anmerkungen bereichert. Am Tag der Sommersonnenwende (21. oder 22. Juni) steht die Sonne über allen Orten auf dem Wendekreis des Krebses im Zenit. In Assuan war nur an diesem Tag ihr Spiegelbild auf dem Grunde eines tiefen Brunnens zu sehen. Da am gleichen Tag in Alexandria die Sonne nicht im Zenit stand, war es *Eratosthenes* unter Annahme der Kugelgestalt der Erde möglich, aus dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen zur Mittagszeit und der Entfernung Alexandria—Assuan den Erdumfang zu berechnen. Für das Abschreiten der Strecke Alexandria—Assuan soll er einen Sklaven benutzt haben, uns muß heute aus Etatgründen ein Atlas oder eine Karte genügen.

Der Versuch läßt sich mit einer Stativstange, einem Tonnenfuß dazu, einem großen Papier, einem Stift und einem Schulatlas von jedem Schüler der Mittelstufe als „Hausaufgabe“ durchführen.

Man beachte, daß bei der Durchführung am 21.6 oder 22. 6 der wahre örtliche Mittag nicht zwischen 12 und 13 Uhr, sondern wegen der Sommerzeit erst zwischen 13 und 14 Uhr auftritt.

Es empfiehlt sich, den Ort der Stange vor Aufstellung

auf dem Papier zu markieren. Alle 15 Minuten wird mit einem Stift der Ort der Schattenspitze auf dem Papier markiert. Es genügt, dies zwischen ca. 12.30 Uhr und 14 Uhr Sommerzeit zu tun.

Anschließend bestimmt man den kürzesten Abstand Aufstellort der Stange—Schattenkurve, wobei das Augenmaß genügt.

Der Autor fand für eine $h = 60$ cm hohe Stativstange für den kürzesten Schatten s ca. 28 cm im Raum Baden-Baden. (Dieser kürzeste Schatten liefert auch die genaue N—S-Richtung.)

$$\text{Aus Abb. 1 ergibt sich: } \tan(\alpha) = \frac{s}{h} = 0,46 \Rightarrow \alpha \approx 25^\circ \quad (1).$$

Die Entfernung von Baden-Baden zum nördlichen Wendekreis ergibt sich längs eines Länglenkreises aus einem Atlas (1 : 12 000 000) zu ca. 2670 km.

Diese Entfernung muß also nach (1) einem 25°-Abschnitt des Erdumfanges entsprechen, der sich damit zu

$$\frac{360}{25} \cdot 2670 \text{ km} = 38488 \text{ km ergibt.}$$

Der Fehler ist unter 5 %, die Hauptfehlerquellen sind der Atlas sowie die Schattenunschärfe.

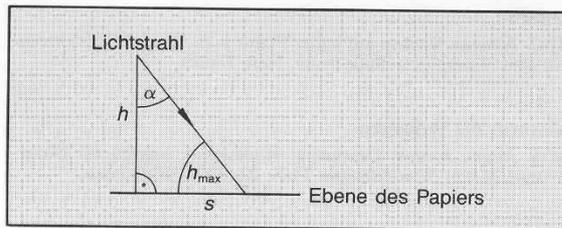


Abb. 1 Der Schattenstab (Gnomon) zur Zeit des wahren örtlichen Mittags (kürzeste Schattenlänge)

Aus der Theorie ergibt sich α zu $-25,25^\circ$:
 Am 22. 6. ist die Sonnendeklination $\delta_\odot = +23,5^\circ$.
 Aus $h_{\max} = \delta + 90^\circ - \varphi$ ergibt sich für Baden-Baden ($\varphi = 48,75^\circ$ geograph. Breite): $h_{\max} = 64,75^\circ$
 und daraus $\alpha = 90^\circ - h_{\max} = 25,25^\circ$.

Der große Vorteil dieser uralten Methode ist der Wegfall der Koordination zwischen verschiedenen Orten auf dem gleichen Längengrad (in [2] dargestellt), wenn man nur, wie es *Eratosthenes* tat, den Erzählungen der Leute von Assuan Glauben schenkt. Eine Studienfahrt am 21. 6. dorthin wäre allerdings auch nicht zu verachten.

Literatur

- [1] C. Sagan, Unser Kosmos, Droemer Knauer, 1982, S. 26 ff.
 [2] Schlosser-Schmidt-Kaler, Astron. Musterversuche, Hirschgraben 1982, S. 14 ff.

Anschrift des Verfassers:

Dr. E. Cavellius, Mattseestr. 6, 7580 Bühl 22

6)Beugung von Licht mit den Fingern:

Nur wichtig: Lichtquelle z.B. Kerze weit weg, dunkler Raum, Entfernung von 6-7 m reicht. Bildet man mit Zeige- und Mittelfinger einen schmalen, senkrechten Spalt direkt vorm Auge und blickt zur Kerze sieht man mehrere Beugungsbilder, sogar Farben!
 Alle Schüler können dies gleichzeitig durchführen.

7)Wechselstrom (50 Hz) ohne Oszilloskop:

Man befestigt eine übliche Glühlampe an einen ca. 60 cm langen Stab und schließt sie über einen Schutzwiderstand von z.B. 1 M Ω ans Wechselstromnetz an. Man sieht, dass beide Elektroden glimmen. Nun schwenkt man den Stab schnell hin und her, jeder sieht dann, dass immer nur jeweils eine Elektrode glimmt.

8)Enorme Wirbelstrombremsung bei "Supermagneten" (Neodym-Verbind., Bezug: Astromedia oder www.supermagnete.de o.ä.) (nach G. Hauser, Bühl)

Man lässt einen solchen Magneten oder eine ganze aneinanderhängende Gruppe dieser Magnete durch ein Cu-Rohr fallen, das ja bekanntlich nicht magnetisch ist (vorher demonstrieren). Von freiem Fall ist keine Rede, die Magnete schweben wirklich im Zeitlupentempo nach unten. Durch eine Plastikröhre fallen sie frei.

9)Der brennende Bleistift (nach G. Hauser, Bühl):

Man spitzt einen Bleistift auch hinten an, so, dass man mit Krokodilklemmen die Graphitmine sicher kontaktieren kann (Fehlerquelle: Bruch der Mine, kein Kontakt mehr)
 Nun leitet man ca. 10-20 A (bei bis zu 20 V) hindurch, es qualmt, das Holz entzündet sich sofort, brennt weg und man kann fast minutenlang die weiß glühende Graphitmine bewundern. Der Strom geht nachher schnell zurück, Spitzenwerte über 16 A treten aber durchaus auf, oft fliegen Sicherungen bei Netzgeräten raus, eine große, altmodische Schalttafel ist hier nützlicher.

10)Die leuchtende Gurke (nach B. Schorpp, Bühl):

Eine Essiggurke an beiden Enden mit Nägeln anstecken, daran bis zu 230 V legen (altväterliche Schalttafel nützlich!), man sieht einen imposanten Lichtbogen, der aus der Gurke heraus grünlich leuchtet, allerdings stinkt es nachher kräftig!

11)Der Fön im Wasser (nach R. Schajor, Ladenburg):

Man lässt sich einen billigen Reisefön schenken, der auch kaputt (wg. Rost) gehen darf. Ein Glasaquarium wird mit Wasser gefüllt und auf den Tisch gestellt. Der Fön wird an eine abschaltbare Steckdose gehängt und eingeschaltet.

