

Vor 100 Jahren – und heute?

Kaum zu glauben war im Jahre 1911 die Entdeckung der Supraleitung durch Heike Kamerlingh Onnes am Metall Quecksilber bei 4,15 Kelvin. Und vor 25 Jahren folgte die Sensation der sog. Hochtemperatursupraleitung bei so spröden keramischen Stoffen wie Lanthan-Barium-Kupfer-Oxid (Sprungtemperatur 35 K) durch Bednorz und Müller, die bereits 2 Jahre später mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurden. Obwohl für keramische Supraleiter noch eine vollständige Erklärung fehlt, so ist die BCS-Theorie der Supraleitung ein großer Erfolg der Quantentheorie: die Elektronen tricksen das Pauli-Prinzip aus und gleiten im Paarlauf widerstandsfrei durch das Gitter des Materials. Ein Phänomen nahe am absoluten Nullpunkt der Temperatur hat technische Bedeutung erlangt: Mit flüssigem Helium gekühlte supraleitende Spulen ermöglichen die NMR-Tomographen der Medizin und führen Teilchenstrahlen am CERN. Nun scheinen keramische Supraleiter auch technisch nutzbar zu werden: Ein deutsches EVU erprobt einen Generator mit supraleitenden Spulen.

Im Mai 1911 „erfand“ Ernest Rutherford den Atomkern. Die Streuung von Alpha-Teilchen an einer Goldfolie (etwa 1 Teilchen aus 20000 wurde um mindestens 90 Grad gestreut – eine bewundernswerte Beobachterleistung von Rutherfords Mitarbeitern Geiger und Marsden!) konnte damit gedeutet werden. Damit wurde der Grundstein zum heutigen Bild vom Atom gelegt, das natürlich nur mit der Quantenmechanik begründbar ist.

1911 ist auch das Jahr, in dem Marie Curie zum zweiten Mal – nun allein – den Nobelpreis erhielt: 1903 in Physik mit Pierre Curie und Becquerel für Radioaktivität und 1911 in Chemie für die Entdeckung von Polonium und Radium.

Der Physiknobelpreis 1911 ging an Wilhelm Wien für Arbeiten zur Wärmestrahlung von „schwarzen“ Körpern. Und 1910 wurde Johannes van der Waals ausgezeichnet: Ihm gelang der Schritt vom idealen Gas zum realen, indem er den Gas-Teilchen ein Volumen gab und Kräfte zwischen den Teilchen erlaubte. Die Zustandsgleichung der realen Gase wies den Weg zu ihrer Verflüssigung: Wasserstoff wurde 1898 von James Dewar, Helium 1908 durch H. Kamerlingh Onnes erstmalig verflüssigt.

Erstaunlich, wie explosionsartig um diese Zeit unser Wissen vom Aufbau der Materie wuchs. Und wie es auch heute weiter geht: die Nobelpreise 2010 belegen das.

Am 4. Mai 2011 wurde der Schlussbericht zum Experiment Gravity Probe B vorgelegt. Nach fast 50 Jahre von der ersten Planung zum Endergebnis mit Kosten von 750 Mio \$ wurde nochmals gezeigt: „Einstein hat Recht.“ Massen krümmen den Raum (Einstein 1916), rotierende Massen schleppen ihn mit (Thirring und Lense 1918) – beides konnte im Satellitenexperiment nachgewiesen werden (s. a. den Bericht in PLUS LUCIS 3/2007 von B. Schörkhuber). Eine Zahl – leicht zu merken: Die Satellitenbahn in 642 km Höhe ist 1,1 Zoll kürzer als ohne Raumkrümmung.

Nach so viel Euphorie über Naturwissenschaft und ihre Anwendung der Dämpfer: Der GAU im Kernkraftwerk Fukushima am 11. März 2011 – 25 Jahre nach der Katastrophe von Tschernobyl – zeigt wieder, wie kleine Planungsfehler ungeheure Langzeit-Folgen haben können.

Impulse für die Schule

Welches Bild von Wissenschaft und Technik vermittelt die Schule? Wie lassen sich Aussagen überprüfen, was ist nach allgemeinen Prinzipien, z.B. dem Energiesatz, unmöglich? Wie funktioniert Wissenschaft und wodurch unterscheidet sie sich von Aberglauben? (Siehe den Vortrag von Dr. Eder in der Fortbildungswoche 2011.)

Bedeutung und Arbeitsweise der Naturwissenschaften zu verstehen ist Thema der Forschung zu „Nature of Science“ (NOS) und stand im Mittelpunkt einer Tagung am AECC Chemie (s. <http://aeccc.univie.ac.at> mit Tagungsunterlagen). Zwei Artikel in diesem Heft betreffen NOS und möchten einen Anstoß geben, das „Wesen der Naturwissenschaften“ den jungen Menschen nahe zu bringen.

Impulse für den Unterricht zu geben ist eine der Aufgaben der Kompetenzzentren für Chemie-, bzw. Physikdidaktik (AECC Chemie, AECC Physik) an der Universität Wien. Nach fünfjährigem Vorlauf konnten im Sommer 2010 endlich 2 Professuren unbefristet besetzt werden, so dass auch längerfristige Forschungsaufgaben durchgeführt werden können. (Leider ist die Professur für Biologiedidaktik immer noch nicht besetzt.) Der Vorstand des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts gratuliert und wünscht den neu Ernannten, Frau Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens und Herrn Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf, viel Erfolg. Dankenswerterweise haben sie sich bereits aktiv in die Gestaltung der Fortbildungswoche 2011 eingebracht.

Sehr bedenklich ist der zunehmende Mangel an Physik- und Chemielehrkräften. Ermutigen Sie doch Ihnen geeignet erscheinende Schülerinnen und Schüler, ein Lehramtsstudium – für Pflichtschulen oder für höhere Schulen – als Berufsmöglichkeit in Betracht zu sehen.

Sehr erfreulich war 2010 hingegen das Abschneiden des österreichischen Teams im Internationalen Physikturnier IYPT und in der International Science Olympiade EUSO, der Teilnehmer an der internationalen Chemie- und Physik-Olympiade – Gratulation!

Zum Schluss: Diese Ausgabe von PLUS LUCIS hätte zu Jahresende 2010 versandt werden sollen. Private Umstände haben die Fertigstellung leider verhindert, eine Online-Ausgabe wurde stattdessen eingerichtet.

Viele Anregungen bei der Lektüre wünscht

Ihr Helmut Kühnelt

VPYTHON

zum Verstehen der Grundstruktur der Newtonschen Mechanik

Hildegard Urban-Woldron, Martin Hopf

Im Oberstufenlehrplan für Physik wird im Sinne der Zukunftsorientierung des Physikunterrichts die Modellbildung als wichtiger didaktischer Grundsatz explizit angeführt: „Entsprechend der Zukunftsorientierung des Unterrichts sind auch moderne Methoden der Informationsbeschaffung, der Datenerfassung (Messen, Steuern, Regeln) und –verarbeitung sowie der Modellbildung im Unterricht einzusetzen.“ Die Modellbildung entspricht nicht nur der Denk- und Arbeitsweise der Physik, sondern fördert auch die Hypothesenbildung und das Denken in Zusammenhängen im Physikunterricht. Im Physikunterricht treten darüber hinaus häufig Differentialgleichungen auf, wo eine geschlossene Lösung des Problems nicht vermittelt werden kann, weil die mathematischen Kenntnisse der Schülerinnen und Schüler auf der entsprechenden Schulstufe nicht ausreichend sind.

Schon seit etwa zwei Jahrzehnten stehen den Schulen Tabellenkalkulationsprogramme, die sich auch sehr gut für die Modellbildung und Visualisierung im Physikunterricht eignen, zur Verfügung und werden von Physiklehrkräften auch in diesem Sinne eingesetzt. Heute sind noch weitere, leicht erlernbare Modellbildungssysteme (wie z.B. EASYSIM, VENSIM) kostenlos verfügbar und ermöglichen Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Einstieg in die Programmnutzung. Eine besonders interessante Software ist VPYTHON. VPYTHON ist eine graphische Erweiterung zum Programm PYTHON, die das Erstellen von Animationen und Simulationen in 3D, aber auch die Darstellung der Simulationsergebnisse als Graphen in einem eigenen Fenster ermöglicht. Zur relativ einfachen Bedienung kommt hinzu, dass der Programmeinsatz die Kreativität der Lernenden und vor allem auch das lustbetonte Arbeiten an physikalischen Fragestellungen fördern kann.

Fachdidaktische Überlegungen

In diesem Beitrag werden Beispiele zur Untersuchung der Bewegung von Körpern unter dem Einfluss von Kräften mit Hilfe der objektorientierten Programmsprache VPYTHON für den Einsatz in der Sekundarstufe 2 angeregt. Im Idealfall könnten die programmiertechnischen Grundlagen im Pflichtgegenstand Informatik vermittelt werden, so dass die Lehrperson in Physik den Fokus hauptsächlich auf die systemdynamische Modellbildung legen könnte. Ausgewählt wurden Modelle, in denen die Grundstruktur der Newtonschen Dynamik deutlich hervortritt. Kennt man die

auf einen Körper wirkenden Kräfte, kann man daraus seine Bahnkurve berechnen. Dabei lassen sich die Grundgleichungen (1) und (2) der Newtonschen Grundstruktur nicht nur auf Phänomene anwenden, die im engeren Sinn zur Mechanik zählen, sondern gelten z.B. auch für die Berechnung der Bahnen elektrisch geladener Teilchen unter dem Einfluss magnetischer Kraftfelder oder elektrischer Felder.

$$\vec{a} = \ddot{\vec{x}} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m} \quad (1)$$

beziehungsweise

$$d\vec{p} = \sum \vec{F}_i \cdot dt \quad (2)$$

Wie Gleichung (1) zeigt, geht es bei der Berechnung von Bahnkurven mathematisch darum, eine Differentialgleichung zweiter Ordnung zu integrieren. Diese Grundbeziehung stellt zusammen mit den Definitionen von Geschwindigkeit und Beschleunigung das Rüstzeug für die Bearbeitung von Bewegungen und Kräften dar. Bei Gleichung (2) wird zum Ausdruck gebracht, dass eine Kraft, die eine bestimmte Zeit auf einen Körper einwirkt, einen Impuls- und damit Bewegungsänderung hervorruft. Die Kraft tritt dabei als Änderungsrate des Impulses auf:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \rightarrow \Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t \rightarrow \vec{p}_{\text{neu}} = \vec{p}_{\text{alt}} + \vec{F} \cdot \Delta t$$

Die Beschleunigung eines Körpers ergibt sich aus der Summe der Einzelkräfte:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m}$$

Die Beschleunigung ist anschaulich gesehen die Intensität der Geschwindigkeitsänderung, d.h. die Änderungsrate der Geschwindigkeit:

Die Geschwindigkeit $\vec{v}$ ändert sich im Zeitintervall Δt um einen bestimmten Wert $\Delta \vec{v} = \vec{a} \cdot \Delta t$, der zur vorhandenen Geschwindigkeit addiert wird:

$$\vec{v}_{\text{neu}} = \vec{v}_{\text{alt}} + \Delta \vec{v} \rightarrow \vec{v}_{\text{neu}} = \vec{v}_{\text{alt}} + \vec{a} \cdot \Delta t$$

Die Geschwindigkeit ist die Intensität der Änderung des Ortes. In einem Zeitintervall Δt bewirkt sie eine Ortsänderung von $\Delta \vec{s} = \vec{v} \cdot \Delta t$, die zur vorhandenen Ortskoordinate addiert wird: $\vec{s}_{\text{neu}} = \vec{s}_{\text{alt}} + \vec{v} \cdot \Delta t$.

Eine Modellbildungssoftware wie z. B. VPYTHON erlaubt eine stärkere Betonung dieser Kernstruktur der Newtonschen Dynamik und arbeitet automatisch mit Vektoren: $\vec{F} \rightarrow \vec{a} \rightarrow \vec{v} \rightarrow \vec{s}$ beziehungsweise $\vec{F} \rightarrow \vec{p} \rightarrow \vec{v} \rightarrow \vec{s}$.

Dr. Hildegard Urban-Woldron, Univ. Prof. Dr. Martin Hopf / Universität Wien, AECC Physik. E-Mail: hildegard.urban-woldron@univie.ac.at

Einführung in das Arbeiten mit VPYTHON

Die Programme PYTHON und VPYTHON sowie Dokumentationen und Beispiele stehen auf <http://www.vpython.org/> kostenlos zum Download bereit. Videos, die z. B. auf <http://www.youtube.com/vpythonvideos> verfügbar sind, unterstützen die Anwender/innen beim selbstständigen Erlernen des Umgangs mit dem Programm. Unter <http://vpython.org/webdoc/visual/index.html> findet man zusätzliche Detailinformationen zu den einzelnen in VPYTHON verfügbaren Objekten. Auf YouTube stehen zahlreiche Videos bereit, die verschiedenste Anwendungen von VPYTHON zeigen.



VPYTHON ist auf den Systemen Windows, Linux/Unix und Mac OS X lauffähig. VIDLE steht für Visual Integrated Development Environment und stellt das Interface zum Schreiben und Ausführen von VPYTHON Programmen dar.

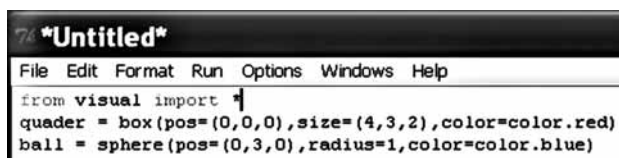
Das Programm ist einfach zu installieren und problemlos auf Netbooks lauffähig. Es wurde im Rahmen einer Intensivwoche im Talentezentrum Schloss Drosendorf mit Schülerinnen und Schülern der 3. und 4. Klassen niederösterreichischer Hauptschulen und AHS erfolgreich eingesetzt.

Objekte in VPYTHON darstellen

Nach dem Starten der VIDLE wird das Programm im sogenannten Code-Fenster eingegeben (vgl. Abb. unten rechts).

Es werden hier zwei Objekte dargestellt:

- (1) Ein Quader mit Länge 4, Breite 2 und Höhe 3 in der Farbe rot.

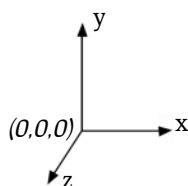


Der Mittelpunkt des Quaders liegt im Ursprung des Koordinatensystems.

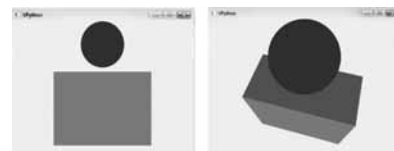
- (2) Eine blaue Kugel mit Radius 1. Der Mittelpunkt der Kugel liegt 3 Einheiten über jenem des Quaders.

Durch Betätigen der Taste F5 wird das Programm gestartet. Im graphischen Ausgabefenster erhalten wir die Darstellung der beiden Objekte in 3D.

Im Zentrum des Anzeigefensters liegt der Ursprung des Koordinatensystems. Die positive x-Achse verläuft nach rechts, die positive y-Achse nach oben und die positive z-Achse aus dem Bildschirmfenster heraus. Die Einheiten auf den Achsen werden automatisch angepasst (vgl. Abb. rechts).



Bewegt man die Maus mit gedrückter Maustaste, so kann man die räumliche Ansicht beliebig variieren (vgl. Abb.).



Hält man beide Maustasten gedrückt, kann man durch Bewegen der Maus zoomen.