Man fragt, was passiert, wenn man den laufenden Fön ins Wasser wirft. Nach wilden Antworten tut man es, er läuft unter Wasser weiter, keine Sicherung, auch kein FI-Schalter, springt raus! Man schaltet die Steckdose ab, holt den Fön erst dann aus dem Wasser, schaltet wieder ein und lässt ihn draußen wieder laufen.

Hängt man eine Erdleitung dazu ins Aquarium und wiederholt den Versuch, löst der FI-Schalter aus.

Logisch einfachste Reduktion dieses Versuches:

Man knipst ein zweiadriges und ein dreiadriges Netzkabel von einem alten Gerät ab und wiederholt den Versuch mit der gebotenen Vorsicht.

Beim zweiadrigen Kabel sieht man Bläschen hochsteigen (Elektrolyse), keine Sicherung löst aus.

Beim dreiadrigen Kabel löst die FI-Sicherung dagegen aus.

12) Ein Modellexperiment zur Wilsonschen Nebelkammer.(Brief von Dr. Gerd Brosowski, Saarbrücken):

Man nimmt eine Plastikflasche (ich habe Dir wohl gesagt, es ginge mit einer kleinen besonders gut, inzwischen aber habe ich das Experiment auch mit einer 1,5 Liter Flasche probiert; damit ging es noch besser).

Man gibt etwas Wasser in die Flasche, verschließt sie, schüttelt etwas (nicht unbedingt nötig, das Schütteln soll nur dafür sorgen, dass im Innern der Flasche die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist). Die verschlossene Flasche drückt man etwas zusammen, beim Loslassen geht sie in die Ausgangsform zurück. Dieses „Pumpen“ hat zunächst überhaupt keine Wirkung.

Dann öffnet man die Flasche, zündet ein Streichholz an und bläst dieses von oben nach unten über der Flasche langsam, sehr langsam aus. Dann verschließt man die Flasche wieder. Nun „pumpt“ man erneut. Nach dem ersten, zweiten Pumpen sieht man noch nichts oder nur sehr wenig. Dann aber wird es sehr deutlich: Beim Entspannen bildet sich Nebel, beim Zusammendrücken löst er sich wieder auf, beim erneuten Entspannen bildet er sich wieder und so weiter. Probier es gleich aus; ich habe bis zu zwanzigmal pumpen können, und der Effekt wird zunehmend deutlicher (was ich immer noch etwas rätselhaft finde).

13)Flaschenzug ohne Rollen:

Man benötigt nur 2 Besen und ein Seil. Je zwei starke Schüler halten einen Besen horizontal fest, das Seil wird an einem festgebunden und dann mehrfach hin und her um beide geführt, dann kann ein schwacher Schüler die zwei starken wegziehen.

14)Die Teebeutelrakete(Hinweis : J. Friedrich , Pforzheim):

Bei einem Teebeutel werden Faden, Klammer und der Teeinhalt entfernt, man erhält einen Paperschlauch, der senkrecht auf einer feuerfesten Unterlage (Untertasse genügt) stehen kann. Zündet man ihn oben an mehreren Stellen an, brennt er herunter, es entsteht eine Art Heißluftkamin, die letzten Papierreste steigen oft raketenartig hoch.

15) Haardurchmesser mit Geodreieck (nach R. Schajor, Ladenburg):

Man bestimme den Durchmesser eines Haares mit dem Geodreieck.

Lösung: Man legt Haar und Geodreieck auf einen OHP und misst die vergrößerten Schatten aus.

(z.B.: 1 mm auf Geodreieck ist auf der Leinwand 1 cm groß, das Haar dort etwa 1 mm dick. Der wahre Haardurchmesser ist also ca. 0,1 mm.)

16) Der „Unterwasservulkan“:

Ein Tintengläschen wird mit heißem, gefärbtem Wasser gefüllt, zgedreht und auf den Boden eines großen, mit kaltem Wasser gefüllten Beckens gebracht. Dort öffnet man es und kann minutenlang die farbige, „vulkanartige“ Konvektion beobachten.

17) Experimente zur Kreisbewegung mit einer billigen Spielzeuggbahn (z.B. "Todesfahrer" im Dardadrom): Siehe folgende gescannte Veröffentlichung:

Experimente zur Energieerhaltung und Zentrifugalkraft an einer einfachen Fahrbahn

Von *E. Cavelius* in Baden-Baden

Seit einiger Zeit gibt es sog. „Dardadrome“ in Spielzeuggeschäften und Kaufhäusern in einfacher Ausführung bis zur Doppelschleife; Hersteller: H. DARDA KG, 7712 Blumberg.

Diese Fahrbahnen eignen sich vorzüglich zu qualitativen Demonstrationen zu Energieumwandlungen und Trägheitskräften. Im Rahmen von 10–20% Fehler lassen sich bei der Behandlung der Mechanik in Klasse 11 sogar quantitative Versuche durchführen.

Ein weiterer Vorteil ist, daß grundlegende mechanische Begriffe nicht nur an eigens dafür entwickelten Geräten, sondern an einem optisch attraktiven Alltagsspielzeug erläutert werden können.

Mit der hier besprochenen einfachen Ausführung des Dardadroms lassen sich aus biegsamen Plastikteilen Fahrbahnen bis zur Doppelschleife mit An- und Auslauf aufbauen (siehe Abb. 1), ein Auto mit „Dardamotor“ wird mitgeliefert.

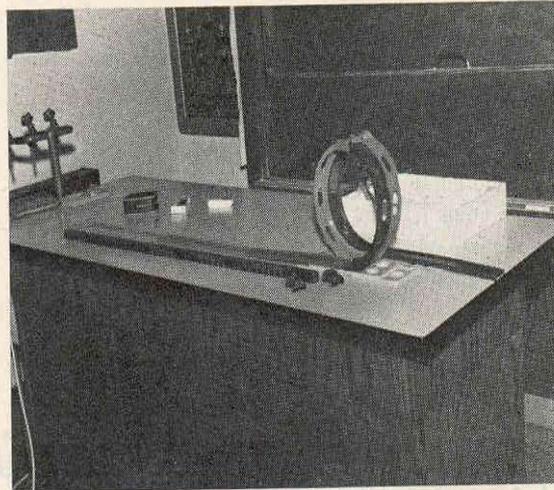


Abb. 1. Dardadrom mit 2 Schleifen und Dardautos

I. Qualitative Versuche

1. Energieumwandlung:

Elast. Energie im „Dardamotor“ →

Kin. Energie →

Kin. und pot. Energie in den Schleifen →

Kin. Energie im Auslauf

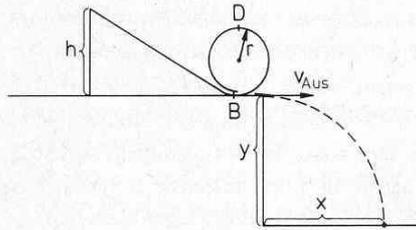


Abb. 2. Erläuterung der Bezeichnungen in II.1.

oder bei Anheben des Anlaufstücks nach Abb. 2:

- Pot. Energie →
- Kin. Energie →
- Kin. und pot. Energie →
- Kin. Energie.

2. Einstellen der Bedingung $Z^* \geq G$ im höchsten Punkt der Schleifen durch immer stärkeres Aufziehen des Motors oder Vergrößern der Anfangsstarthöhe h , bis der Wagen die Schleife durchläuft.

II. Quantitative Versuche

Da sich der „Aufziehgrad“ des Dardamotors schlecht messen läßt, eignen sich nur Versuche nach Abb. 2. Durch Messen der Hubhöhe h wird die Anfangsenergie $E_0 = m g h$ festgelegt, durch Messen der Fallhöhe y und der Wurflänge x kann die Austrittsgeschwindigkeit v_{Aus} nach den Gesetzen des waagrechten Wurfs und damit die Endenergie

$$E_{\text{Aus}} = \frac{1}{2} m v_{\text{Aus}}^2$$

bestimmt werden.

Mit Lichtschranken wäre natürlich die Messung der Geschwindigkeiten v_B und v_D in B und D auch noch möglich. Dies unterblieb bisher aus zeitlichen Gründen wie auch um die Versuchsaufbauten so einfach und durchsichtig wie möglich zu halten. Die Schüler sehen so, daß auch mit primitiver Technik interessante Physik betrieben werden kann.

II.1. Versuche mit einer Schleife

(Aufbau nach Abb. 2)

Der Radius r der Schleife beträgt ca. 12 cm, die Masse des Autos etwa 35 g.

In D muß gelten:

$$\begin{aligned} Z^* = G &\Rightarrow m \frac{v_D^2}{r} = m g \Rightarrow v_D^2 = r g \Rightarrow \\ &\Rightarrow v_D \approx 1,1 \text{ ms}^{-1}. \end{aligned} \quad (1)$$

Unter Vernachlässigung von Reibung folgt daraus für B:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} m v_B^2 &= \frac{1}{2} m v_D^2 + m g \cdot 2 r \Rightarrow v_B^2 = 5 g r \Rightarrow \\ &\Rightarrow v_B \approx 2,45 \text{ ms}^{-1} = v_{\text{Aus}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Für die Mindesthöhe h , um die Schleife zu durchlaufen, ergibt sich

$$m g h = \frac{1}{2} m v_B^2 \Rightarrow h = 2,5 r \approx 30 \text{ cm}. \quad (3)$$

Bei Energieerhaltung lautet demnach die Vorhersage: $h = 30 \text{ cm}$,

$$v_{\text{Aus}} = v_B = 2,45 \text{ ms}^{-1}.$$

Bei Durchführung des Versuchs in der Klasse 11 ergaben sich experimentell (durch Index E markiert): $h_E = 39 \text{ cm}$, $v_{\text{Aus}, E} = 1,64 \text{ ms}^{-1}$.

Demnach beträgt der Energieverlust:

$$\begin{aligned} \Delta E &= m g h_E - \frac{1}{2} m v_{\text{Aus}, E}^2 = 0,136 \text{ J} - 0,047 \text{ J} \\ &= 0,0895 \text{ J}. \end{aligned} \quad (4)$$

Der relative Verlust durch Reibung macht also 66% aus!

Über die Aufteilung der Verluste kann sogar noch einiges gefolgert werden. In D muß v_D ca. $1,1 \text{ ms}^{-1}$ nach (1) gelten. Der Verlust von D bis zum Austritt betrug also:

$$\begin{aligned} \Delta E' &= \frac{1}{2} m v_D^2 + m g \cdot 2 r - \frac{1}{2} m v_{\text{Aus}, E}^2 \\ &= 0,105 \text{ J} - 0,047 \text{ J} = 0,058 \text{ J}. \end{aligned}$$

Dies ist praktisch der Verlust in einer Halbschleife, da das Auslaufstück kurz ist. Es sollte gelten:

$$\Delta E = \Delta E_{\text{Kreis}} + \Delta E_{\text{Bahn}} = 2 \Delta E' + \Delta E_{\text{Bahn}}.$$

Da $2 \Delta E'$ bereits innerhalb ca. 20% gleich ΔE ist, folgt, daß

$$\Delta E_{\text{Bahn}} \approx 0$$

ist und

$$\Delta E_{\text{Kreis}} = \Delta E \approx \text{ca. } 60\text{--}70\%$$

der „Einschußenergie“ beträgt.

Wir haben anschließend versucht, diese Werte durch einen Versuch mit 2 Kreisschleifen zu erhärten.

II.2. Versuche mit 2 Schleifen

(Aufbau nach Abb. 1; Hubhöhe wie in Abb. 2)

Experimentelle Werte: $h_{E, 2} = 54 \text{ cm}$, $v_{\text{Aus}, E} = 1,64 \text{ ms}^{-1}$ (wie in II.1.).

Der Verlust in diesem Experiment beträgt:

$$\begin{aligned} \Delta E_2 &= m g h_{E, 2} - \frac{1}{2} m v_{\text{Aus}, E}^2 \\ &= 0,142 \text{ J absolut und relativ } 75\%. \end{aligned} \quad (5)$$

Benutzt man die Ergebnisse aus II.1., würde man vorhersagen:

In der ersten Schleife gehen ca. 60% von $m g b_{E,2}$ verloren, also etwa 0,11 J. Bei Einschuss in den 2. Kreis verbleiben noch etwa 0,08 J. Davon gehen wieder ca. 60% verloren also 0,048 J.

Der Gesamtverlust sollte also etwa $0,11 \text{ J} + 0,048 \text{ J} = 0,158 \text{ J}$

betragen.

Innerhalb eines Fehlers von 10—20% stimmt dies gut mit dem gemessenen Wert aus (5) überein.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß Versuche mit dem Dardadrom bei Schülern aller Altersstufen auf großes Interesse stoßen, vielleicht, weil es ein attraktives und raffiniert aufgemachtes Spielzeug ist und ihm mit einfachen Längenmessungen doch weitgehende physikalische Ergebnisse entlockt werden können.

18) Auch in Flüssigkeiten gibt es noch Platz zwischen den Molekülen (nach Dr. G. Brosowski, Saarbrücken):

Ein Versuch, der eher Chemikern bekannt ist, es findet aber keine "Chemie" statt.

100 ml Äthanol gemischt mit 100 ml Wasser ergeben messbar weniger als 200 ml Gemisch. Also müssen Äthanolmoleküle in vorher leere Räume im Wasser gewandert sein.

19) Stärke des Luftdrucks, Vakuum durch schnelle Kondensation:

Eine alte Getränke-Dose wird mit etwas Wasser gefüllt auf eine Heizplatte gestellt, das Wasser wird einige Zeit zum Kochen gebracht, der Wasserdampf hat dann viel Luft herausgedrängt. Mit einer Zange fasst man die heiße Dose und taucht sie mit der Öffnung **nach unten** (wichtig!) schnell in Eiswasser. Die Dose wird stark verformt, es kracht! (Vakuum durch schnelle Kondensation des Dampfes!)

20) Umweltradioaktivität sammeln:

Dieses Experiment steht zwar in vielen Büchern, hat aber leider einen relativ geringen Bekanntheitsgrad. Ein blanker ca. 2m langer Draht wird ca. 10-20 cm von einer gleich langen Erdleitung entfernt isoliert befestigt und gegen Erde auf - 6 kV aufgeladen (**Minus** ist wichtig! α -Teilchen reißen **mehr als 2** Elektronen aus der Hülle, wenn sie den Kern verlassen.). Bereits nach einer Stunde kann man mit einem (acetongetränkten, es geht aber auch ohne) Pappstreifen, der eng an den Draht gepresst und an ihm entlang geführt wird, eine schwarz-grünliche Schmiere abschaben, die man direkt vors Zählrohrfenster halten muss. Man hört ein deutliches Ticken, es sind vor allem α -strahlende Poloniumisotope aufgefangen worden. (Folgeprodukte des Edelgases Radon, das ständig aus Steinwänden und dem Erdboden dringt.) Die HWZ liegt im Bereich von 50 Minuten.