Beispiel: Bewegungen eines Balls darstellen

<pre>from visual import * Ball = sphere(pos = (-5,0,0), radius = 0.5, color = color.yellow) Wand = box(pos = (6,0,0), size = (0.2,4,4), color = color.blue)</pre>	Objekte definieren
<pre>dt = 0.05 Ball.v = vector(2,0,0)</pre>	Anfangsbedingungen festlegen. Die Geschwindigkeit des Balls wird als Vektorgroße festgelegt.
<pre>while (1==1): rate(100)</pre>	rate(100) stellt sicher, dass die While - Schleife unabhängig von der Rechengeschwindigkeit nicht öfter als 100 Mal pro Sekunde ausgeführt wird.
<pre>Ball.pos = Ball.pos + + Ball.v * dt</pre>	Die Bewegung des Balls wird in einer einzigen Zeile dargestellt.
<pre>if Ball.x > Wand.x - 0.15: Ball.v.x = - Ball.v.x</pre>	Der Ball wird beim Auftreffen auf die Wand reflektiert. Er geht aber auf der linken Seite aus dem Bildbereich hinaus.
Erweiterungen: 1. Es soll eine zweite Wand auf der linken Seite hinzugefügt werden, so dass sich der Ball zwischen den beiden Wänden hin und her bewegt.	
2. Der Ball soll eine andere Anfangsgeschwindigkeit haben, z.B. <code>Ball.v = vector(1,0,1,0)</code>	
3. Im nächsten Schritt soll die Geschwindigkeit des Balls visualisiert werden. Folgende Änderungen sind durchzuführen: a) Im Abschnitt Anfangsbedingungen wird die Zeile <code>bv=arrow(pos (Ball.pos, axis=Ball.v, color=color.red)</code> eingefügt.	
b) In der While-Schleife werden die Position und die Richtung des Pfeiles mit den beiden Befehlen <code>bv.pos=Ball.pos</code> und <code>bv.axis=Ball.v</code> aktualisiert	
4. Der Ball soll nun noch eine Spur hinterlassen. Dazu wird a) bei den Anfangsbedingungen <code>Ball.Spur=curve(color=(0.8,0.8,0.8))</code> und b) am Ende der Schleife <code>Ball.Spur.append(pos=Ball.pos)</code> eingefügt.	
5. Es sollen nun noch eine Boden- und eine Deckfläche eingefügt und die Reflexionen des Balls an diesen beiden zusätzlichen Flächen animiert werden.	

Mögliche Arbeitsaufträge für SchülerInnen

Beispiel 1: Federschwingung

- Studiere das folgende Beispiel und beschreibe, was damit simuliert wird.
- Wodurch unterscheidet sich die Methode der Simulation grundsätzlich vom Beispiel mit dem Ball in der Box?
- Baue schließlich einen Reibungsterm ein.

```
from visual import *
scene.range = (1,1,1)
scene.center = (0,.1,0)
scene.width = 800
scene.height = 275
scene.background = (0.8,0.8,0.8)

k = 10
m = 10

x0 = vector(.65,0,0)
v = vector(0,0,0)
a = vector(0,0,0)
F = vector(0,0,0)

Surface=box(size=(2,.02,.5), pos=(0,-.1,0))
wall=box(size=(.04,.5,.3), pos=(-.77,.15,0))
spring=helix(pos=(-.75,0,0),axis=x0,
radius=.08, coils=6, thickness=.01,
color=color.red)
block=box(pos=(0,0,0), size=(.2,.2,.2),
color=color.blue)
```

Die physikalischen Größen werden als Vektoren definiert.

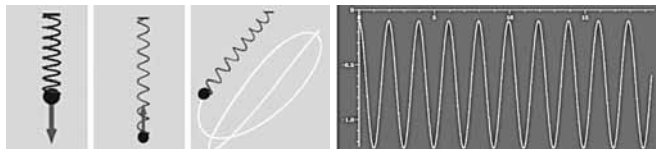
```
block.pos = (0.15,0,0)
x = block.pos
spring.axis = x0 + x
finished = False
dt = .01

while not finished:
    rate(100)
    F = -k*x
    a = F / m
    v = v + a*dt
    x = x + v*dt + .5*a*dt**2
    block.pos = x
    spring.axis = x0 + x
```

Diese vier Zeilen enthalten die eigentliche „Physik“ der Problemstellung

Beispiel 2: Federpendel

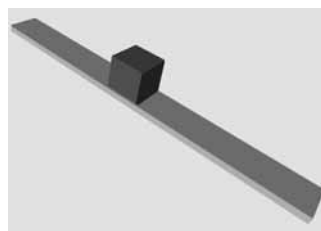
- Erstelle eine Simulation für ein Federpendel, das nach allen möglichen Richtungen ausgelenkt werden kann.
- Stelle die resultierende Kraft auf den Pendelkörper sowie die Bahn des Pendelkörpers und die Auslenkung in Abhängigkeit von der Zeit dar.



Beispiel 3:

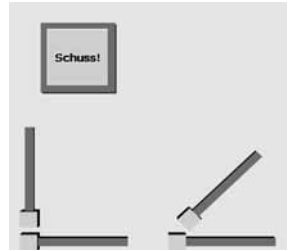
Bewegung eines Körpers auf einer schiefen Ebene

- Stelle die Bewegung eines Körpers, der reibungsfrei eine schiefe Ebene hinuntergleitet, dar.
- Welche Kräfte wirken auf den Körper? Visualisiere die entsprechenden Kraftvektoren.
- Erstelle ein v-t-Diagramm.
- Wie hängt die Endgeschwindigkeit des Körpers von der Länge und vom Neigungswinkel des Brettes ab?



Beispiel 4: Basketballwurf

Studiere das Programm und adaptiere es in der Weise, dass du damit Wurfbewegungen simulieren und sowohl Geschwindigkeitsvektoren als auch Zeit-Weg- sowie Zeit-Geschwindigkeitsdiagramme anzeigen kannst.



Visualisiere die Bahn und die Geschwindigkeit des Balls.

```
from visual.controls import *

def setx(obj):
    ball.x=obj.value
    ball.x0=ball.x
def sety(obj):
    ball.y=obj.value
    ball.y0=ball.y
def setangle(obj):
    ball.angle=obj.value
def setv0(obj):
    ball.speed=obj.value
def shoot():
    ball.vel=vector(ball.speed*cos(ball.angle),
    ball.speed*sin(ball.angle),0)
    v=ball.vel
    a=vector(0,-9.8,0)
    dt=0.1

while ball.y > -5.0:
    rate(10)
    v.y=v.y - 9.8*dt
    ball.pos=ball.pos+v*dt+
    +0.5*a*dt**2
    ball.x=ball.x0
    ball.y=ball.y0

w=350
display(x=w,y=0,width=3*w,height=w,range=10)
c=controls(x=0,y=0,width=w,height=w,range=60)
ball=sphere(radius=0.2,
color=(1,1,0), angle=0.0,
x0=0,y0=0)

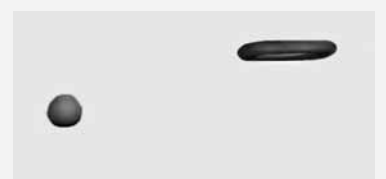
ball.speed=10.0
ball.vel=vector(ball.speed,0,0)
ring(pos=(8,2,0),axis=(0,1,0),radius=0.5,thickness=0.1,
color=color.red)
```

```
s1=slider(pos=(-50,-50), width=7, length= 0, axis=(1,0,0), min=-10,
max=10, action=lambda: setx(s1))
s2=slider(pos=(-50,-40), width=7, length=40, axis=(0,1,0), min=-5,
max=5, action=lambda: sety(s2))
s3=slider(pos=(15,-40),width=7, length=40, axis=(0.7,0.7,0),min=0,
max=pi/2.0,
action=lambda: setangle(s3))
s4=slider(pos=(10,-50), width=7, length=40, axis=(1,0,0),
min=0,max=20,
action = lambda: setv0(s4))

b1 = button(pos=(-30,30),height = 30, width = 30, text = „Schuss“, action
= lambda: shoot())
```

```
s1.value = 0
setx(s1)
s2.value = 0
sety(s2)
s3.value = 0
setangle(s3)
s4.value = 0
setv0(s4)
```

```
while 1:
    rate(100)
    c.interact()
```



The Nature of Science

Das Wesen / die Natur der Naturwissenschaften

Dominik Ertl

Naturwissenschaft im Allgemeinen und Physik im Besonderen gilt gemeinhin als eine komplizierte, schwer zu verstehende und abstrakte Wissenschaft, die sich vom „Anschaulichen“ entfernte, der Mathematisierung anheimfiel und deren Erkenntnisse, ungeachtet ihrer Bedeutungen für das alltägliche Leben eines jeden einzelnen Menschen, einer gewissen „wissenschaftlichen Elite“ vorbehalten bleiben.

Dabei sind die Vorstellungen und das Wissen über die Prozesse, wie physikalisches Wissen und Erkenntnis produziert wird, wie es gerechtfertigt wird und wer die Person des Physikers überhaupt ist, in welchem Umfeld er arbeitet und welche Motivationen er zu dieser Arbeit hat, oft höchst unklar. Sie werden meist unreflektiert und in stereotyper Weise aus unterschiedlichen Quellen übernommen oder ad hoc konstruiert.

Fehlvorstellungen über *Nature of Science* (NOS) oder die Natur der Naturwissenschaften finden sich nicht nur bei Schülerinnen und Schülern – dort von der fachdidaktischen Forschung am ausführlichsten untersucht, sondern auch bei Lehrkräften und allgemein bei erwachsenen Personen. Spricht man im ersten Fall von Schülervorstellungen zu NOS, so bietet es sich an, allgemein von *epistemologischen Überzeugungen* von der Natur der Naturwissenschaften zu sprechen.

Als *epistemologische Überzeugungen* werden hier individuelle subjektive Ansichten und Auffassungen über die Genese¹⁾, Ontologie²⁾, Bedeutung, Rechtfertigung und Gültigkeit von Wissen in den Wissenschaften bezeichnet und spiegeln damit die Grundauffassungen und Einstellungen von Personen gegenüber Wissenschaften wider. [3]

Schülervorstellungen zum Thema *Nature of Science* wurden in den letzten 20 Jahren detailliert erforscht. Erste Publikationen gehen bis in die 1980-er Jahre zurück (Rubba 1981, Aikenhead 1987, Ryan, 1986). [1, 2] Der Tenor sämtlicher Publikationen ist der Gleiche: Realistische Vorstellungen über *Nature of Science* konnten in einer Vielzahl von Studien nicht befriedigend nachgewiesen werden. [1]

Eine Ursache für diesen Umstand liegt möglicherweise im Begriff *Nature of Science* selbst: Was die *Natur*, oder das

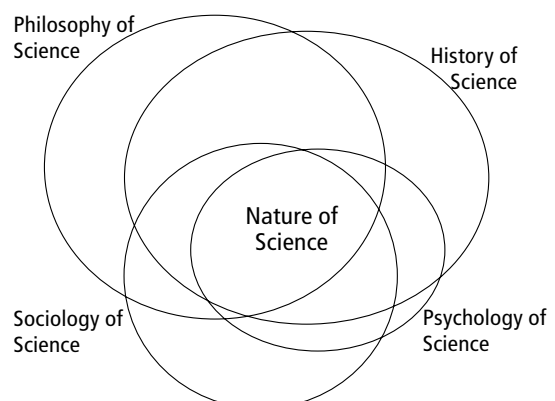
Wesen der Naturwissenschaften eigentlich ausmacht, wird seit der Entstehung der Naturwissenschaften von unterschiedlichen Standpunkten aus betrachtet und kontrovers diskutiert. An dieser Stelle sei exemplarisch an die Bohr-Einstein-Debatte in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts über die Natur der Quantenmechanik oder an die unter der Bezeichnung Popper-Kuhn-Debatte in die Wissenschaftsgeschichte eingegangene Diskussion über die Entwicklung und den Fortlauf der Wissenschaften erinnert.

Was ist also die Natur der Naturwissenschaften?

Dieser Frage nahmen und nehmen sich verschiedene wissenschaftliche Disziplinen an (allen voran die Philosophie) und beantworten sie aus ihrer Perspektive heraus auch unterschiedlich. Es wird den Leser daher nicht verwundern, dass in diesem schmalen Rahmen keine vollständige Darstellung des gesamten Themenkomplexes von NOS erfolgen kann.

Im Folgenden soll allerdings eine kurze theoretische Übersicht gegeben werden, die eventuell zur persönlichen Reflexion anregt.

McComas und Olsen zeichnen bereits 1998 ein Modell [2], das *Nature of Science* als Schnittmenge der vier folgenden Disziplinen sah:



Diese Darstellung soll kurz besprochen werden:

Im angloamerikanischen Sprachraum werden die Wissenschaftstheorie und die Wissenschaftsgeschichte als Teilgebiete der Philosophie mit „*History and Philosophy of Science*“ (HPS) bezeichnet und institutionell geführt. Die Wissen-

1) Genese: Entstehung

2) Ontologie: „Seinslehre“ (griech. *on* (ὄν): „seiend“; *logos*: Wort, Lehre)

Mag. Dominik Ertl ist Projektmitarbeiter am AECC Physik.
E-Mail: dominik.ertl@univie.ac.at

schaftstheorie widmet sich auf überwiegend theoretischen Art und Weise, und mehr oder weniger systematisch, dem epistemologischen Wert des (natur)wissenschaftlichen Wissens und dem Status und der Rechtfertigung von (natur)wissenschaftlicher Erkenntnis. Dieser Eckpfeiler mit langer Geschichte und großer Tradition – vor allem in Wien durch den Wiener Kreis zu Beginn des 20. Jahrhunderts – ist ein schier unerschöpfliches Gebiet der vergangenen und zeitgenössischen Philosophie. Die Wissenschaftstheorie fußt historisch gesehen auf der Erkenntnistheorie und knüpft damit nahtlos an der Wissenschaftsgeschichte an, die den jeweiligen historischen, kulturellen und sozialen Kontext bei der Entstehung von Wissen in den Wissenschaften zum Erkenntnisinteresse hat. Ein anderer Zugang der Wissenschaftstheorie zu ihrem Gegenstand ist der systematische: hier wird die Klärung oder Bestimmung der in den (Natur)Wissenschaften verwendeten Begriffe und Denkprinzipien, wie z. B. Naturgesetz, Kausalität, Universalität, Raum, Zeit, Ereignis und dergleichen mehr, angestrebt.

Eng mit HPS verwoben, aber dennoch eigenständig zu betrachten ist die *Wissenschaftssoziologie*, die das aktuelle kulturelle Umfeld, die Bedingungen der forschenden Personen und ihre Einbettung in der „*Scientific Community*“, der Gemeinschaft der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, betrachtet. Sie geht mit soziologischen Fragestellungen in das Feld der (Natur)Wissenschaften und untersucht diesen komplexen Zusammenhang mit sozialwissenschaftlichen Methoden, wie z.B. teilnehmender Beobachtung oder Interviewstudien.

Als letzter Eckpfeiler ist noch die *Psychology of Science* zu nennen, die sich mit den Persönlichkeiten der Wissenschaftler beschäftigt, ihren Motivationen überhaupt Forschung zu betreiben, welche Ansprüche sie an ihre Tätigkeit haben, welche persönliche oder allgemeine Ziele sie verfolgen, wie sie mit Erfolg/Misserfolg umgehen und ähnliche Faktoren.

Sämtliche angeführte Disziplinen können aber lediglich Methoden und Denkansätze anbieten, um das Thema zu umkreisen. Für die fachdidaktische Forschung ist hingegen interessant, welche Inhalte NOS konstituieren und welche Möglichkeiten es gibt, diese im Schulunterricht und der universitären Lehramtsausbildung zu vermitteln. Dabei stellen sich zunächst zwei weitere Fragen:

1. Welche Schülervorstellungen oder allgemein epistemologische Überzeugungen zu NOS liegen bei Lernenden vor?
2. Um welche Misskonzepte und Fehlvorstellungen handelt es sich dabei und welche Vorstellungen werden im Gegensatz dazu von einem Expertenkonsens als zutreffend betrachtet?

William F. McComas stellte 1998 in dem bis heute vielzitierten Artikel *The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths*, 15 Mythen über Naturwissenschaft auf, die typische Fehlvorstellungen von Schülern repräsentieren. [2]

15 Mythen über die Natur der Naturwissenschaft

- Hypothesen werden zu Theorien und Theorien zu Gesetzen.
- Die Gesetze und Prinzipien der Naturwissenschaften sind absolut und unumstößlich.
- Hypothesen Aufstellen gleicht einem gut begründeten Raten.
- Es gibt eine generelle und universelle naturwissenschaftliche Methode.
- Eine Sammlung von gewissenhaft erhobenen Daten führt zu sicherem Wissen.
- Naturwissenschaften und deren Methoden liefern absolute Beweise.
- Naturwissenschaften sind eher an feststehende Verfahren gebunden als an Kreativität.
- Naturwissenschaften und deren Methoden können alle Fragen beantworten.
- Naturwissenschaftler sind besonders objektiv.
- Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden prinzipiell durch Experimente gewonnen.
- Naturwissenschaftliche Ergebnisse werden grundsätzlich auf Richtigkeit hin überprüft.
- Die Anerkennung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgt einfach und unproblematisch.
- Modelle der Naturwissenschaften repräsentieren die Wirklichkeit.
- Naturwissenschaften und Technik sind identisch.
- Naturwissenschaftler arbeiten in der Regel allein.