21) Spinthariskop:

Man sieht die radioaktiven Zerfälle als grünliches Feuerwerk vor einem dunklen Hintergrund. Dieses Gerät gibt es in vielen alten Sammlungen. Es sieht aus wie ein Spektroskop, man muss nur in die mit einer Linse ausgerüstete Öffnung sehen. Allerdings muss das Gerät völlig dunkel aufbewahrt werden, da der innere Leuchtschirm durch wenig Licht schon stundenlang "vergiftet" wird. Aus der Umhüllung darf man es nur bei **völliger Dunkelheit** nehmen, auch muss das Auge sich im Dunkeln mindestens **1-2 Minuten anpassen**. Dann ist der Eindruck aber umwerfend.

22) Galileibahn:

Nachteil: die Laufrinne muss von einem Schreiner mit einer sog. Oberfräse aus einem Vierkantholz gefräst werden, der Rest ist sehr einfach. Er erfordert nur den Kauf einiger Glocken. Weiteres siehe in der folgenden gescannten Publikation:

„Galileis Fahrbahn“

– Experimente zur beschleunigten Bewegung ohne Elektronik

E. Cavelius

Fahrbahnversuche werden seit Jahrzehnten mit zahlreichen elektronischen Hilfsmitteln vorgeführt, um z.B.: „ s proportional zu t^2 “ zu zeigen. Dies lässt sich ohne „black boxes“ mit einigen Glocken (im Weihnachtsgeschäft für ca. 5 DM/Stück erworben), etwas Draht und einer Holzfahrbahn zeigen. Das einzig wirklich „Profifhafte“ an der Bahn ist eine V-förmige Laufrinne für die Stahlkugel, die ein Schreiner am besten mit einer so genannten Oberfräse in kurzer Zeit aus dem Vierkantholz herausfräsen kann. Auch sollte man die Holzfahrbahn mit seitlichen Griffen versehen, damit sie mit normalem Stativmaterial leicht unter beliebigem Winkel α gegen die Horizontale geneigt aufgestellt werden kann. Als vernünftig handhabbare Länge des Balkens stellte sich 2,60 m heraus, bis zu 3,60 m wäre natürlich noch schöner.

Ganz analog zu Galileis ersten Versuchen zum freien Fall lassen wir die Stahlkugel am Anfang der leicht geneigten Bahn los, die Kugel touchiert nach 10 cm, 40 cm, 90 cm, 160 cm, 250 cm Rennstrecke leicht die dort jeweils mit

Draht über der Bahn angebrachten Weihnachtsglocken und bringt sie gut hörbar in zeitlich gleichen Abständen zum Klingen.

Bei stärker geneigter Bahn sind die Zeitabstände kürzer, doch bleiben sie bei jeder Neigung untereinander gleich. Einen am Tag der offenen Tür durchgeführten Versuch zeigen die Abb. 1 und Abb. 2.

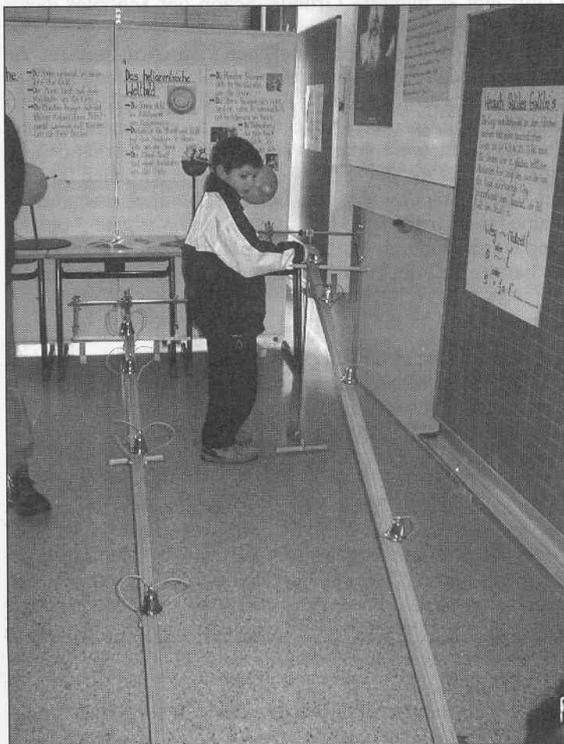
Damit ist für die ganze Klasse in wenigen Minuten in durchsichtiger Weise „ s proportional zu t^2 “ demonstriert, ohne dass weitere Messgeräte nötig sind.

Eine Stoppuhr benötigt man nur dann, wenn man aus „ s proportional zu t^2 “ z.B. später die Beschleunigung $g \sin \alpha$ bestimmen will. Da α leicht messbar ist, ist sogar g so zu bestimmen.

Anschrift des Verfassers:

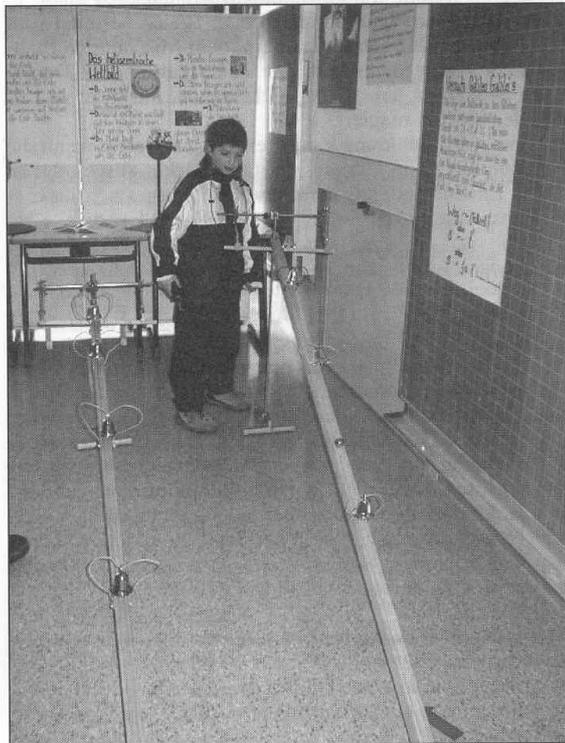
StD Dr. Emil Cavelius, Windeck-Gymnasium, Humboldtstr. 3, 77815 Bühl

Abb.1: Start!



PdN-PhiS. 3/51. Jg. 2002

Abb. 2: Drei von fünf Glocken haben schon geklingelt!



45

(Will man g bestimmen, muss man allerdings die Rotationsenergie (Korrekturfaktor $5/7$) berücksichtigen. Wegen der Reibung ist die Übereinstimmung aber immer noch nicht besser als ca. 15%.)

23) Wogen auf Alufolie durch die Lorentzkraft (Hinweis J. Friedrich, Pforzheim):

2 oder mehr Hufeisenmagnete werden in einer Geraden in gleichen Abständen parallel auf einem Tisch aufgestellt.

Ein mindestens 2 m langes und höchstens 3 cm breites Band aus Haushaltsaluminiumpapier wird locker zwischen den Polen aufgehängt, an seinen Enden wird ein leistungsfähiger Sinusgenerator (bis 3 A) angeschlossen. Bei Frequenzen um ca. 1 Hz sieht man die wellenartigen Bewegungen sehr schön, sogar stehende Wellen sind möglich.