Im Artikel: „The NOS in International Science Education Standards Documents“ derselben Veröffentlichung [2] listet McComas hingegen Aussagen auf, die einen überwiegenden Konsens unter Naturwissenschaftlern darstellen (Übersetzt aus dem englischen Original von B. Priemer, 2006 [3]):

- Wissen in den Naturwissenschaften ist, obwohl es zuverlässig ist, nicht unveränderlich.
- Wissen in den Naturwissenschaften beruht stark, aber nicht vollständig, auf Beobachtungen, experimentellen Resultaten, rationalen Begründungen und einer gewissen Skepsis.
- Es gibt nicht nur einen Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. (Deshalb gibt es auch keine universelle naturwissenschaftliche Methode, die Schritt für Schritt abgearbeitet wird.)
- Naturwissenschaften verstehen sich als Ansatz, Phänomene der Natur zu erklären.
- Gesetze und Theorien dienen unterschiedlichen Zwecken, deshalb werden aus Theorien auch keine Gesetze, auch wenn zusätzliche Daten vorliegen.
- Menschen mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen tragen zu den Naturwissenschaften bei.
- Neue Erkenntnisse müssen klar und offen dargestellt werden.
- Naturwissenschaftliche Ergebnisse müssen nachvollziehbar dokumentiert sein, werden von Experten begutachtet und müssen replizierbar sein.
- Beobachtungen sind Theorie-geleitet.

- Naturwissenschaftler sind kreativ.
- Die Geschichte der Naturwissenschaften kennt evolutionäre und revolutionäre Entwicklungen.
- Naturwissenschaften sind Teile sozialer und kultureller Entwicklungen.
- Naturwissenschaften und Technik beeinflussen sich gegenseitig.
- Naturwissenschaftliche Ideen werden von sozialen und historischen Faktoren beeinflusst.

Wenn auch die jeweiligen Aussagen ohne ihren besonderen Kontext einen breiten Interpretationsspielraum zulassen und somit wahrscheinlich vom Leser nicht einhellig akzeptiert oder abgelehnt werden können, so stellen sie dennoch einen guten Ausgangspunkt dar, die Frage nach der Natur der Naturwissenschaft im Unterricht zu reflektieren, z.B. [5].

Warum *Nature of Science* thematisieren?

Die Forderung nach einem philosophischen Hintergrund des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist bereits rund 100 Jahre alt und geht auf den amerikanischen Pädagogen und Philosophen John Dewey und sein Programm des Pragmatismus zurück. Darin wird die Wichtigkeit und Überlegenheit einer *naturwissenschaftlich-rationalen und kritischen* Denkweise für die Gesellschaft hervorgehoben. Um dieses Ziel zu erreichen, reicht es aber bei weitem nicht, nur die Fachinhalte der jeweiligen (Natur)Wissenschaft zu lernen, vielmehr muss auch die Metaebene behandelt werden, d.h. *über die (Natur)Wissenschaften*, bzw. im Speziellen über die *Physik, Chemie, Biologie* etc. gelehrt und gelernt werden. [4]

Neben den allgemeinen gesellschaftlichen Argumenten für eine Thematisierung von NOS stehen die individuellen Argumente für die Lernenden: einerseits um eine fundierte Grundlage für die weitere Berufswahl zu haben, andererseits um die Bedeutung der Naturwissenschaft für das persönliche alltägliche Leben zu erkennen. In unserer heutigen Gesellschaft ist es für die einzelne Person trotz (oder wegen?) der Vielzahl an Informationen aus allen möglichen medialen Quellen nicht einfacher geworden, die häufig auftauchenden Begriffe, „wissenschaftlicher Beweis“, „wissenschaftliche Erkenntnis“ und dergleichen mehr, in einen adäquaten Kontext einzuordnen. Um also ein entsprechendes Kritikbewusstsein zu erwerben und nicht einer scheuklappenartigen „Wissenschaftsgläubigkeit“ zu unterliegen, ist diese Forderung nach wie vor höchst aktuell.

In den letzten Jahren gab es zahlreiche unterschiedliche Ansätze einzelne Aspekte des Themenkreises *explizit* zum Unterrichtsgegenstand zu machen (siehe z.B. [5]). Auch wenn viele dieser Unterrichtskonzepte vielversprechend sind, ist ihre praktische Umsetzung im Schulalltag oft mit größerem Aufwand verbunden, bzw. klammern sie notwendigerweise die übrigen Aspekte von NOS aus.

Es stellt sich also heraus, dass *Nature of Science* im praxisnahen Schulalltag überwiegend *implizit* vermittelt wird,

somit der unterrichtenden Lehrkraft eine große Verantwortung in ihrem schulalltäglichen Handeln zukommt. Ihre eigenen epistemologischen Überzeugungen zu NOS spielen eine maßgebliche Rolle bei deren Vermittlung. Um Schülerinnen und Schülern adäquate Ansichten über Wissenschaften, insbesondere Naturwissenschaften zu vermitteln, bedarf es seitens der unterrichtenden Lehrkräfte also einer intensiven Reflexion über den gesamten Themenbereich. Für die universitäre Ausbildung und für die Lehrerfortbildung stellt sich daher die Herausforderung, entsprechende Lehrgänge und Fortbildungen anzubieten, um das notwendige Wissen zur Verfügung zu stellen und die Reflexionsfähigkeit herzustellen.

Da dies allerdings einen längeren Entwicklungsprozess nach sich zieht, wird an dieser Stelle abschließend für alle Interessierten eine kurze Liste unterhaltsamer Lektüre angeboten, die den Themenkreis rund um *Nature of Science* auf populärwissenschaftlicher Basis umkreist und zur eigenständigen Vertiefung mit dem gesamten Themenkomplex anregen soll:

- Pietschmann, H. (2007): *Phänomenologie der Naturwissenschaft*. Wien: Ibero
- Pietschmann, H. (2007): *Geschichten zur Teilchenphysik*. Wien: Ibero
- Feynman, R. (2007): *Vom Wesen physikalischer Gesetze*. München: Piper
- Segrè, E. (1997): *Die großen Physiker und ihre Entdeckungen. Von den fallenden Körpern zu den Quarks*. München: Piper.

Literatur

- [1] Höttecke, D. (2001): *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*. Berlin: Logos (Studien zum Physiklernen, Band 16).
- [2] McComas, W.F. (1998): *The Nature of Science in Science Education – Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- [3] Priemer, B. (2006): *Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen*. ZfDN 12, 177-197
- [4] Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (2007): *Physikdidaktik*. Berlin: Springer
- [5] Haagen-Schützenhöfer, C.: *Physiknobelpreis 2010 – Ein möglicher Anlass um im Unterricht das Wesen der Naturwissenschaften zu thematisieren*. Plus Lucis 1-2/2010 (in diesem Heft).

Physikunterricht in der Republik Irland

Positive und negative Seiten zentraler Prüfungen

Ingrid Krumphals

Die Einführung der Bildungsstandards in Österreich sorgt gegenwärtig für viele Diskussionen. Diese sind oftmals geprägt durch Unsicherheiten bezüglich der Auswirkungen und vor allem des Zwecks für die Gesellschaft wie auch für den Unterricht. Wie sollen diese Standards aussehen? Wie können sie erreicht werden? Wie muss der Unterricht aussehen, um diesen Standards gerecht werden zu können? Solche Fragen beschäftigen die zuständigen Entwicklerinnen und Entwickler der Aufgaben genauso wie die Lehrkräfte, die in Zukunft den Unterricht so gestalten sollen, um diese Standards möglichst gut zu verfolgen. Der folgende Beitrag liefert eine Außensicht. In der Republik Irland gibt es schon lange „Bildungsstandards“ in Form von externen Prüfungen. Im Weiteren folgt somit eine Beschreibung, wie Bildungsstandards am Beispiel eines anderen Landes umgesetzt werden und welche Auswirkungen diese mit sich bringen.

Bildungsstandards in der Republik Irland

Nun folgt eine kurze Darstellung des irischen Schulsystems und der gegebenen Rahmenbedingungen sowie eine Beschreibung, wie Bildungsstandards in der Republik Irland den Unterricht, im Speziellen den Physikunterricht, beeinflussen und vor allem welche Auswirkungen die dort durchgeführten externen Prüfungen mit sich bringen. Die in diesem Artikel beschriebenen Fakten basieren auf den Ergebnissen eines vom Ministerium für Unterricht, Kunst und Kultur finanzierten Projekts [3], sowie zweier Diplomarbeiten [1]. Zugleich werden kritische Punkte die Bildungsstandards betreffend dargestellt und diskutiert.

Durch den analytischen Blick auf ein anderes Schulsystem können oftmals Aspekte entdeckt werden, welche für die Entwicklung des eigenen Bildungssystems von Bedeutung sind. Besonders interessant ist vor allem der Blick auf ein vom österreichischen Schulsystem sehr verschiedenes Bildungssystem, in dem die Gesamtschule, wie auch staatlich festgesetzte Bildungsstandards, implementiert durch externe Prüfungen (am Ende der 9. und 12. bzw. 13. Schulstufe), schon seit Jahrzehnten üblich sind.

1. Schulsystem der Republik Irland

Um sich ein gutes Bild vom Physikunterricht in der Republik Irland machen zu können, ist vorerst ein Blick auf das

Ingrid Krumphals ist Projektmitarbeiterin am AECC Physik.
E-Mail: ingrid.krumphals@univie.ac.at

Bildungssystem nötig. Aus diesem Grund wird dieses kurz vorgestellt, wobei zur Veranschaulichung die unten angeführte Abbildung dient.

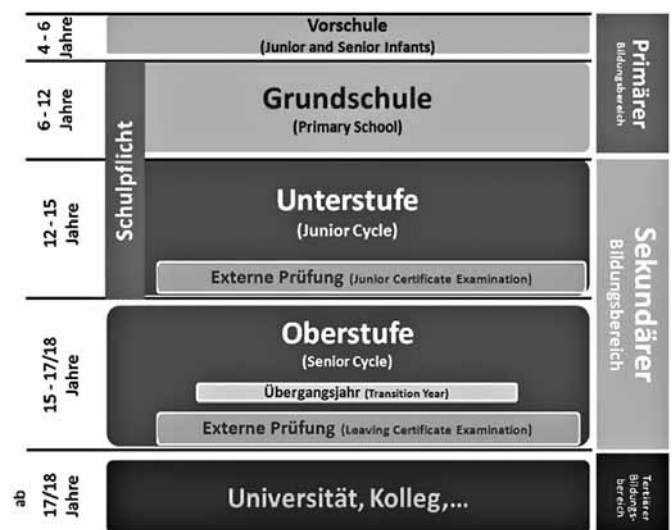


Abb. 1: Das irische Schulsystem

Die Ausbildung der irischen Kinder fängt meist im Alter von 4 Jahren mit einer zweijährigen Vorschule an. Die eigentliche Schulpflicht beginnt jedoch erst im Alter von 6 Jahren mit dem Einstieg in die Grundschule, die sogenannte Primary School, welche insgesamt sechs Jahre dauert. Danach wechseln die Schülerinnen und Schüler in den dreijährigen Junior Cycle (in etwa vergleichbar mit der österreichischen Unterstufe), der mit einer staatlichen Prüfung, der Junior Certificate Examination, abschließt. Mit dem Abschluss des Junior Cycle ist die Schulpflicht beendet. Gibt es den Wunsch einer Fortsetzung der Ausbildung, so kann dies im Zuge des Senior Cycle geschehen. Hier besteht die Möglichkeit, eine Art Orientierungsjahr oder Übergangsjahr vorab zu absolvieren. Dieses dient zur Weiterentwicklung von persönlichen Fähigkeiten und zur Orientierung des persönlichen Interesses der Jugendlichen. Nach diesem freiwilligen Übergangsjahr oder gleich direkt nach dem Junior Cycle, sind zwei Jahre Oberstufe zu besuchen, welche als Abschluss wiederum eine externe Prüfung, die sogenannte Leaving Certificate Examination (ungefähr vergleichbar mit der Matura in Österreich) umfasst. Durch die unterschiedliche Fächerwahl können insgesamt drei verschiedene Ausbildungsschwerpunkte gesetzt werden. Hierbei wird zwischen einem allgemein bildenden und einem berufsbildenden Schwerpunkt, welche beide anschließend ein

Universitätsstudium erlauben, sowie einem Bildungsweg der konkret auf den Beruf vorbereiten soll und zu keiner Hochschulreife führt, unterschieden. Anzumerken ist, dass die Schülerinnen und Schüler in ihrer gesamten Schullaufbahn nur die Zeugnisse der externen Abschlussprüfungen als Leistungsnachweise erhalten.

Betrachtet man nun den Physikunterricht, so kommt das Fach Physik im *Junior Cycle* im Zuge des Fachs *Science*, welches neben Physik auch noch Biologie und Chemie umfasst, vor. Im Gegensatz dazu wird Physik im *Senior Cycle* getrennt von den anderen Unterrichtsgegenständen gelehrt. Prinzipiell wählen die Schülerinnen und Schüler jene Fächer, die sie besuchen möchten und in denen sie auch die Abschlussprüfung ablegen wollen, selbst aus. In der Unterstufe ist die Wahlfreiheit eher weniger gegeben, da 6 von 8 Fächern verpflichtend vorgeschrieben sind. Unter diese Pflichtfächer fallen: Irisch, Englisch, Mathematik, staatsbürgerliche, soziale und politische Bildung, Persönlichkeitsbildung und Gesundheitslehre, sowie Leibeserziehung. *Science* ist nicht verpflichtend, wird aber von fast allen Schulen als Pflichtfach geführt, was konkret heißt, dass alle Schülerinnen und Schüler dieser Schulen auch das Fach *Science* belegen müssen. In der Oberstufe müssen die Schülerinnen und Schüler insgesamt 6 Fächer absolvieren, hier gilt nur Irisch als Pflichtfach. Somit ist den Jugendlichen im *Senior Cycle* viel mehr Spielraum bei ihrer Fächerwahl gegeben als im *Junior Cycle*. Wie vielleicht schon vermutet, wird Physik am wenigsten oft gewählt. Im Vergleich zu Biologie, wofür sich mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler entscheiden, fällt der Anteil jener, welche Physik wählen, mit ca. 15 % eher gering aus.

2. Unterricht in der Republik Irland – die Praxis

Offensichtlich sind die Rahmenbedingungen für Unterricht in der Republik Irland aufgrund der externen Prüfungen sehr anders als in Österreich. Dies wirkt sich natürlich auch auf den Unterricht aus. Im Weiteren folgen unsere Beobachtungen sowie daraus gezogene Schlussfolgerungen des Physikunterrichts in der Republik Irland.

Wie schon erwähnt, erhalten die Schülerinnen und Schüler während ihrer gesamten Schullaufbahn nur Zertifikate am Ende des *Junior Cycle* bzw. des *Senior Cycle*. Sie steigen somit bis zur 9. Schulstufe immer automatisch in die nächsthöhere Klassenstufe auf. Schulintern oder fachintern werden während des Schuljahres des Öfteren Tests oder Lernzielkontrollen durchgeführt, dies hängt aber stark von der Schule, bzw. der Lehrkraft ab. Prinzipiell dienen diese Tests aber nur zur Leistungsrückmeldung, der/die Schüler/in soll über den persönlichen Lernfortschritt und über Lücken oder Defizite informiert werden. Somit fällt durch die rein externen Prüfungen die Last, die Leistung der Schülerinnen und Schüler ständig beurteilen zu müssen, von der Lehrkraft ab. Eine Lehrperson muss sich also nicht ständig Gedanken darüber machen, welche Note nun zu geben ist, wie sich die Jahresnote zusammensetzt, wie die Mitarbeit in die Leistungsbeurteilung mit einfließt, u.v.m. Außerdem fällt auch die Rolle des Beurteilers gegenüber den Schülerinnen

und Schülern weg. Konkret heißt dies, dass der Unterricht deutlich anders geführt werden kann. Die Lehrkraft in der Republik Irland tritt vorwiegend als Coach auf. Die Schülerinnen und Schüler scheinen weniger Angst zu haben Fragen zu stellen, sie sehen die Lehrkraft als jene Person, die ihnen hilft, die staatliche Prüfung so gut wie möglich zu absolvieren. Umgekehrt ist dies auch ein Ziel der Lehrerinnen und Lehrer selbst. Der im Zuge der oben erwähnten Studie beobachtete Physikunterricht in der Republik Irland wies besonders stark ausgeprägte Merkmale in Bezug auf lernförderliches Unterrichtsklima auf. Daneben wurden disziplinäre Probleme selten bis gar nie beobachtet. Die Schülerinnen und Schüler scheinen somit mit ganz anderen Motiven als die österreichischen Jugendlichen am Unterricht teilzunehmen.