Man kann die Magnete mit gleicher oder wechselnder Polarität aufstellen. (Ist das Band zu breit oder zu kurz, ist der Generator mit der Stromstärke schnell überfordert.)

24) Schokoladenschaumkuss (politisch unkorrekt : Mohrenkopf) in der Vakuumglocke (nach G. Hauser, Bühl):

Das Boyle-Mariotte-Gesetz in „its full glory“ am Werke, vor allem, wenn der Schaumkuss nachher wieder zusammenschnürt, wenn die Luft wieder eindringt. (In einigen Schulbüchern zu finden, aber nicht sehr populär.)

25) Die Wasser-zu-Wein-Maschine (nach G. Kerbe, Baden-Baden):

Als „black-box“ sehr eindrucksvoller Zaubertrick. Wasser verdrängt Luft aus dem ersten Gefäß, diese Luft verdrängt den Wein aus dem 2. Gefäß!



Die Wundermaschine geöffnet:



26) - 30) sind weitere Beiträge von Dr. Gerd Brosowski, Saarbrücken:

26) Zum Bernoulli-Effekt (Mehrere Experimente):

Hilfsmittel: Kinderluftballons. Ich habe davon ständig ein Päckchen in der Schule; man erhält sie in der Kinderabteilung (Spielzeugabteilung) der Kaufhäuser – in meinem Fall bei Karstadt in Saarbrücken.

Weiteres Hilfsmittel: Ein Fön. Muss nicht sehr stark sein; hilfreich ist allerdings, wenn er eine Düse hat, damit der Luftstrom etwas gebündelt werden kann.

Man bläst einen Ballon auf, knüpft ihn zu.

Erstes Experiment. Man hält den Ballon in einer Hand, parallel dazu hält man nach oben ein Buch, notfalls auch die zweite Hand. In den Raum zwischen Buch (Hand) und Ballon bläst man hinein. Der Ballon bewegt sich auf das Buch (die Hand) zu, also in den Luftstrom hinein.

Zweites Experiment. Man hält zwei Ballons parallel, bläst in den Zwischenraum hinein. Sie bewegen sich aufeinander zu.

Drittes Experiment. Es handelt sich um das „klassische“ Experiment, in dem man - angeblich – einen Tischtennisball im Luftstrom eines Föns halten kann. Mein Fön ist viel zu schwach, um einen Tischtennisball anzuheben. Mit dem Kinderluftballon aber klappt es hervorragend.

(Anmerkung Dr. Cavalius: Mit einem 1000W-Fön mit Düse ist der Tischtennisball kein Problem mehr, sogar bei schräg gehaltenem Fön. Nähert man dem Ball eine gekrümmte Papierfläche wird er durch den so entstehenden Sog sehr gut sichtbar zum Papier gezogen!) Er bleibt im Luftstrom, ja man kann ein wenig damit spazieren gehen; er folgt im Strom wie ein Hund an der Leine. Man kann den Luftstrom sogar schräg nach oben streifen lassen; der Ballon bleibt drin.

Viertes Experiment. Man nimmt sich zwei DIN A 5 Blätter (notfalls reißt man ein DIN A4 in zwei Stücke). Man rollt beide zu einem Zylinder zusammen, damit man nachher eine leicht gekrümmte Fläche (zwei Flächen) hat. Beide faltet man an einem Ende, damit man sie besser halten kann (z.B. mit einem Bleistift, auf die man sie auflegt). Man hält sie nun senkrecht, Krümmung auf Krümmung mit nur einem geringen Abstand. In diesen „Kanal“ bläst man von oben hinein. Beide bewegen sich heftig aufeinander zu; man hört – und sieht – das für eine flatternde Fahne typische Wellenmuster. Hält man eines der beiden Papiere waagrecht vor sich (Krümmung nach oben) und bläst darüber hinweg, so hebt sich das Papier wie ein Flugzeugflügel an.

27)Wie holt man die Tinte aus dem Wasser?

Das Experiment kenne ich aus einem alten Kosmos-Physik- Kasten . In ein Glas mit Wasser löst man ein paar Tropfen Tinte. Man zerstampft Holzkohle in einem Mörser; gibt den so erhaltenen Kohlenstaub wie Kaffee in einen Kaffeefilter (besser noch: ein Tempotaschentuch verwenden) . Gießt man das verschmutzte Wasser durch die Kohle, kommt unten sauberes heraus. (Anmerkung Dr. Cavalius: Aktivkohle aus der Chemie macht weniger Mühe.)

28)Zur Bodenversalzung in ariden Gebieten (Anmerkung Dr. Cavalius: Das Experiment stammt von Dr. Gerd Brosowski und ist auch von ihm veröffentlicht worden, ich habe es nirgends sonst in der Literatur gesehen):

In eine kleine flache Schale – etwa von der Größe des Deckels eines Einmachglases – gibt man eine Kochsalzlösung. Ein Tempotaschentuch (oder zwei) wird von oben hineingedrückt, so dass die Lösung davon ganz aufgesaugt wird. Die so entstandene Pampe – eigentlich ein klitschnasses Taschentuch – wird von oben mit einem Heizstrahler getrocknet. Ist alles knochentrocken, so prüft man mit der Zunge, wo das Salz geblieben ist (man sieht überhaupt nichts). Oben schmeckt das Taschentuch nach Salz, unten, wo es zuvor in der Salzlake gelegen hat, nicht mehr.

29)Ein Experiment zur Verdampfungswärme:

Eigentlich eine Demonstration der Tatsache, die wir vor Jahrzehnten in der Thermodynamik gelernt haben: Bei konstantem Druck läuft ein Vorgang in der Richtung ab, in der die Änderung des Gibbsschen Potentials $G = H - TS$ (H ist die Wärmetönung, S die gute alte Entropie) negativ ist. Wenn also die Entropiezunahme groß genug ist, kann die Wärmetönung getrost positiv sein (dann wird der Umgebung Wärme entzogen)

Nimm etwas Wasser aus der Wasserleitung, lass es eine Weile stehen, bis seine Temperatur ein paar Grad unter Raumtemperatur angelangt ist. Dann nimm Dir ein Thermometer und

lasse die Zuschauer ablesen, welchen Wert die Raumtemperatur hat. Dann tauche das Thermometer in das Wasser, bis es dessen Temperatur anzeigt und ziehe es dann heraus. Warte etwas ab: Die Temperatur fällt unter die Temperatur des Wassers, ein echter Kühleffekt! (Anmerkung Dr. Cavelius: Sehr gut zu sehen mit einem Digitalthermometer) Man kann die Sache verstärken, indem man den Temperatursensor mit etwas Papier eines Tempotaschentuchs umwickelt, dieses mit dem Wasser tränkt und mit einem Fön das Papier trockenbläst (es geht sogar, wenn der Fön heiß gestellt wird; es geht fantastisch, wenn er auf Raumtemperatur eingestellt ist).

30) Mehrere Experimente mit Stimmgabeln:

Ideale Ausstattung: Zwei gleiche Stimmgabeln (unbedingt mit Resonanzkästen), z.B. mit 512 Hertz, eine dritte mit einer davon verschiedenen Frequenz (ich nehme immer die mit halber Frequenz).

Man demonstriert zunächst die Wirkung des Resonanzkastens, indem man eine angeschlagene Stimmgabel draufsetzt. Dann stellt man die Frage, wer denn jetzt für den Resonanzeffekt verantwortlich ist: Das Holz des Kastens oder der gasförmige Körper, den dieses umschließt (übrigens eines der wenigen Beispiele ,die ich kenne, bei denen man sinnvollerweise von einem „gasförmigen Körper“ sprechen kann).