Prinzipiell ist für die Jugendlichen von großer Bedeutung, bei den Abschlussprüfungen gut abzuschneiden. Vor allem gilt: Die am Ende des sekundären Bildungsbereichs in der *Leaving Certificate Examination* erreichte Punktezahl ist ausschlaggebend für die Zulassung zum gewünschten Studium. Die Universitäten in der Republik Irland geben jedes Jahr für alle angebotenen Studienrichtungen eine Mindestgesamtpunktezahl, sowie Noten in einzelnen geforderten Fächern vor. Häufig wird auch ein Mindeststandard für Noten in Mathematik und Englisch verlangt.

Die staatlichen Prüfungen scheinen zusätzlich auch die Motivation bei den Schülerinnen und Schülern positiv zu beeinflussen. Bei PISA 2006 erzielten die irischen Jugendlichen sehr hohe Werte in den Bereichen von zukunftsorientierter und instrumenteller Motivation in Naturwissenschaft, im Gegensatz dazu schnitt Österreich eher schlecht ab [2]. Tatsächlich üben diese staatlichen Prüfungen einen enormen Druck auf die Schülerinnen und Schüler aus, da das erreichte Resultat erheblich für den beruflichen Werdegang und die persönliche Karriere verantwortlich sein kann.

Im Unterricht selbst wird die staatliche Prüfung sehr oft erwähnt. Die Lehrkraft gibt vielfach Hinweise, was eventuell bei der Prüfung abgefragt werden könnte und wie viele Punkte für welche Antworten vergeben werden. Außerdem sind die Schulbücher dem Prüfungsmodus entsprechend aufgebaut, um den Schülerinnen und Schülern das Lernen für die externe Abschlussprüfung zu erleichtern. Beispielsweise sind alle Pflichtexperimente genauestens dargestellt und beschrieben, wobei es überdies noch dazugehörige Workbooks gibt, welche prüfungsähnliche Fragen und nach jedem Kapitel einen Test *Yourself*-Teil umfassen, der sich sehr an den Prüfungsfragen orientiert. Lehrkräfte in der Republik Irland haben wegen des strikten Lehrplans (Lehrpläne *Physics* und *Science* siehe [6, 7]) wenig Freiheit in der Wahl der Themen wie auch in der Wahl der Durchführung von Experimenten. Da die Versuche in den Prüfungen genauestens abgefragt werden, passiert es häufig, dass die Lehrkräfte noch mit sehr altmodischen Geräten experimentieren bzw. die Schülerinnen und Schüler damit experimentieren lassen, weil in der Prüfung verlangt wird, genau diesen Ablauf wiederzugeben oder Kommentare und Über-

legungen dazu zu formulieren. Das heißt, wenn sich eine Lehrkraft dafür entscheiden würde, Computermessungen durchzuführen, wäre das ein Nachteil für die Schülerinnen und Schüler, da die Abfrage in den externen Tests sich häufig auf eine ältere Experimentiermethode bezieht.

3. Externe Prüfungen in der Republik Irland

Die zentrale Prüfung in Science dauert zwei Stunden und jene in *Physics* drei Stunden. Prinzipiell kann die Prüfung auf zwei verschiedenen Niveaus, *Ordinary Level* und *Higher Level*, abgelegt werden, wobei sich etwa 2/3 der Schülerinnen und Schüler für das höhere Niveau entscheiden. Für einen näheren Einblick werden im Folgenden Fragen aus den Abschlussprüfungen des *Higher Levels* in Science und *Physics* aus dem Jahre 2010 angeführt und kurz diskutiert.

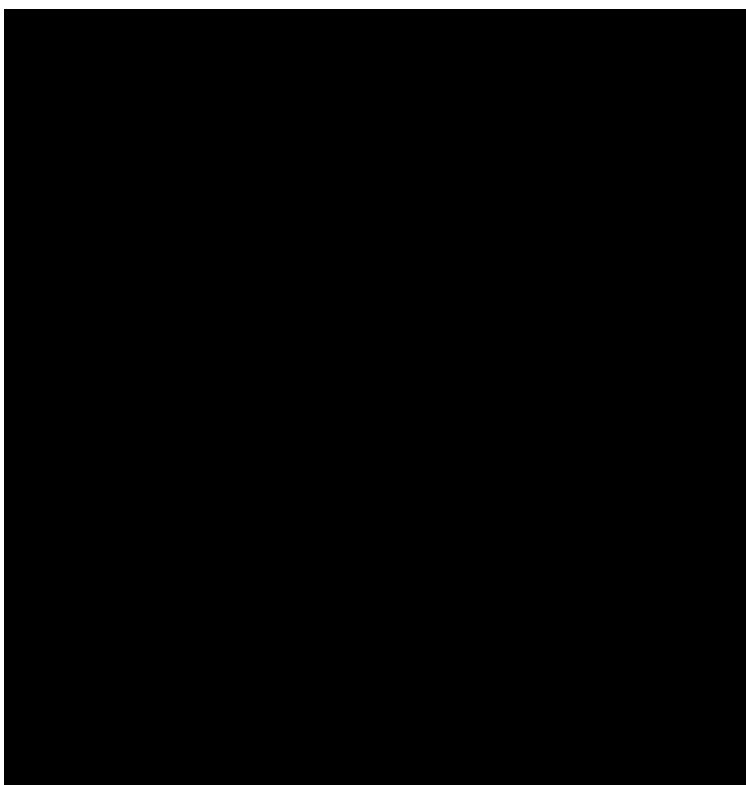


Abb. 3: Science Prüfung 2010
Teilaufgabe aus dem Bereich Physik (Quelle: [5])

In obiger Aufgabe in Punkt (iii) wird ein Experiment abgefragt. Hier ist es möglich, dass die Schülerinnen und Schüler selbst wählen, welches sie anführen. Oft soll jedoch ein konkreter Versuchsaufbau dargestellt werden, zu welchem Aufbau, Durchführung, Zweck, sowie Beobachtungen und Ergebnisse als Antwort gefordert sind.

Die nächste angeführte Aufgabe aus der Abschlussprüfung in Physik lässt den Versuch erkennen, physikalische Inhalte in Kontexte einzubetten.

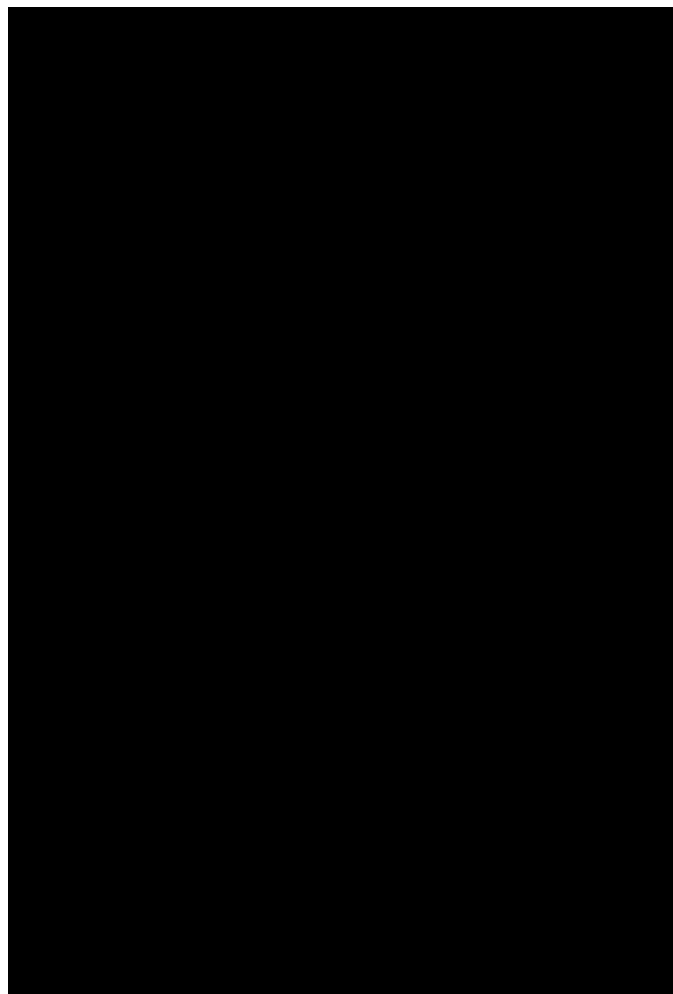


Abb. 4: Physics Prüfung 2010 – Teilaufgabe (Quelle: [6])

Betrachtet man die Aufgaben genauer, so sollte man erst einmal die Überlegung anstellen, ob es sich hierbei um die Abfrage von Faktenwissen handelt, oder ob von den Schülerinnen und Schülern doch mehr als das verlangt wird. An dieser Stelle sei auch der Leser aufgefordert, die beiden Aufgaben genauer zu betrachten und kritisch zu durchdenken.

Diskussion

Bildungsstandards hin oder her, alles hat seine Vor- und Nachteile. Wie wir am Beispiel der Republik Irland sehen, bringen solche Standards durchaus viele positive Aspekte, wie zum Beispiel den Rollenwechsel der Lehrkraft - weg vom Beurteiler hin zum Coach. Die Motivation der Schülerinnen und Schüler scheint positiv beeinflusst zu werden, was sich im Unterrichtsklima widerspiegelt. Jedoch verbergen sich hinter Standards auch gewisse Gefahren, auf welche unbedingt aufmerksam gemacht werden muss. Man kann deutlich erkennen, dass zu strikte Vorgaben dem Unterricht kaum Freiräume lassen und somit weniger auf die Bedürfnisse und Interessen der Lernenden eingegangen werden kann. Als sehr kritischer Faktor zu betrachten ist auch, dass durch die externen Prüfungen ein großer Druck auf den Schülerinnen und Schülern sowie auf den Lehrkräften lastet. Die Lehrerinnen und Lehrer versuchen natürlich ihre Schützlinge so gut wie möglich auf die Abschlussprü-

fungen vorzubereiten, was dann oft darin endet, dass die Lernenden sehr häufig mit dem Bearbeiten von Fragen beschäftigt sind und viele Dinge vermutlich rein schematisch und auswendig gelernt werden, da in den Prüfungen das Wissen von Fakten eine Hauptrolle einzunehmen scheint. Für die Entwicklung der Bildungsstandards in Österreich gilt es, sich dieser Gefahren bewusst zu sein. Ein Schritt in die richtige Richtung scheint bestimmt die Orientierung der Bildungsstandards an der Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler zu sein. Zu überlegen ist für Österreich, welche Bedeutung den nationalen Tests zukommen soll: Sind sie, wie es derzeit geplant ist, Vorgaben für die Unterrichtsgestaltung oder sind, wie im irischen Fall, die Ergebnisse dieser Tests von zentraler Bedeutung für den weiteren Bildungs- und Berufsweg.

Bedeutend ist trotz allem immer das Ziel im Auge zu behalten:

„The general aim of education is to contribute towards the development of all aspects of the individual, including aesthetic, creative, critical, cultural, emotional, intellectual, moral, physical, political, social and spiritual development, for personal and family life, for working life, for living in community and for leisure.“ [7]

Quellen

- [1] Krumphals, I., Hackl, B. (2009). Der Physikunterricht im sekundären Bildungsbereich in der Republik Irland. Diplomarbeit. Universität Wien.
- [2] Schreiner, C. (Hrsg.) (2007): PISA 2006. Internationaler Vergleich von Schülerleistungen. Erste Ergebnisse Naturwissenschaft Lesen Mathematik. Graz: Leykam.
- [3] Stadler, H., Hackl, B., Krumphals, I. (2010): Gender issues in physics education - A comparative study of physics education at the secondary level in Austria and Ireland. Endbericht zum gleichnamigen Projekt. Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur. Wien.
- [4] State Examinations Commission. Exam Papers. Junior Certificate. Science. <http://www.examinations.ie/archive/exampapers/2010/JC057ALP000EV.pdf> (Stand: 25.11.2010)
- [5] State Examinations Commission. Exam Papers. Leaving Certificate. Physics. <http://www.examinations.ie/archive/exampapers/2010/LC021ALP000EV.pdf> (Stand: 25.11.2010)
- [6] Syllabus Physics. Department of Education and Skills. http://www.education.ie/servlet/blobServlet/lc_physics_sy.pdf?language=EN (Stand: 9.12.2010)
- [7] Syllabus Science. Department of education and Skills. http://www.education.ie/servlet/blobServlet/jc_science_sy_rev.pdf?language=EN (Stand: 9.12.2010)

Aus dem AECC Physik

Neue Matura

Kaum ein anderes Thema beschäftigt die höheren Schulen momentan so stark wie die Einführung der neuen, kompetenzorientierten Matura. Dabei sind zwar sicher die Gegenstände mit teilzentralen Prüfungen besonders betroffen, aber auch in Physik wird sich einiges ändern. Seit einiger Zeit werden dazu – je nach Bundesland unterschiedlich intensiv – die Lehrkräfte von den Schulbehörden aufgefordert, sich mit der neuen Matura auseinanderzusetzen („Themenpool“ usw.).

Aus diesem Grund möchten wir darauf hinweisen, dass nach einzelnen Initiativen in der Steiermark bzw. in Wien jetzt eine Arbeitsgruppe installiert wurde, in der Hilfen für die einzelnen Schulen zur Gestaltung der neuen Matura in Physik erarbeitet werden. Unter der Leitung von Erich Reichel (Graz) und Martin Hopf (Wien) beschäftigen sich momentan Kolleginnen und Kollegen aus ganz Österreich damit, wie die Matura in Physik ausgestaltet werden könnte. Erste Ergebnisse der Arbeitsgruppe sind noch im Jahr 2011 zu erwarten.

Bildungsstandards

Die Arbeiten an prototypischen Aufgaben zu den Bildungsstandards Naturwissenschaften für die Schulstufe 8 werden im Sommer 2011 abgeschlossen. Danach werden die entwickelten Materialien schnell für die österreichischen Schulen und Lehrkräfte bereitgestellt werden. Nach aktuellem Diskussionsstand wird es vorläufig keine Verordnung zu Nawi-Standards geben.

AECC Physik

Nach langen und intensiven Diskussionen und Verhandlungen ist das Österreichische Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik nun endlich etabliert. Allen Unterstützerinnen und Unterstützern sei an dieser Stelle Dank für das Engagement gesagt. Schon jetzt hat eine Vielzahl interessanter Projekte begonnen, die in kurzer Zeit viele Anregungen für die Schulpraxis geben werden. Bitte besuchen Sie unsere Website <http://aeccp.univie.ac.at> für weitere Informationen.

Physiknobelpreis 2010

Ein Anlass, um im Unterricht das Wesen der Naturwissenschaften zu thematisieren

Claudia Haagen-Schützenhöfer

„Was ist Physik?“ „Wie entsteht physikalisches Wissen, wie funktioniert die wissenschaftliche Methode, die Erkenntnisse bringt?“ sind Fragen, die am Beginn von Physikunterricht mit Schülerinnen und Schülern diskutiert werden. In den verschiedensten Schulbüchern finden sich Antworten wie „Physik ist das, was Physiker tun“, oder „Physik ist eine exakte Wissenschaft, die nach der naturwissenschaftlichen Methode Erkenntnisse (Gesetze) gewinnt“.

Mit diesen Antworten wird bei Schülerinnen und Schülern ein meist stereotypes Bild, das sie von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern haben, verstärkt und bestätigt (vgl. Ertl, *The Nature of Science* in diesem Heft). Tiefergehende Fragen, zur Person der Wissenschaftlerin bzw. des Wissenschaftlers, deren Arbeit und Arbeitsbedingungen, bleiben meist ebenso ausgespart wie eine kritische Reflexion darüber, ob (natur)wissenschaftliche Praxis wirklich nur eine, nämlich die naturwissenschaftliche Normalmethode¹⁾ kennt, deren schrittweise Abarbeitung zur Erkenntnis – dem Gesetz – führt, oder unter welchen Bedingungen wissenschaftliche Wissensproduktion tatsächlich stattfindet.

Höttecke (2001) bietet eine Zusammenfassung der bis 2001 vorliegenden Forschungsergebnisse zum Bereich Nature of Science und konnte die vorherrschenden Schülervorstellungen in vier Subbereiche clustern:

- Die Person des Wissenschaftlers, seine Arbeit und ihre Bedingungen
- Epistemologischer Status naturwissenschaftlichen Wissens
- Experiment im Unterricht und als Forschungspraxis
- Naturwissenschaftliche Wissensproduktion und ihre Bedingungen

Zwei dieser Bereiche – die Person der Wissenschaftlerin bzw. des Wissenschaftlers und deren Arbeit und Arbeitsbedingungen, sowie naturwissenschaftliche Wissensproduktion und ihre Bedingungen – sollen in den folgenden Unterrichtsbausteinen thematisiert werden:

Mag. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer, AECC Physik, Universität Wien,
E-Mail: Claudia.Haagen-Schuetzenhoefer@univie.ac.at

1) Demnach funktioniert Naturwissenschaft ausschließlich nach dieser einen Methode als Abfolge von Frage ➤ Hypothese ➤ Daten sammeln ➤ Schlussfolgerungen ziehen.

Unterrichtsbausteine zur Thematik – Die Person der Wissenschaftlerin / des Wissenschaftlers (Sekundarstufe I)

1) Bitten Sie Ihre Schülerinnen und Schüler die Augen zu schließen und spontan an einen typischen Wissenschaftler zu denken. Wenn alle ein inneres Bild vor Augen haben, sollen die Schülerinnen und Schüler dieses innere Bild zu Papier bringen.

KOMMENTAR: Diese Übung kann einen guten Einstiegs- punkt in die Thematik der Nature of Science bieten. Die oftmals stereotypen Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu der Person einer Wissenschaftlerin oder eines Wissenschaftlers werden hier festgehalten und können den Ausgangspunkt für Reflexionen und Diskussionen liefern.

Alternativ können Sie hier auch selbst eine Sammlung verschiedener Bilder/Fotos zusammenstellen, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und Personen aus anderen Professionen in verschiedenen Kontexten zeigen, die dem prototypischen Bild eines Wissenschaftlers mehr oder weniger entsprechen. Schülerinnen und Schüler sollen dann raten / abschätzen, welche der abgebildeten Personen am ehesten Wissenschaftler sind und festhalten, wie sie zu ihren Entscheidungen kommen.

HINTERGRUND: Dieses Verfahren, bekannt als „draw a scientist“, wurde in der fachdidaktischen Forschung vielfach eingesetzt (Chambers 1983), um stereotype Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern über Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu erfassen. Zwischen 1966-1977 wurden 4807 Zeichnungen in kanadischen Schulen und Kindergärten gesammelt.

Dabei wurden 7 Indikatoren herausgefiltert, die Auskunft darüber geben, wie sehr Schülerinnen und Schüler von Stereotypen geleitet werden. „Neben dem Tragen eines Kittels, eines Bartes oder/und einer Brille gelten eine symbolische Forscherumgebung (Instrumente, Laborausstattung) und Symbole des Wissens (Bücher, Sammlerstücke) als Indikatoren eines Stereotyps. Dazu kommen noch ein technologisches Ambiente und Textelemente in den Bildern wie z.B. Formeln. Chambers stellt fest, dass die Anzahl der Indikatoren einer stereotypen und standardisierten Vorstellung vom Wissenschaftler mit dem Alter zunehmen.“ (Höttecke 2001, 8)

2) In Kleingruppen (3-4 Schüler/innen) sollen die Zeichnungen verglichen werden. Gleich im Anschluss daran, sollen möglichst viele Eigenschaften eines „typischen Wissenschaftlers“ gesammelt werden und niedergeschrieben werden. Leitfragen dazu wären:

- Welche Charaktereigenschaften ordnet ihr einem typischen Wissenschaftler zu, was für „ein Typ von Mensch“ ist das?
- Wie und wo verbringt ein typischer Wissenschaftler seinen Arbeitstag?
- Wie verbringt ein typischer Wissenschaftler seine Freizeit, mit welchen Hobbies?

KOMMENTAR: Hier sollen die Schülervorstellungen konkretisiert bzw. verbalisiert werden. Durch die Sozialform der Gruppenarbeit können je nach Wissenschaftsbild auch schon erste Reflexionsprozesse in Gang gesetzt werden.

3) Nach dieser Bestandsaufnahme wird in Einzelarbeit der Text („Ein Duo mit Spieltrieb“, siehe Anhang) gelesen.

KOMMENTAR: Die Schülerinnen und Schüler sollten vor dem Lesen darauf hingewiesen werden, wer die beiden Wissenschaftler sind, bzw. wofür sie den Physiknobelpreis 2010 erhalten haben, damit sie in groben Zügen über den Kontext Bescheid wissen. Zusätzlich soll auch die Informationsquelle genannt werden und bezüglich Art des Informationsmediums, inhaltlichem Schwerpunkt, Erscheinungsland, Leserzielgruppe, Intention des Artikels.... besprochen werden.

4) Die beiden im Artikel genannten Männer sind zwei sehr erfolgreiche Wissenschaftler. Die Schülerinnen und Schüler sollen nun noch einmal ihre Sammlung zur Person des Wissenschaftlers und seiner Arbeitsweisen überarbeiten und alle ihre Vermutungen, die sich in diesem Zeitungsartikel nicht bestätigt haben bzw. ins Wanken geraten sind, ausstreichen.

KOMMENTAR: Durch die Bearbeitung des Zeitschriftenartikels sollen Reflexionsprozesse bei den Schülerinnen und Schülern angeregt werden. Um die gewonnenen neuen Einsichten zu visualisieren empfiehlt es sich, diese in der ursprünglichen Sammlung auszustreichen.

5) Scanning Aufgabe mit dem Text:

Die Schülerinnen und Schüler sollen Textstellen suchen, die Aussagen über die Natur der Naturwissenschaften unterstützen bzw. belegen oder diesen auch widersprechen. Als Beispiel seien hier je 4 Aussagen aus der Kategorie Mythos und Logos zu Nature of Science aufgeführt (vgl. Ertl, The Nature of Science in diesem Heft).

2) Hierbei handelt es sich nur um Lösungsvorschläge. Dem Text können unter Umständen auch an weiteren Stellen derartige Belege entnommen werden. Die Zeilennummern dienen nur als Suchhilfe.

AUSSAGE	Zeile im Text ²⁾
Die Gesetze und Prinzipien der Naturwissenschaften sind absolut und unumstößlich	54f
Wissen in den Naturwissenschaften ist, obwohl es zuverlässig ist, nicht unveränderlich	
Es gibt eine generelle und universelle naturwissenschaftliche Methode	58 - 61
Es gibt nicht nur einen Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (deshalb gibt es auch keine universelle naturwissenschaftliche Methode, die Schritt für Schritt abgearbeitet wird)	
Naturwissenschaften sind eher an feststehende Verfahren gebunden als an Kreativität	16 - 18; 73
Naturwissenschaftler sind kreativ	
Naturwissenschaftler arbeiten in der Regel allein	62; 68 - 72
Naturwissenschaften sind Teile sozialer und kultureller Entwicklungen	

KOMMENTAR: Durch die Bearbeitung des Zeitschriftenartikels sollen Reflexionsprozesse bei den Schülerinnen und Schülern in Gang gesetzt werden. Sie sollen zur Einsicht gelangen, dass ihr Bild von Wissenschaftlern und Wissenschaft durchaus auch stereotype Vorstellungen bzw. Fehlvorstellungen enthalten kann.

6) Im Anschluss empfiehlt sich eine Präsentation der Ergebnisse der Gruppenarbeiten im Plenum. Hier kann noch einmal auf Stereotype eingegangen werden.

KOMMENTAR: In dieser Phase ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass auch die Informationen über die beiden Nobelpreisträger nur einen Mosaikstein im Gesamtbild der Natur der Naturwissenschaften ausmachen und auch hier Verallgemeinerungen unzulässig sind; (Natur)wissenschaft nutzt vielfältige Methoden und den typischen Wissenschaftler gibt es nicht.

Unterrichtsbausteine zur Thematik – Naturwissenschaftliche Wissensproduktion und ihre Bedingungen“ (Sekundarstufe II)

1) Als Einstieg kann von der Sammlung „Mythos oder Logos des Wesens der Naturwissenschaften“ ausgegangen werden. Sie können etwa die Mythos- und Logos-Statements (vgl. Ertl, The Nature of Science in diesem Heft), die Ihnen passend erscheinen, auf Kärtchen schreiben und in der Klasse verteilen. Sie brauchen für jede Schülerin und jeden Schüler ein Kärtchen. Einzelne Kärtchen können auch doppelt vorkommen.

Die Klasse wird anschließend in zwei Großgruppen geteilt, eine Mythos-Gruppe und eine Logos-Gruppe. Die Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler besteht nun darin, sich im ersten Schritt individuell zu entscheiden, ob ihr Kärtchen einen Mythos oder

einen Logos über die Natur der Naturwissenschaften enthält und warum.

Im folgenden Schritt geht es darum, alle als Mythos-Karten eingestuft Kärtchen in der Mythos-Gruppe zu sammeln und alle Logos-Karten in der Logos-Gruppe. Dazu müssen die einzelnen Schülerinnen und Schüler mit einem Kärtchen, von dem sie vermuten, dass es nicht in ihre Gruppe gehört, ein Mitglied der Gegengruppe davon überzeugen, dieses Kärtchen anzunehmen.

KOMMENTAR: In diesem ersten Schritt soll Schülerinnen und Schülern bewusst gemacht werden, dass in ihrem Wahrnehmungshorizont von Wissenschaft bzw. Wissenschaftlern stereotype Vorstellungen bzw. Mythen eine Rolle spielen können.

HINTERGRUND: Aus den Forschungsergebnissen zur Natur der Naturwissenschaften ist seit Jahrzehnten bekannt, dass es keine einheitliche Methode der Naturwissenschaften gibt, und dass die Produktion von naturwissenschaftlichem Wissen nicht nur nach rationalen Kriterien verläuft, sondern dass neben wissenschaftsinternen Faktoren auch externe eine entscheidende Rolle spielen (Feyerabend 1972).

Höttecke gibt einen guten Überblick über relevante Mechanismen für die Anerkennung naturwissenschaftlicher Forschungsergebnisse als naturwissenschaftliches Wissen. „[...] Wissenschaftliche Ergebnisse [werden] erst nach ihrer Produktion in Laboren, an Computern und Schreibtischen einem Prozess zugeführt, der ihnen Geltung verschaffen und die Anerkennung durch andere Experten herstellen soll. Nur wenn ein wissenschaftlicher Beitrag anderen Experten glaubwürdig erscheint, und er den Standards der Experten-Gruppe genügt, kann das Wissen, das er dokumentiert, auch als anerkannt bezeichnet werden. Das setzt einen Konsens voraus, der innerhalb eines wissenschaftlichen Paradigmas (T.S. Kuhn 1973) ausgehandelt werden muss. [...]. Die scientific community ist die eigentliche Arena zur Festlegung von Geltungsansprüchen in den Naturwissenschaften.“ (Höttecke 2001, 18f)

2) Im zweiten Schritt kann ein Brainstorming zur Person des Wissenschaftlers bzw. der Wissenschaftlerin und der Art und Weise wie Wissen geschaffen wird in Kleingruppen folgen. Leitfragen dazu wären:

- Charakterisiere einen typischen Wissenschaftler!
- Wie verbringt ein typischer Wissenschaftler seinen Arbeitstag?
- Wie kommt ein Wissenschaftler zu seinen Erkenntnissen / zu neuem Wissen, also wie stellt ihr euch seine Arbeitsweise vor?

KOMMENTAR: Eigene Vorstellungen sollen in dieser Phase konkretisiert und mit denen anderer Gruppenmitglieder abgeglichen bzw. kontrastiert werden. Durch die Diskussion in der Gruppe sollen erste Reflexionsanstöße initiiert werden.

3) In Einzelarbeit werden Auszüge aus dem Interview mit Konstantin Novoselov („Science Watch“, siehe Anhang) gelesen und schließlich in der Kleingruppe diskutiert. Als Arbeitsauftrag für die Lese- und Diskussionsphase könnte die Thematik auf zwei Aspekte eingegrenzt werden:

- Beurteile den Stellenwert, den das Veröffentlichen von Forschungsergebnissen für Wissenschaftler hat, am konkreten Beispiel von Konstantin Novoselov!
- Versuche aus dem Interview herauszufiltern, welche Schritte aus Sicht des Wissenschaftlers nötig sind, damit ein wissenschaftlicher Artikel in einer Fachzeitschrift abgedruckt wird!

KOMMENTAR: Nachdem die Schülerinnen und Schüler erste Gelegenheiten hatten, sich mit der Thematik vertraut zu machen und sich ihrer eigenen Vorstellungen bewusst zu werden, soll der Fokus auf die sozialen Bedingungen naturwissenschaftlicher Wissensproduktion gelegt werden. Schülerinnen und Schüler können Teile dieses Prozesses an dem konkreten Beispiel nachvollziehen.

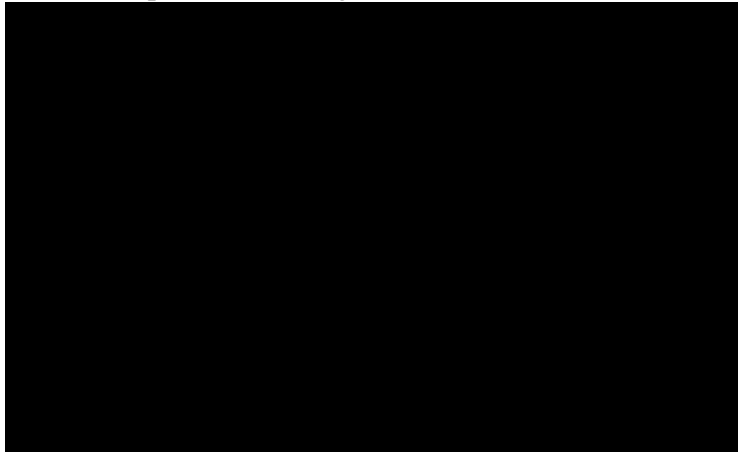
4) Scanning Aufgabe mit dem Text: jede Gruppe spezialisiert sich auf eine der Mythos- bzw. Logos-Aussagen zur Natur der Naturwissenschaften (vgl. Ertl, *The Nature of Science* in diesem Heft). Die Schülerinnen und Schüler in den einzelnen Gruppen sollen so viele Textstellen wie möglich herausfinden, die sich auf ihre Aussage bzw. auf ihr Aussagenpaar beziehen. Danach sollen die Schülerinnen und Schüler die Aussagen der Kategorie Mythos bzw. Logos zuordnen.

Naturwissenschaftler arbeiten in der Regel allein	21-23; 45-48	Naturwissenschaften sind Teile sozialer und kultureller Entwicklungen
Naturwissenschaftler sind besonders objektiv	38; 41-43	
Die Anerkennung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgt einfach und unproblematisch.	37-38	Menschen mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen tragen zu den Naturwissenschaften bei
Naturwissenschaften sind eher an feststehende Verfahren gebunden als an Kreativität	10-17	Naturwissenschaftler sind kreativ

KOMMENTAR: Wichtig ist an dieser Stelle auch darauf hinzuweisen, dass es sich hier um ein konkretes Beispiel handelt, das nur einen beschränkten Blick auf die Natur der Naturwissenschaften wirft. Die prototypische Natur der Naturwissenschaften gibt es allerdings nicht, sondern nur ein multidimensionales Konstrukt mit unterschiedlichen Zugängen und Facetten. Daher ist eine Verallgemeinerung dieses exemplarischen Zugangs zur Natur der Naturwissenschaften nicht zulässig. Aber genau diese Botschaft, dass es eben nicht DIE Natur der Naturwissenschaft gibt, ist zentrale Vermittlungsintention dieser Unterrichtsbausteine.