Man schiebt in den Resonanzkasten ein Papiertaschentuch, das ja wahrhaftig nicht imstande ist, das Holz zu irgendetwas zu zwingen, schlägt an, zieht das Papier heraus. Der Ton schwillt sehr stark an.

Man nimmt die beiden gleichen Kästen, stellt sie etwas voneinander entfernt auf, durch den freien Raum getrennt (z.B. auf eng nebeneinander stehende Bänke). Man schlägt eine Gabel kräftig an , bringt sie zum Schweigen, indem man den Finger drauflegt – und man hört jetzt die zweite. Ein einfaches Experiment zur Wirkung der Resonanz.

Dann fragt man, was passiert, wenn die Stimmgabel auf den falschen Resonanzkasten gestellt wird. Wer gewinnt, der Kasten oder die Gabel ? Die Gabel, es handelt sich um eine erzwungene Schwingung. Und dann lässt man alles mögliche nacheinander die erzwungene Schwingung ausführen (ideal: Tafel, Fensterscheibe, eine harte Tischplatte).

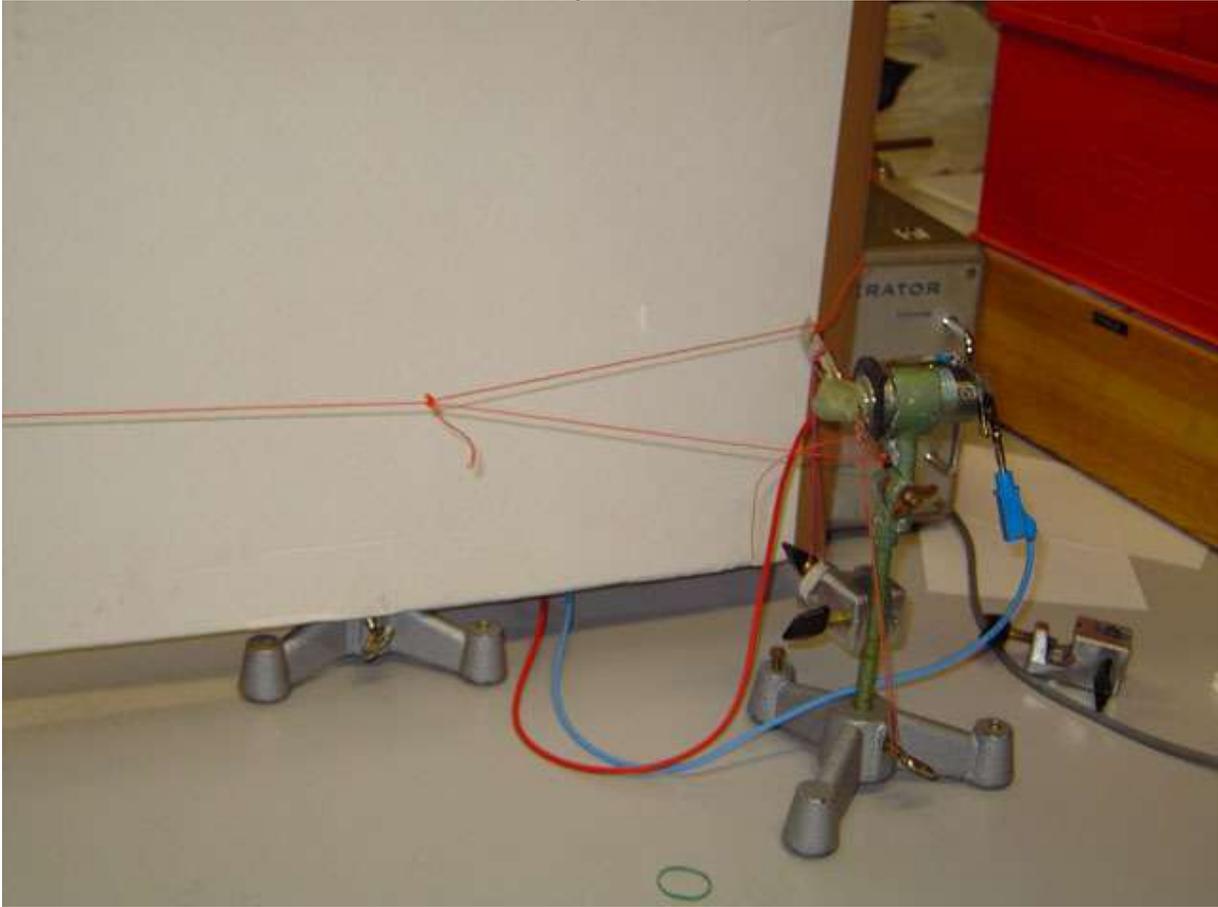
Mit etwas Glück gelingt sogar eine Demonstration des Dopplereffektes, wenn man die Stimmgabel auf die Tafel zuführt; die Schwebung ist oft gut zu vernehmen.

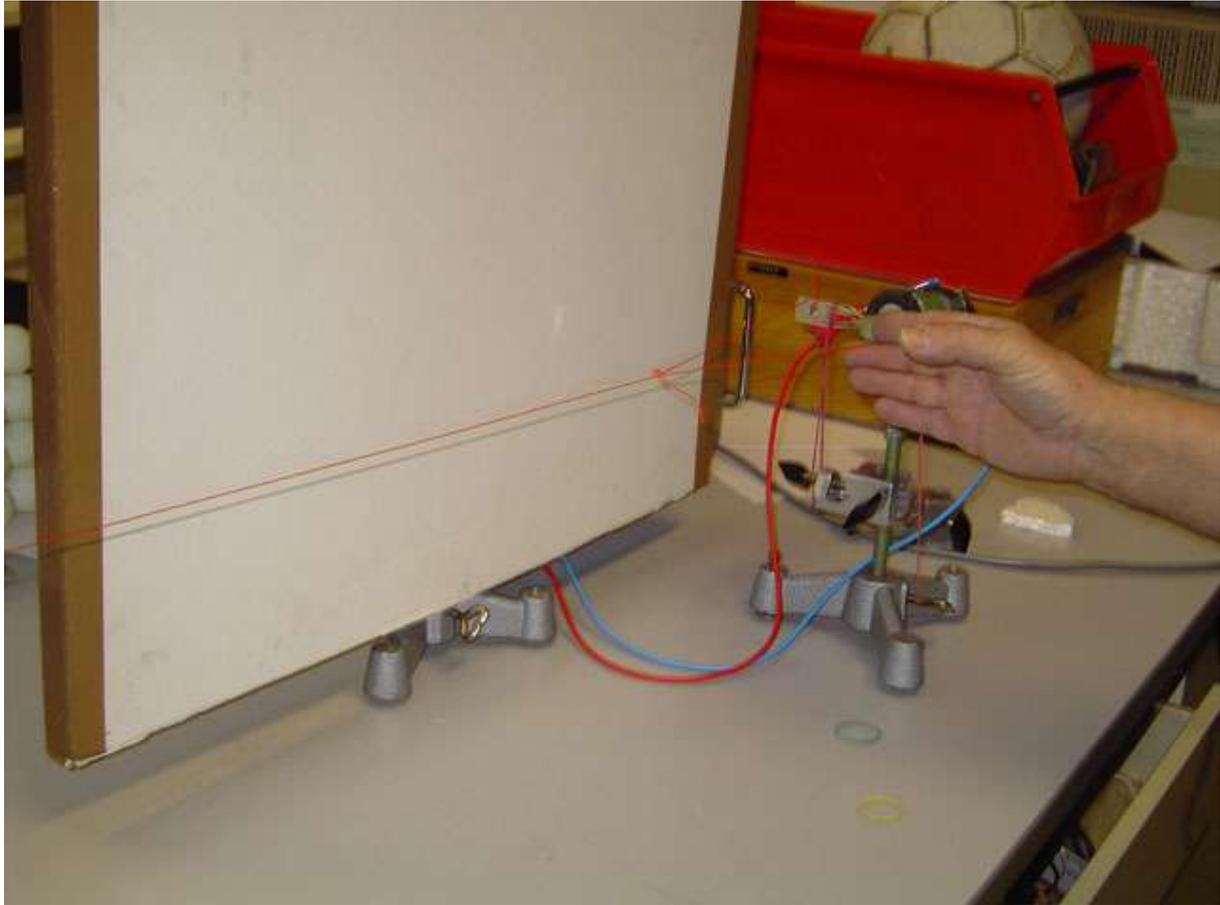
(26) - 30) waren weitere Beiträge von Dr. Gerd Brosowski, Saarbrücken)