5) Zur Vertiefung bzw. Erweiterung kann noch detaillierter auf die Aushandlungs- und Konsensfindungsprozesse innerhalb der Scientific Community eingegangen werden. Hier möchte ich zwei verschiedene Szenarien für den Unterricht zur Anregung geben:

Als Impuls kann der folgende Cartoon dienen.



Most scientists regarded the new streamlined peer-review process as 'quite an improvement.' (Nick Kim – Cartoonstocks)

a) Hier kann eine Recherchearbeit im Internet angeschlossen werden, die auf Reviewprozesse oder auf die Wertigkeit und das Ranking wissenschaftlicher Journale selbst eingeht. Dazu empfiehlt es sich, dass die Schülerinnen und Schüler etwa Autorenhinweise bzw. Informationen über Reviewprozesse von Fachzeitschriften studieren (z.B. der peer-review Process in Nature, http://www.nature.com/authors/editorial_policies/peer_review.html, [Stand: 30.11.2010]). Auch die Recherche über Impactfaktoren von Fachzeitschriften (z.B. <http://www.peter.baumgartner.name/goodies/artikelserien/open-access-argumente/impact-factor/?searchterm=impact%20factor>, [Stand: 30.11.2010]) kann hier einen Blick hinter die Kulissen erlauben.

Abschließend werden die Ergebnisse im Plenum diskutiert.

KOMMENTAR: Hier kann entweder die Recherchearbeit zum Reviewprozess oder die Recherchearbeit zu den Impact-Faktoren mittels Gruppenarbeit durchgeführt werden. Um ein Gesamtbild zu erhalten kann aber auch ein arbeitsteiliges Verfahren angestrebt werden, in dem sich ein Teil der Gruppen mit der einen und die restlichen Gruppen mit der anderen Aufgabe beschäftigen.

b) Generell kann auch zur Diskussion gestellt werden ob Konsens oder Dissens in der Wissenschaft nur von Fakten, oder auch von moralischen Werten und persönlichen Motivationen der Wissenschaftler, also eher außerwissenschaftlichen Aspekten, abhängt. Leitfragen (die auch textbasiert beantwortet werden können) wären:

- Welche Funktion hat der einleitende Text, bevor die erste Interviewfrage gestellt wird?

- Welchen Stellenwert hat es, dass ein wissenschaftlicher Artikel eines Autors zitiert wird?
- Listet alle Funktionen auf, die euch einfallen, die das Veröffentlichen von Forschungsergebnissen haben kann?
- Wann / Wie werden Forscher auf neue Forschungsbereiche aufmerksam?
- Welche Rolle hat der Titel einer Veröffentlichung? Nach welchen Gesichtspunkten sollte ein Titel gewählt werden?
- Welche Rolle spielte der Reviewer im Fall der Nobelpreisträger?
- Welche positiven und negativen Gründe fallen euch dafür ein, dass Artikel überhaupt begutachtet werden, bevor sie veröffentlicht werden?

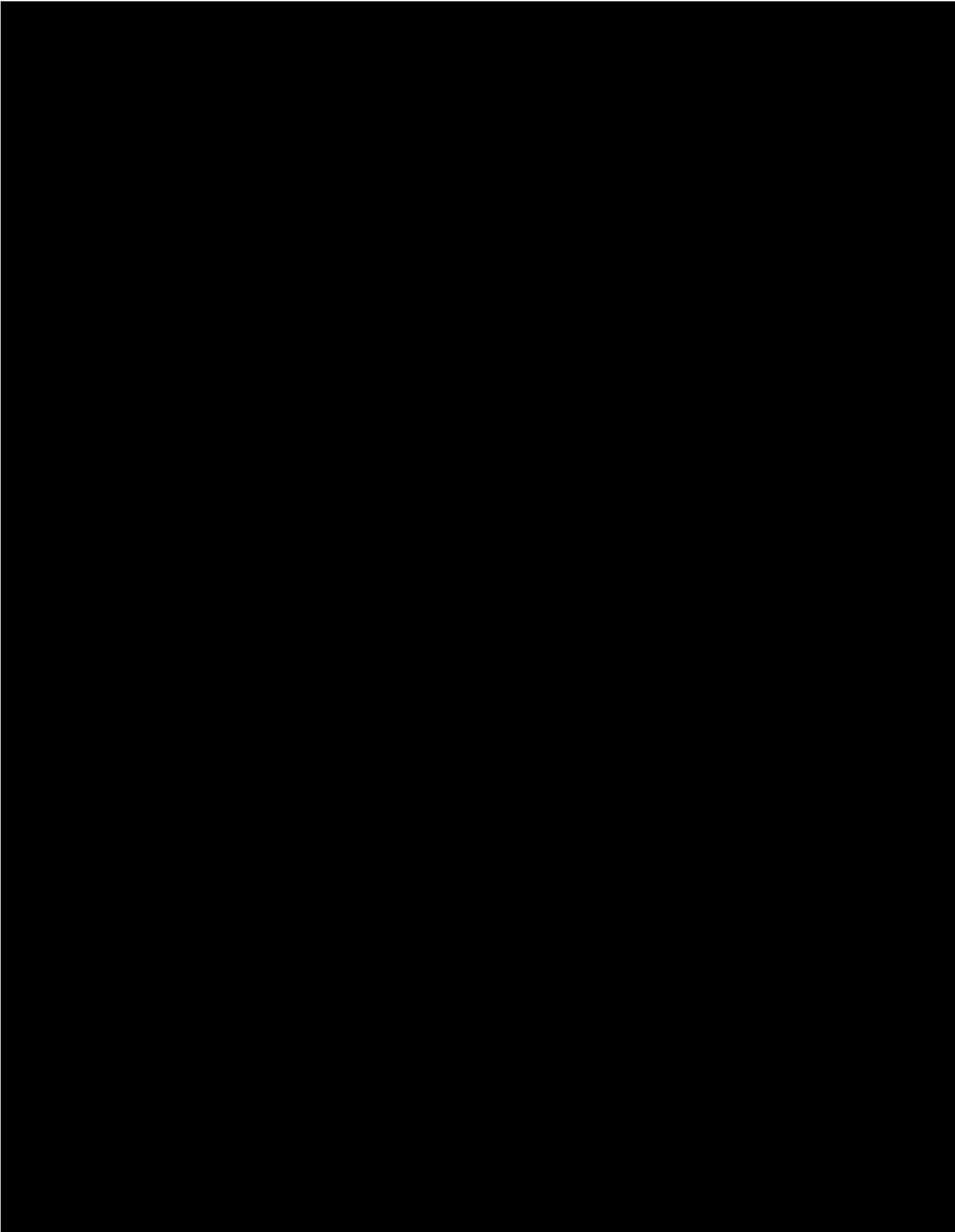
Abschließend werden die Ergebnisse im Plenum diskutiert.

KOMMENTAR: Dieser Aufgabentyp ist näher am Lesetext und auch stärker geleitet. Er empfiehlt sich eher für Unterrichtssettings, in denen kein Internetzugang möglich ist.

Literatur

- Chambers, D.W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The draw a scientist test. *Science education*, 67(2), 255–265.
- Feyerabend, P.K. (1972). Von der beschränkten Gültigkeit methodologischer Regeln. *Neue Hefte für Philosophie*, 2(3), 124–171.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 7, 7–23.

Gekürzt aus : <http://pdf.zeit.de/2010/41/Nobelpreis-Physik.pdf> [Stand: 30.11.2010]



Gekürzt aus: <http://sciencewatch.com/ana/st/graphene/09febSTGraNovo/> IStand:

Der Nobelpreis und die Kohle – Physiknobelpreis 2010

Claudia Haagen-Schützenhöfer

Auch die diesjährige Nobelpreisvergabe in der Kategorie Physik hielt wieder eine Überraschung bereit. Schon 2009 wurde der üblicherweise für Grundlagenforschungen verliehene Nobelpreis an C. Kao (Fortschritt in der Glasleitertechnik) sowie an W. Boyle und G. Smith (Erfindung des CCD) für deren Erfindungen mit Alltagsbezug vergeben. Ein weiteres Novum folgte für die Auswahl der Nobelpreisträger 2010: Diesmal fiel die Wahl auf verhältnismäßig junge, noch aktive Wissenschaftler und deren junge Entdeckung „Graphen“.



Abb. 1: Andre K. Geim und Konstantin S. Novoselov (Wikipedia 2010a)

Andre S. Geim wurde zusammen mit seinem Mitarbeiter Konstantin Novoselov mit dem Physiknobelpreis 2010 für "groundbreaking experiments regarding the two-dimensional material graphene" ausgezeichnet.

Geim wurde 1958 in Sochi, Russland, als Sohn eines Deutsch-Russischen Ingenieurehepaars geboren. 1987 promovierte er am Institute of Solid State Physics an der Russian Academy of Sciences in Chernogolovka (Russland). Nach seiner Promotion war er am Institute for Microelectronics Technology (IMT) der Russian Academy of Science (RAS) tätig. Ab 1990 sammelte Andre Geim schließlich internationale Erfahrungen als Post-Doktorand an den Universitäten von Nottingham, Bath und Kopenhagen. 1994 wurde er als assoziierter Professor an die Radboud University in Nijmegen (Niederlande) gerufen. Als Doktorand begegnete ihm damals Konstantin Novoselov, der in weiterer Folge zu einem seiner wichtigsten Forschungspartner wurde. Nach seiner Berufung 2001 an die Universität von Manchester wurde Geim 2002 Direktor des Manchester Centre for Mesoscience and Nanotechnology.

Die wissenschaftliche Karriere von Andre Geim zeichnet sich durch Vielseitigkeit und Flexibilität, aber auch durch exotische Entdeckungen, aus. So war er an der Entwicklung des sogenannten „gecko tapes“ beteiligt, eines biomimetischen Haftmittels, das auf demselben Mechanismus beruht, der Geckos das Klettern auf glatten Oberflächen erlaubt. Geims Auseinandersetzung mit dem Bereich der diamagnetischen Levitation sorgte durch sein berühmtes Experiment mit dem schwebenden Frosch für Aufsehen, wofür Geim mit Michael Berry 2000 auch den Ig („ignoble“) Nobelpreis¹⁾ erhielt. Bei dieser beeindruckenden und für Wissenschaftler ob der Vielseitigkeit der Spezialgebiete ungewöhnlichen Karriere verwundert wohl auch kaum Geims Reaktion auf die Nachricht seiner Nobelpreisauszeichnung: „I'm fine, I slept well. I didn't expect the Nobel Prize this year“ (Wikipedia 2010a).

Konstantin S. Novoselov wurde 1974 in Nizhny Tagil, Russland, geboren. 1997 schloss er sein Studium am Moskauer Institut für Physik und Technologie cum laude ab. Bevor er von 1999-2001 an die Radboud University in Nijmegen (Niederlande) wechselte, an der er 2004 bei seinem Doktorvater Andre Geim promovierte, war er am Institut für mikroelektronische Technologie in Tschernogolowka tätig. Zeitgleich mit Andre Geims Berufung zum Professor wechselte auch Konstantin Novoselov als Wissenschaftler 2001 an die Universität von Manchester (Wikipedia 2010a).

Kohlenstoff – das Chamäleon unter den Elementen

Kohlenstoff, das Basiselement allen Lebens, ist wieder für eine Überraschung gut und steht im Mittelpunkt des Physiknobelpreises 2010. Seit der Entdeckung des Graphits im 16. Jahrhundert – das fälschlicherweise für Bleierz gehalten wurde – hat Kohlenstoff in seinen unterschiedlichen Modifikationen einen Siegeszug als Hochtechnologiewerkstoff angetreten. Die Auszeichnung von Andre K. Geim und Konstantin S. Novoselov für die Extraktion und Erforschung der Kohlenstoffmodifikation Graphen stellt einen neuen Glanzpunkt in dieser Entwicklung dar.

¹⁾ Der Ig-Nobelpreis (englisch-/französischsprachiges Wortspiel: ignoble – unwürdig, schmachvoll, schändlich), gelegentlich als Anti-Nobelpreis bezeichnet, ist eine satirische Auszeichnung, die von der Harvard-Universität in Cambridge (USA) für unnütze, unwichtige oder skurrile wissenschaftliche Arbeiten verliehen wird. (Wikipedia, 2010b)

Graphen ist ein 6-eckiges, ebenes Gitter, das eine Dicke von nur einer Atomlage von Kohlenstoffatomen hat (Abb. 2). Der neue Wunderwerkstoff Graphen kann als Basisbaustein einer Reihe von Kohlenstoffmodifikationen betrachtet werden (Abb. 3). Graphit selbst ist etwa eine Übereinanderschichtung von Graphenschichten, zwischen denen schwache Van der Waalskräfte wirken. Neigt Graphit durch seinen Schichtenaufbau zum Abblättern, so gilt die durch hohen Druck entstandene Kohlenstoffmodifikation des Diamanten als eines der härtesten Materialien.

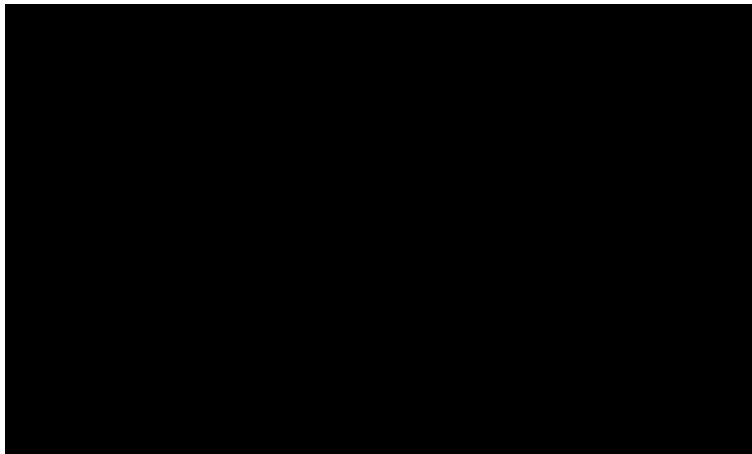


Abb. 2: Das wabenförmige Graphengitter (Meyer 2009)

Fullerene sind eine relativ neu entdeckte Form molekularen Kohlenstoffs. Die bekannteste Modifikation, das Buckminsterfulleren oder auch „Buckyball“ genannt, hat eine fußball-ähnliche Form und besteht aus fünf- und sechsgliedrigen Kohlenstoffverbindungen. Eine weitere Modifikationsform sind sogenannte Nanotubes, die aus aufgerollten Graphenplättchen bestehen.



Abb. 3: Buckminsterfullerenen, Nanotubes und Graphit sind aus Graphenplättchen aufgebaut. (The Royal Swedish Academy of Sciences 2010, 2)

Was ist Graphen?

Graphen ist das dünnste sowie gleichzeitig stärkste und dichteste Material, das je entdeckt wurde. Auch als Wärmeleiter und elektrischer Leiter überflügelt das durchsichtige Graphen herkömmliche Materialien. (The Royal Swedish Academy of Sciences; Wilson 2006)

Bei Raumtemperatur ist Graphen überraschend stabil, chemisch inert und kristallin. Für die Festigkeit und Steifheit von Graphen ist das honigwabeförmige Gitter verantwortlich, in dem jedes Kohlenstoffatom mit drei Nachbaratomen eine starke kovalente Bindung eingeht. Das vierte, ungebundene Valenzelektron jedes Kohlenstoffatoms ist im zweidimensionalen Kristall frei beweglich.

Graphen lässt sich als Halbleiter kategorisieren. Es kann große Stromdichten (ca. 10^8 A/cm^2) – etwa zwei Größenordnungen größer als Kupfer – leiten. Es ist transparent und absorbiert nur rund 2,3% des auffallenden Lichtes. Die Lichtdurchlässigkeit kann jedoch durch angelegte Spannung variiert werden. Graphen zeichnet sich gegenüber anderen Halbleitermaterialien vor allem dadurch aus, dass es über eine relativ hohe Defektfreiheit und große mittlere freie Elektronenweglängen verfügt. Dies ist ein Punkt, der für die Mikroelektronikindustrie von großem Interesse ist, da Graphen im Gegensatz zu anderen Halbleitermaterialien ohne langwierige und kostspielige werkstofftechnische Aufbereitungsverfahren eine große Leitfähigkeit aufweist. (Wilson 2006)

Graphen, der neue Werkstoff der Superlative, beschäftigt die Wissenschaft schon seit einigen Dekaden. Bereits 1947 stellte P. R. Wallace theoretische Überlegungen zu Graphen an und sagte die Linearität der Dispersionsfunktion²⁾ voraus, die Ausgangspunkt für die unglaublichen Eigenschaften dieses Materials ist. 1956 stellte J. W. McClure die Wellenfunktion für Anregung auf, und 1984 diskutierte G. W. Semenoff deren Ähnlichkeit mit der Dirac-Gleichung. Theoretisch setzten sich Wissenschaftler also schon seit geraumer Zeit mit diesem Wundermaterial auseinander, die Herausforderung der Forschung bestand jedoch in der Gewinnung genügend großer einlagiger Kohlenstoffschichten (Graphen), um dessen zweidimensionale Struktur und deren einzigartigen Eigenschaften auch nachweisen zu können. (Wilson 2006, 21).

Graphen – die Entdeckung

Theoretisch waren die wundersamen Eigenschaften von Graphen lange bekannt. Die Isolierung von stabilen Graphenplättchen gelang jedoch nicht und wurde lange Zeit hindurch auch als unmöglich erachtet. Viele Wissenschaftler/innen zweifelten die Stabilität des Materials bei Raumtemperatur an und vermuteten, dass derart dünne Materialschichten durch ihre thermodynamische Instabilität knittern oder sich aufrollen. (Thomas Reuters 2009).

Andre K. Geim und Konstantin S. Novoselov gelang schließlich 2004 - für die Fachwelt überraschend - nicht nur die Herstellung von Graphenplättchen, sondern auch deren Abscheidung und Identifizierung. Wesentlich trugen die beiden Nobelpreisträger auch zur Erforschung und Charakterisierung von Graphen bei.

Ihre Methode ist einfach und kostengünstig. Durch wieder-

²⁾ Die Dispersionsrelation gibt in der Festkörperphysik den Zusammenhang zwischen Wellenzahl und Energie eines Teilchens an.

holtes Ablösen (Exfoliation) von Graphitschichten mit Hilfe von Scotch Klebeband, konnten sie Kohlenstoffschuppen erzeugen, die aus einigen oder auch aus nur einer Graphenschicht bestanden. Trickreich erwies sich bei den Versuchsreihen der Nobelpreisträger – wie schon bei anderen Forschergruppen davor auch – das Herausfiltern des nur einschichtigen Kohlenstoffs aus den erzeugten Kohlenstoffspänen.

Die Anwendung eines optischen Verfahrens aus der Halbleitertechnik, bei dem das zu untersuchende Material auf einen mit SO_2 beschichteten Träger aufgebracht wird, führte schließlich zur Identifizierung von Graphen. Die Kombination aus der durchsichtigen, einlagigen Kohlenstoffschicht (Graphen) und einer Siliziumdioxidschicht einer speziellen Dicke führt zu Interferenzerscheinungen, die die Unterscheidung zwischen ein- und mehrlagigen Kohlenstoffschichten zulässt. Die gewählte Schichtdicke des SO_2 -Substrats erwies sich im Nachhinein als großer Glücksgriff, der über Erfolg und Misserfolg des Verfahrens entschied (Day 2010). Eine mechanische Exfoliation dieser Art wurde bereits 1999 von einer von R. Ruoff geleiteten Forschergruppe vorgeschlagen und versucht, gelang jedoch nicht (The Royal Swedish Academy of Sciences 2010).

Mittlerweile werden zur Synthetisierung von Graphen neben Exfoliation verschiedenste andere Verfahren eingesetzt wie mikromechanische Spaltung, epitaktisches Wachstum und CVD³⁾ (chemical vapour deposition). Damit gelingt es bereits, Graphenschichten mit Abmessungen bis zu 70 cm zu erzeugen.

Graphen – die exotischen Eigenschaften dieser Kohlenstoffform

Andre Geim und Konstantin Novoselov gelang es nicht nur erstmalig, eine einatomige Kohlenstoffschicht zu isolieren, sondern auch die außergewöhnlichen Eigenschaften zu zeigen, deren Ursache vorwiegend in der Quantenwelt begründet liegen.

Geim fasst diese außergewöhnlichen Eigenschaften von Graphen folgend zusammen: „*It's really counterintuitive and remains to be understood, [...], but the electron wavefunction appears to localize only parallel to the sheet and do not interact with the outside world, even a few angstroms away.*“ (Wilson 2006, 21)

Für die ungewöhnlich hohe elektrische Leitfähigkeit von Graphen sind zwei Ursachen ausschlaggebend: Einerseits wird die Bewegung der Leitungselektronen durch die hohe Qualität des Gitters, das so gut wie keine Defektstellen aufweist, positiv beeinflusst. Andererseits sind Leitungselektronen in Graphen wesentlich schneller unterwegs als solche in herkömmlichen Leitern oder Halbleitern. Dies ist auf ihre vergleichsweise geringere effektive Masse

³⁾ Die erhitzte Oberfläche des Basismaterials wird mit einer flüchtigen Verbindung in Reaktion gebracht. Dadurch wird eine Feststoffkomponente abgeschieden.

zurückzuführen. Um sich das außergewöhnliche Verhalten der Elektronen in Graphen klar zu machen, wird zunächst die Bewegung von Elektronen in Leitern umrissen.

Im Bändermodell der Festkörperphysik betrachtet haben alle Leiter eine ähnliche Bandstruktur: ein Valenzband, in dem die Elektronen an die Atome gebunden sind, und ein überlappendes Leitungsband, in dem die Elektronen frei beweglich sind. Durch die Wechselwirkung mit den im Gitter vorhandenen elektrostatischen Feldern wird die Bewegung der Elektronen beeinflusst. Die Elektronen werden abgebremst, sie verhalten sich so als ob sie eine höhere Masse hätten. Diesem Sachverhalt wird im Konzept der effektiven Masse Rechnung getragen. In Festkörpern wird Elektronen eine Effektivmasse m^* zugeschrieben, in der die Wechselwirkung der Elektronen mit dem Gitter, also die Auswirkungen des Festkörperpotentials, berücksichtigt wird.

In konventionellen Halbleitern werden die beiden Energiebereiche des Valenz- und Leitungsbandes von der sogenannten Bandlücke getrennt; dabei handelt es sich um nicht erlaubte Energiezustände. Für diese Werte gibt es keine erlaubten Impulszustände der Elektronen. Bei niedrigen Temperaturen befinden sich die Elektronen überwiegend im Valenzband und das jeweilige Halbleitermaterial verhält sich wie ein Isolator. Durch eine zusätzliche externe Energiezufuhr, können Elektronen angeregt werden, die Bandlücke zu überwinden und ins Leitungsband zu wechseln. So wird die Leitfähigkeit des jeweiligen Halbleitermaterials erhöht.

Für konventionelle Halbleitermaterialien hängt die Energie der Elektronen quadratisch mit dem Impuls zusammen (Dispersionsrelation: $E = \hbar^2 k^2 / 2m^*$, mit k Wellenvektor, und $\hbar k$ als Impuls) (Wilson 2006). Die Energie (E) – Impuls ($\hbar k$) Darstellung⁴⁾ der für den Ladungstransport relevanten Bänder hat daher für konventionelle Halbleitermaterialien eine parabolische Form. (Geim & MacDonald 2007).

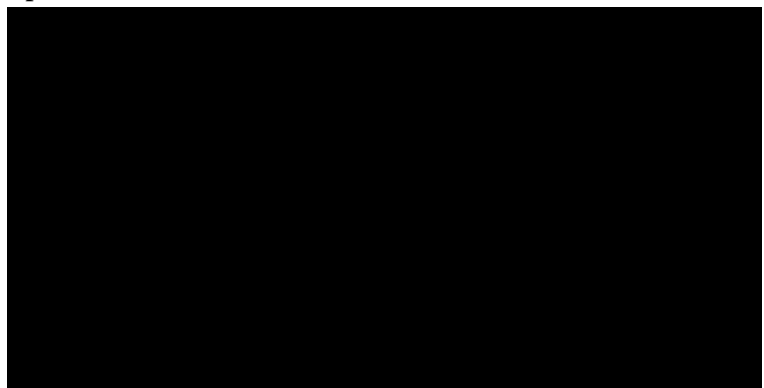


Abb. 4: Energie – Die Abbildung der Bandstruktur des Kristalls beschreibt die Abhängigkeit der Elektronenbewegung von der Energie (Dispersionsrelation). Hier ist diese Relation für ein gewöhnliches Halbleitermaterial dargestellt. (Henk 2008).

Beim zweidimensionalen Graphen reduziert sich der beim Leiter Graphit vorhandene Überlappungsbereich von Leitungs- und Valenzband auf einzelne Punkte. Eine durch-

⁴⁾ Auf den konstanten Faktor $\hbar$ wird in der Darstellung des Impulses häufig verzichtet.

gängige Bandlücke wie bei konventionellen Halbleitermaterialien ist allerdings nicht vorhanden. In der Umgebung der Berührungspunkte von Leitungs- und Valenzband (Dirac-Punkt oder K-Punkt) wird die Dispersionsrelation linear; die Elektronenenergie hängt hier also nicht mehr quadratisch mit dem Impuls zusammen. In Abb. 5 ist ersichtlich, dass die Bandstruktur um diese Berührungspunkte die Form eines Doppelkegels annimmt.

Abb. 5: Die doppelkegelförmige Bandstruktur von Graphen (Wilson 2006, 21)

Durch diese Abweichung von der parabolischen Energie-Impuls Dispersion konventioneller massiver Teilchen verschwindet für die Leitungselektronen in Graphen innerhalb eines großen Impulswertebereichs die effektive Masse. (Wilson 2006). Die Elektronen sind allerdings nicht tatsächlich masselos, sondern die effektive Masse, die durch die Wechselwirkung der Elektronen mit den elektrostatischen Feldern gekennzeichnet ist, nimmt den Wert Null an. Durch diese „reduzierte“ Masse kann die Elektronenbewegung rascher vor sich gehen. Aufgrund der vergleichsweise hohen Geschwindigkeit der Ladungsträger finden statt der Gesetze der klassischen Physik diese der Relativitätstheorie Anwendung. Die Energiegleichung ($E = \hbar k v_F$ mit v_F als Fermigeschwindigkeit), die das Verhalten der Ladungsträger am besten beschreibt, ähnelt formal der relativistischen Dirac-Gleichung. An die Stelle der Lichtgeschwindigkeit tritt hier allerdings die Fermigeschwindigkeit v_F , die rund 0,3% der Lichtgeschwindigkeit beträgt.

Die besondere Dispersionsrelation von Graphen führt im Weiteren zu einer außergewöhnlichen Erscheinungsform des Quanten-Hall-Effekts. Bei zweidimensionalen Halbleitern, die im stark abgekühlten Zustand (einige Kelvin) einem großen Magnetfeld ausgesetzt werden, tritt üblicher Weise eine Hallspannung auf, die nicht linear mit dem Magnetfeld steigt, sondern quantisiert ist. Die Hall-Leitfähigkeit, die durch das Verhältnis vom Strom zur Hall-Spannung festgelegt wird, nimmt dabei Plateauwerte an, die einem ganzzahligen Vielfachen von e^2/h (Elementarladung e , Planckkonstante h) entsprechen. Die korrespondierenden Längswiderstände nehmen entlang dieser Hall-Plateaus ein Minimum an.

Dieser Effekt konnte bei Graphen sogar bei Zimmertemperatur nachgewiesen werden. Bei niedrigen Temperaturen (4 K) oder hohen Magnetfeldern (12 T) wurde bei Graphen allerdings eine Verschiebung der Plateaus um $\frac{1}{2}$ festgestellt, eine Quantisierung ist also bei rationalen Vielfachen von e^2/h festzustellen (fraktioneller Quanten-Hall-Effekt). (Wilson 2006, 22)

Zukünftige Entwicklungen

Außergewöhnlich sind nicht nur die Eigenschaften von Graphen selbst, sondern auch dessen Stellenwert für die Forschung. Mit der Herstellung von Graphen eröffnet sich die Möglichkeit, bisher nur theoretisch vorhergesagte Effekte der Quantenelektrodynamik (z.B. Klein Tunneling) zu überprüfen oder Teilchenphänomene abseits von Teilchenbeschleunigern zu untersuchen. Zudem wird in Graphen das Potential für eine große Bandbreite praktischer Anwendungen und Neuerungen in Materialforschung und Elektronik vermutet. (The Royal Swedish Academy of Sciences).

Ein vor einigen Jahren vorgestellter Transistor aus Graphen, der ebenso schnell wie sein Gegenstück aus Silikon ist, gilt als erster Meilenstein in einer Reihe denkbarer zukünftiger Anwendungsmöglichkeiten. Der Einsatz von Graphen im Bereich der Transistortechnik könnte die Miniaturisierung im Bereich der Elektronik revolutionieren. Ausschlaggebend dafür ist nicht nur die gute Leitfähigkeit von Graphen, sondern dass die Baugrößen von Graphentransistoren jene

von Siliciumtransistoren deutlich unterschreiten können. Dadurch könnte auch die Effizienz von Computern gesteigert werden. Graphencomputer mit hauchdünnen Computermonitoren, die einrollbar sind, sind allerdings noch Zukunftsmusik.

Für den zukünftigen Einsatz von Graphen sind eine Reihe unterschiedlichster Bereiche in Diskussion. So wäre Graphen durch seine hohe Lichtdurchlässigkeit in Kombination mit seiner Leitfähigkeit, denkbar gut für transparente Touchscreens und Solarzellen geeignet. Ein weiterer vorstellbarer Einsatzbereich, der sich durch die perfekte Struktur von Graphen eröffnet, ist der Bau von extrem sensiblen Sensoren. Graphen wird durch die mechanischen Eigenschaften „stark, fest, dünn, elastisch und leicht“ gekennzeichnet. Somit könnte es in Zukunft für den Bau von Satelliten, Flugzeugen und Autos eingesetzt werden. (The Royal Swedish Academy of Sciences).

Das Potential des nobelpreisträchtigen Wunderwerkstoffs Graphen, so wie auch die Kreativität dessen Entdecker scheinen schier unendlich zu sein. Es bleibt also abzuwarten, wer zuerst wieder in den Schlagzeilen landet, der Superstar unter den Halbleitermaterialien oder seine einfallsreichen Entdecker.

Literatur

- Day, C. (2010). Andre Geim and Konstantin Novoselov win 2010 physics Nobel for graphene. Physics Update. Physics Today.
- Geim, A.K. & MacDonald, A.H. (2007). Graphene: Exploring carbon flatland. Physics Today, 60, 35–43.
- Henk, J. (2008). Dispersionsrelation Halbleiter. Abbildung. <http://www.mpg.de/bilderBerichteDokumente/dokumentation/jahrbuch/2008/mikrostrukturphysik/forschungsSchwerpunkt/Web.jpeg> (1.12.2010).
- Meyer, J. (2009). Carbon Sheets an Atom Thick Give Rise to Graphene Dreams. Science, 324(5929), 875–877.
- The Royal Swedish Academy of Sciences. Graphene. Popular Information.
- The Royal Swedish Academy of Sciences (2010). Graphene. The Nobel Prize in Physics 2010 - Scientific Background.
- Thomas Reuters (2009). Science Watch: Author Commentaries from special topics. Graphene. Konstantin Novoselov Interview.
- Wikipedia (2010a). Biographie von Novoselov und Geim. <http://www.google.at/#hl=de&q=biographie+von+novoselov+and+geim&aq=f&aql=&aql=&oq=&gsrfai=&fp=5a59009526b9d6b9> (22.11.2010).
- Wikipedia (2010b). Ig-Nobelpreis–Wikipedia. <http://de.wikipedia.org/wiki/Ig-Nobelpreis> (22.11.2010).
- Wilson, M. (2006). Electrons in atomically thin carbon sheets behave like massless particles. Physics Today, 59, 21–23.