31) Gegenphasig erzeugte Seilwellen löschen sich aus: (nach einem Vorbild, das ich vor etlichen Jahren im Deutschen Museum München gesehen habe)

Einen kleinen Elektromotor betreibt man mit einem Sinusgenerator (z.B. Kröncke, bis 3 A) im 1 Hz- Bereich und befestigt auf der Welle ein leichtes , gerades Blechstück (z.B. von einem alten Spiralhefter) , dessen Enden also damit gegenphasig zueinander schwingen. Befestigt man an den beiden Enden Schnüre und lässt die beiden in der Mitte auf eine weitere, lange Schnur treffen , so sieht man recht gut, dass sich beide Wellen in der Mitte fast auslöschen, auf der langen Schnur also kaum mehr etwas zu sehen ist. Dämpft man nun die Welle an einem der beiden Enden mit den Fingern, sieht man auf der langen Schnur deutlich die nun nicht mehr ausgelöschte Welle vom anderen, ungedämpften Ende.

(Setzt man das lange Seil mehr oder weniger unter Spannung , kann man den Versuch gut einstellen , da man so c und damit auch λ anpassen kann.)





32)-34) stammen von Th. Beutel, Heidelberg:

32) Kreisbewegung: Eine Wunderkerze in das Bohrfutter eines nicht zu schnell rotierenden Motors einspannen (horizontale Achse)

Einfach sich freuen und schauen!

33) Wärmeausdehnung: "Der Geist in der Flasche klappert"

Auf eine leere Schnaps-Flasche wird mit etwas Spucke oder Wasser eine Münze gelegt und die Flasche mit den Händen erwärmt; der "Geist" klappert an der Münze.

34) Eine leere Wodka-Flasche der Marke Chopin (polnischer Wodka, 1.Qualität) hat das Konterfei von Chopin (was zu einem Streit mit der Chopin-Gesellschaft, Warschau führte wegen vermeintlicher Verunglimpfung des Komponisten) :

Von hinten betrachtet wird der Chopin immer breiter je höher der Wasser/Wodkaspiegel in der Flasche steigt.

Drei Varianten bekannter Versuche als gescannte Veröffentlichungen zum guten Schluss:

Eine Variante eines Standardversuches zur magnetischen Induktion

Verfasser: OStD Dr. Gerd Brosowski, Amselweg 8, 6676 Mandelbachtal 1

Auch längst bekannte Versuche lassen sich durch kleine Variationen noch verbessern. Das soll am Beispiel eines Versuchs zur Selbstinduktion gezeigt werden.

In der Abbildung 1 ist der Standardversuch zur Demonstration der Selbstinduktion beim Einschalten skizziert: Nach Schließen des Schalters S leuchtet Lampe 1 sofort, Lampe 2 erst nach einiger Zeit auf. Meist ist man bemüht, in Serie zu Lampe 1 einen Widerstand R_1 zu legen, der mit dem Widerstand R_2 der Spule ungefähr übereinstimmt, damit die beiden (baugleichen) Lampen schließlich gleich hell leuchten.

Eine kleine Veränderung des Aufbaues erlaubt es, damit noch wesentlich mehr zeigen zu können. Man ersetzt die Lampen durch zwei Ampèremeter A_1 und A_2 und wählt für R_1 und R_2 nicht mehr gleiche, sondern deutlich verschiedene Widerstandswerte. Erwartungsgemäß steigt beim Einschalten der Zeiger von A_1 sofort, der von A_2 allmählich auf seinen Endwert an. Diese Endwerte sind jetzt verschieden groß; die Richtungen beider Ströme sind natürlich gleich.

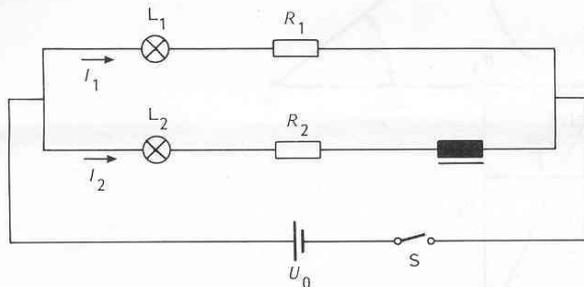


Abb. 1. Selbstinduktion beim Einschaltvorgang. R_2 bezeichnet den Widerstand der Spule.

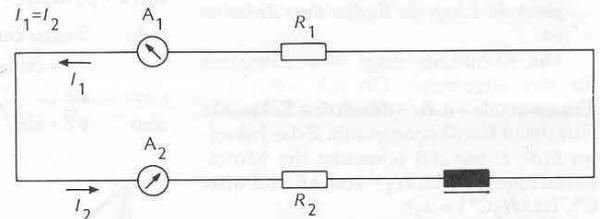


Abb. 2. Nach dem Abschalten bilden Spule und Widerstände einen geschlossenen Stromkreis. Der Strom durch A_1 hat seine Richtung umgekehrt.

Viel interessanter ist hier der Ausschaltvorgang (Abb. 2). Der Strom durch A_2 sinkt langsam auf Null, wobei er seine Richtung beibehält. Der Zeiger von A_1 jedoch springt im Augenblick des Ausschaltens über den Nullpunkt der Skala in den »negativen« Bereich, um sodann synchron mit dem Zeiger von A_2 gegen Null zu gehen. Im Gegensatz zum Einschaltvorgang ist der Strom durch den Widerstand R_1 jetzt betragsgleich mit dem Strom durch die Spule; er hat aber seine Richtung geändert. Nach dem Abschalten der Spannungsquelle U_0 bildet die Spule mit den Widerständen einen geschlossenen Stromkreis, wobei die Spule als Spannungsquelle fungiert.

Zum Ausprobieren der geschilderten Variante seien die folgenden Daten empfohlen: Große Experimentierspule mit $L = 630 \text{ H}$, $R = 280 \Omega$, R_1 etwa 400Ω , zwei baugleiche Strommesser mit Meßbereich 30 mA , U_0 ungefähr 8 V . □

Experimentier-Vorschläge

Experiment zum Reedrelais

Verfasser: OStD Dr. Gerd Brosowski, Amselweg 8, 6676 Mandelbachtal 1.

Eine kleine Variante eines Standardversuches zum Magnetismus kann dazu verwendet werden, ein modernes Relais, das Reedrelais, zu erklären.

In der Abbildung 1a ist das Prinzip eines altbekannten Versuches zum Magnetismus dargestellt: Legt man zwei Stricknadeln oder zwei Eisennägel parallel nebeneinander in eine Spule und schickt durch diese einen Strom, so werden die beiden Eisenstücke gleichsinnig magnetisiert, und sie stoßen sich ab. Dieser Effekt wird beim »Dreheiseninstrument« zur Strommessung genutzt; die Lehrmittelfirmen liefern fertige Modelle dazu.

Ordnet man die beiden Eisennägel zwar parallel, aber so weit gegeneinander versetzt an, daß nur noch ein Ende des ersten Nagels neben ein Ende des zweiten

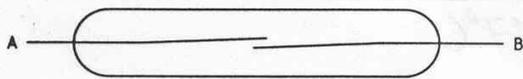


Abb. 2. Aufbau eines Reedkontaktes. In ein Glasröhrchen sind zwei magnetisierbare Kontaktfedern A und B eingeschmolzen.

zu liegen kommt (Abb. 1b), so führt das gleichsinnige Magnetisieren dazu, daß sich die beiden Teile anziehen: Es entsteht ein Kontakt.

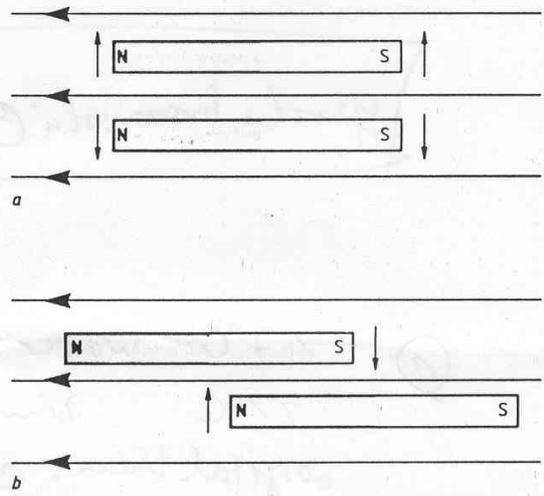


Abb. 1. Abstoßung (a) und Anziehung (b) zweier paralleler Weich-eisenstücke im homogenen Magnetfeld einer Spule

Dieser Effekt wird beim Reedrelais zum Schalten genutzt. In einem Glasröhrchen sind in einer Schutzgasatmosphäre zwei Kontaktfedern eingeschlossen (Abb. 2). Die Kontakte bestehen aus einer Nickel-Eisen-Legierung. Sie bilden den Schalter im Arbeitskreis des Relais. Das Glasröhrchen befindet sich im Innern einer Spule, die zum Steuerstromkreis des Relais gehört.

Reedrelais sind seit rund zwanzig Jahren im Handel; sie sind klein, preiswert und haben kleine Schließzeiten (weniger als 1 ms). □

MNU, 42, 432 (1989)

Simulation biologischer Elektroortung an einem einfachen physikalischen Modell

Von *Emil Cavelius* in Baden-Baden

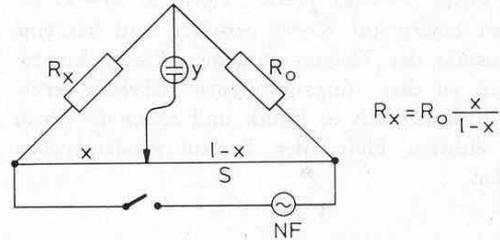
Bekanntlich ist das Aufzeigen von Querverbindungen und Anwendbarkeit des in einem Fach Gelernten auf Probleme einer anderen Disziplin faszinierend und anregend, kommt aber leider im Unterricht auch der Oberstufe kaum vor.

Eine dieser Gelegenheiten bietet sich bei der Behandlung der *Kirchhoff*-Gesetze und der *Wheatstone*-Brücke im Physikunterricht der Sekundarstufe II evtl. auch I, nämlich ein kurzer Exkurs über die Elektroortung vieler Fischarten (Zitteraal, Nilhecht, u. ä.) [1]. Nilhechte z. B. orten im trüben Wasser Objekte in ihrer Nähe durch elektrische Impulse mit Folgefrequenzen zwischen 50 Hz und 1 kHz [1]. Der spezifische Widerstand der Objekte muß dabei von dem des Wassers abweichen. Während der Impulserzeugung ist der Kopf positiv gegen den Schwanz, allerdings ist das erzeugte Feld nur näherungsweise dipolartig. Die Impulshöhen liegen bei einigen Volt [1].

Ein einfaches Modell geht davon aus, daß der Fisch Veränderungen in der Impedanz seiner Umgebung sehr genau messen können muß. (Er kann sogar noch statische E- bzw. B-Felder „erkennen“ [1]).

Der Hecht wird durch zwei Kohlestifte simuliert, die in einem Becken voll Leitungswasser in ca. 20 cm Abstand befestigt sind. Die Impedanz dieses Systems kann auch mit schulischen Mitteln mittels einer *Wheatstoneschaltung* durch Vergleich mit einem Referenzwiderstand auf einige Promille genau bestimmt werden (Erfahrungswert: einige 100 Ω). Als Spannungsquelle empfehlen wir einen NF-Generator bei etwa 1 kHz, um Netzbrumm und elektrolytische Erscheinungen an den Elektroden zu vermeiden. Im Nullzweig der Brücke wurde ein Oszillograph mit 1 M Ω Eingangswiderstand in der Y-Empfindlichkeit 6 mV/cm verwendet. (Siehe Abb. 1.)

Nähert man bei vorher abgeglichenen Brücke den Elektroden verschiedene Gegenstände unterschiedlichster Leitfähigkeit und Abmessungen, zeigt der Oszillograph im Nullzweig sehr schön die mit



$$R_x = R_0 \frac{x}{l-x}$$

Abb. 1. R_x =Wasserbecken mit Kohleelektroden; R_0 =Referenzwiderstand 1 k Ω ; S=Schiebewiderstand der Länge l mit mm-Teilung; NF=NF-Generator; Y=Y-Eingang eines Oszillographen mit ca. 6 mV/cm; x und $l-x$ =bei Nullabgleich ablesbare Längen auf S.

wachsender Annäherung wachsende Brückenverstimmung an. Es werden sogar kleinere Schwankungen des Wasserspiegels angezeigt. Noch faszinierender ist natürlich die starke Verstimmung bei Annähern der eigenen Hand an „Kopf“ oder „Schwanz“ des Modellhechtes.

Eine qualitative Diskussion der Impedanzänderung wurde von drei Schülern im Rahmen einer vom Autor angeregten Arbeit für „Jugend forscht“ 1977 versucht [2].

Mathematische Ausdrücke für den Widerstand eines Systems paralleler Leiter in einem leitfähigen Medium sind z. B. in [3] zu finden. Dort ist auch das Annähern einer leitenden Ebene an die Elektroden diskutiert, ein Fall allerdings, der einem Nilhecht wohl nur selten vorkommt.

Im Unterricht der Klasse 12 erwies sich aber bereits die oben ausgeführte, rein qualitative Untersuchung als spannend und motivierend.

Literatur

- [1] H. W. Lissmann, J. of Exp. Biol., 35, 1; (1958) S. 156
- [2] S. Schorn, R. Keller, S. Hartfuß, Arbeit bei „Jugend forscht“ 1977, Nordbaden
- [3] K. Kumpf-müller, Einführung in die theor. Elektrotechnik, Springer-Verlag