Goldesel und das Perpetuum mobile

Helmut Kühnelt

Dass man bei der Multi-Millionen-Lotterie gewonnen habe ohne mitgespielt zu haben, wird trotz wiederholter Warnungen immer wieder von naiven Menschen geglaubt – oft mit teuren Folgen. Die Freude über den Goldesel, der ohne Anstrengung von Geldsorgen befreit, setzt die Vernunft außer Kraft und der „Glückliche“ wird ein leichtes Opfer von Betrügern. Zeitungen berichten mit leichtem Bedauern für die Opfer und ohne die sonst obligate Vermutung der Unschuld der Täter.

Schon 1775 beschloss die Académie Française, keine Patentanträge für ein Perpetuum mobile (kurz PM) anzunehmen. Die Erzeugung von Energie aus dem Nichts wurde also schon lange vor der Formulierung des Energiesatzes durch Julius Robert Mayer 1842 und Hermann Helmholtz 1847 als unmöglich angesehen. Und doch wird in „Qualitätszeitingen“ in redaktionellen Beiträgen über technisch-naturwissenschaftliche Erfindungen berichtet, die Beispiele für PM sind. So z. B. am 29.3.2011 in der Tageszeitung „Die Presse“. Anzunehmen ist, dass der Bericht eine unkritische Wiedergabe einer Pressekonferenz ist. Mir erscheint es wie ein Lehrbeispiel für die Notwendigkeit, naturwissenschaftliche Beurteilungskompetenz zu entwickeln.

„Mit Magnet ... gegen Schlafprobleme“ spricht ein Problem vieler Menschen an. Als mögliche Ursache werden instabile gestörte niederfrequente Magnetfelder, hervorgerufen von PC und Handy genannt. Die Rettung naht mit dem neu entwickelten Kunststoff AlphaPrevent: Als Active Pads, unmagnetisch und ohne Energiezufuhr – aber aktiv! – stabilisiert der „intelligente Kunststoff“ Magnetfelder. Als Wirkmechanismus wird die „Wechselwirkung mit dem Wasserstoff in der normalen Luftfeuchtigkeit [angesehen]. Hierfür wurden zwei Materialtechnologien mit einander verbunden: das Prinzip intelligenter Werkstoffe mit den Möglichkeiten der Elektronenspin-Technologie“. Klingt sehr fantasievoll.

Selbst ein Prüfbericht aus dem TGM wird unter <http://www.alpha-prevent.com/> zur Lektüre angeboten: Geprüft wurde mit Geräten und in Räumen des Erfinders. Ob mehr als das Rauschen des natürlichen Erdfelds gemessen wurde? Und CE-Zertifikate bestätigen, dass die Funktion von Handys nicht beeinträchtigt ist. Obendrein bestätigt ein Mediziner den Schlaf-Erfolg im Rahmen einer unpublizierten Studie. Wir finden also einige Merkmale, die an das G-Wasser denken lassen – sie wurden von Dr. Erich Eder im Rahmen der FBW 2011 besprochen.

Nobelpreis für Chemie 2010

Palladiumkatalysierte Kreuzkupplungen in der organischen Synthese

Ein wichtiges Werkzeug für die Herstellung neuer Medikamente und Werkstoffe

Brigitte Koliander

Einleitung

In der organischen Chemie geht es immer wieder darum, Synthesewege für neue organische Verbindungen zu entwickeln. Beispielsweise, weil in Lebewesen eine bis dahin unbekannte Substanz entdeckt wurde, die für medizinische Zwecke geeignet scheint und nun in größeren Mengen benötigt wird. Oder weil neue Stoffe benötigt werden, und die ChemikerInnen von einem Stoff mit einer bestimmten Molekülstruktur genau die erwünschten Eigenschaften erwarten. Solche neuen Stoffen können sein: Antibiotika, gegen die es noch keine Resistenzen gibt; organische Leuchtdioden, die Licht bestimmter Wellenlänge abgeben; wirksame Medikamente im Einsatz gegen Krebserkrankungen.

Organische Synthesen

Auf die grundlegende Frage „Wie stellt man ganz bestimmte organische Stoffe gezielt her?“ fanden die drei Chemienobelpreisträger neue Antworten.

Der Laie fragt vielleicht: „Was ist daran so schwierig“?

Schwierigkeit Nummer 1:

Organische Moleküle sind recht kompliziert aufgebaut

Organische Stoffe besitzen Moleküle, die aus einem Grundgerüst aus C-Atomen aufgebaut sind. An diesem Grundgerüst hängen H-Atome und manchmal auch weitere funktionelle Gruppen (z. B. OH-Gruppen, NH₃-Gruppen...). Diese Moleküle können aus Hunderten bis Tausenden von Einzelatomen bestehen.



Abb. 1
Molekül des Stoffes Styrol
(Ethenylbenzen) als Beispiel einer relativ einfachen organischen Verbindung



Ei-ichi Negishi

Akira Suzuki

Richard Heck

Richard Fred Heck

geb. 15. August 1931 in Springfield, Massachusetts, promovierte 1954 an der University of California, Los Angeles (UCLA) bei Saul Winstein. Danach ging er zu Vladimir Prelog an die ETH Zürich. Zurück an der UCLA vertiefte er seine Untersuchung der Nachbargruppen-Effekte. 1956 folgte eine Tätigkeit bei Hercules Powder Co. in Wilmington, Delaware, sowie 1971 an der University of Delaware, wo er sich mit der Organopalladium-Chemie beschäftigte. Dabei entdeckte er die heute so wichtige Heck-Reaktion. Heck ging 1989 in den Ruhestand und wohnt heute auf den Philippinen.

Ei-ichi Negishi

geb. 14. Juli 1935 in Shinkyo/Xinjing, Mandschukuo heute Changchun, Volksrepublik China) erhielt den Ph.D. an der University of Pennsylvania 1963. Er arbeitete einige Jahre für das Pharmaunternehmen Teijin. 1966 wurde er Assistant Professor an der Brown University und kam über Syracuse 1979 an die Purdue University, wo er seitdem lehrt. Seine Hauptarbeitsgebiete sind palladium- oder nickelkatalysierte Kupplungsreaktionen. Werden bei der Kupplungsreaktion Zink-, Aluminium- oder Zirkonium-Organometallverbindungen eingesetzt, so spricht man von einer Negishi-Kupplung.

Akira Suzuki

geb. 12. Sept. 1930 in Mukawa, Hokkaido, wurde 1959 an der Hokkaido-Universität in Sapporo promoviert. Von 1963 bis 1965 arbeitete er als Postdoktorand in Herbert Charles Browns Gruppe an der Purdue University. Von 1973 bis 1994 war er Professor in der Abteilung Angewandte Chemie der Hokkaido-Universität, um Chemieprofessor an der Okayama-Universität und 1995 an der Kurashiki-Universität zu werden. Gastprofessuren führten ihn 1988 an die University of Wales und 2001 an die Purdue University. Suzuki arbeitet auf dem Gebiet der organischen Chemie, genauer untersucht er Organoborverbindungen und deren Anwendungen in Synthese und Organometallchemie. Später untersuchte er die palladiumkatalysierte Kreuzkupplung von Organoborverbindungen. Dabei entdeckte er die Suzuki-Kupplung.

Quellen: http://de.wikipedia.org/wiki/Akira_Suzuki
http://de.wikipedia.org/wiki/Richard_F._Heck
http://de.wikipedia.org/wiki/Ei-ichi_Negishi

Dipl.-Ing. Mag. Brigitte Koliander, AECC Chemie.
E-Mail: Brigitte.Koliander@univie.ac.at

Schwierigkeit Nummer 2:

Atome sind so winzig klein

Will man organische Stoffe chemisch nachbauen, so erweist sich das als relativ komplizierte Aufgabe. Nahezu unmöglich ist es, die Atome selber herzunehmen, beispielsweise Kohlenstoffatome und Wasserstoffatome – und daraus Schritt für Schritt so ein neues Molekül herzustellen. Es geht einfach nicht, wie im Molekülbaukasten die Atome einzeln herzunehmen und zu großen Molekülen zusammenzubauen – dazu sind die Atome viel zu klein und die Handhabung einzelner Atome ist viel zu schwierig.

Eine andere Idee, die schon einmal ein guter Anfang ist, ist folgende: Man nimmt einen Stoff, dessen Moleküle einen Teil der benötigten Struktur haben, man nimmt einen zweiten, der einen weiteren Teil dieser Struktur einbringt und lässt diese beiden Stoffe miteinander reagieren.

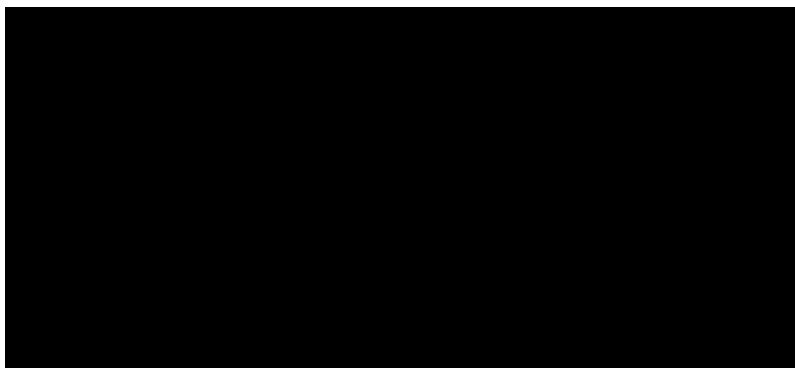


Abb. 2: Fragestellung für ChemikerInnen

Schwierigkeit Nummer 3:

Die Grundgerüste der organischen Verbindungen sind bei Raumtemperatur oft sehr stabil

Die Kohlenstoffatome in den organischen Molekülen haben ihr aufgefülltes Elektronenoktett in der äußersten Schale und keinen Grund, mit anderen Kohlenstoffatomen Bindungen einzugehen. Wenn sich etwas verändert, dann eher an den Seitengruppen oder an den Mehrfachbindungen. Das bedeutet: Mischt man einfach die beiden Stoffe, dann passiert entweder gar nichts, oder es finden chemische Reaktionen statt, die gar nicht gewünscht waren. Will man an den Grundgerüsten etwas verändern, z.B. zwei kleinere C-Ketten zu einer längeren Kette zusammenhängen, so geht das meist nicht, indem man die Stoffe, die diese „Kettenstücke“ als Moleküle besitzen, einfach zusammenmischt.

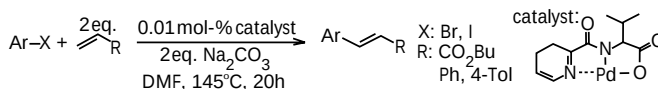


Quellen: http://static.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2010/Sciack_2010.pdf
http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2010/info_public_eng_2010.pdf

Für fortgeschrittene ChemikerInnen:

Aus der aktuellen Literatur einige Andeutungen, unter welchen Bedingungen diese Reaktionen ablaufen und wie die Katalysatoren wirklich aussehen (das elementare Palladium entsteht erst im ersten Reaktionsschritt und wird auch im Lauf der Reaktion oxidiert und reduziert).

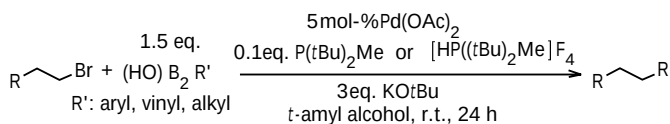
Heck-Reaktion



Trifunctional *N,N,O*-terdentate amido/pyridyl carboxylate Pd(II) complexes were highly active and stable phosphine-free catalysts for Heck and room-temperature Suzuki reactions with high turnover numbers.

M. L. Kantam, P. Srinivas, J. Yadav, P. R. Likhar, S. Bhargava, *J. Org. Chem.*, 2009, 74, 4882-4885

Suzuki-Reaktion



Boronic Acids: New Coupling Partners in Room-Temperature Suzuki Reactions of Alkyl Bromides. Crystallographic Characterization of an Oxidative-Addition Adduct Generated under Remarkably Mild Conditions

J. H. Kirchhoff, M. R. Netherton, I. D. Hill, G. C. Fu, *J. Am. Chem. Soc.*, 2002, 124, 13662-13663.

Anwendungen

Hier kommt noch einmal ein Blitzlicht auf einige wichtige Stoffe, die mit diesen neuen Synthesewerkzeugen hergestellt werden können.

Discodermolide ist ein Giftstoff des Meeresschwammes *Discodermia dissoluta* aus der Karibik. Wie sich zeigte, hemmt diese Substanz Krebszellen. Mit Hecks, Negishis und Suzukis Hilfe kann dieser Stoff nun aus Grundstoffen synthetisch hergestellt werden.

Ähnliches bei **Palytoxin**. Diesen Giftstoff bilden Anemonen- und Korallenarten. Künstlich hergestellt wird derzeit seine medizinische Potenz getestet. Die Hoffnung, neue Antibiotika gegen multiresistente Bakterien zu finden, wird von Varianten des bekannten Wirkstoffs Vancomycin gestützt. Auch sie werden mit palladiumkatalysierten Kupplungsreaktionen hergestellt.

Ein technisches Beispiel: Die **Suzuki-Kupplung** schafft preisgünstige organische Leuchtdioden für dünne Displays und Bildschirme. Erst mit ihr wurde sattes Blau möglich.

Diese Beispiele zeigen, dass auch Grundlagenforschung, wie sie diese drei Chemiker betrieben haben, zu Fortschritten in Medizin und Technik führen kann und dass der von den drei Nobelpreisträgern entwickelte Syntheseweg vielfältig anwendbar ist.

Schönes Experimentieren – Unterstufe

Werner Rentzsch und Christian Mašin

Seit dem Wintersemester 2000/01 beschäftigen wir uns damit, eine umfassende Sammlung an Experimenten aus der Schulchemie (auch der Schulphysik) der Sekundarstufe zusammenzustellen. Im Rahmen der fortlaufenden Fortbildungsveranstaltung der PH Wien „Chemie – von allen für alle“ und der stets gut besuchten Experimentalvorträge während der Fortbildungswoche des VFPC können wir diese aufbereiteten Versuche den interessierten Kolleginnen und Kollegen präsentieren.

In den letzten fünf Jahren haben wir uns damit befasst, den Chemielehrplan experimentell aufzubereiten. Das Programm ESCU („Experimentelle Schulchemie Unterstufe“) hat mit dem Wintersemester 2010/11 bereits 42 Kapitel und wird ab dem Sommersemester 2010/11 neu überarbeitet wiederholt.



ESCU 6: Chemische Elemente

Kalkiges Inferno

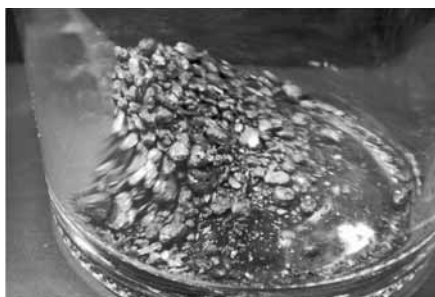
Chemikalien:

Calcium

Geräte:

Schnappdeckelglas, Mikrobrenner, Hebebühne, Spatel, Spritzflasche.

1



Gib ein wenig Ca-Metall in ein Schnappdeckelglas.

2



Stelle den Mikrobrenner so auf, dass seine Flamme etwa 2 cm über der Glasöffnung brennt.

3



Gib mit der Spritzflasche etwas Wasser in das Gläschen.

Im Glas brodeln es, das Gas entzündet sich und ein weißer Kalkbrei bleibt übrig.

Erklärung:

- Calcium reagiert mit Wasser zu Wasserstoff und Calciumoxid: $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2$.
Das gebildete Wasserstoffgas lässt sich entzünden.
Calciumoxid reagiert mit Wasser zu Calciumhydroxid: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$.

Hinweise:

- Dieses Experiment zeigt, dass uns viele chemische Elemente daher verborgen bleiben, weil sie zum Beispiel mit Wasser oder dem Luftsauerstoff reagieren. So ist uns das metallische Calcium unbekannt, als „Kalk“ aber für uns alltäglich.
- Schutzbrille! Bei diesem Experiment werden basische Tröpfchen weggeschleudert.**

Eisen im Rost

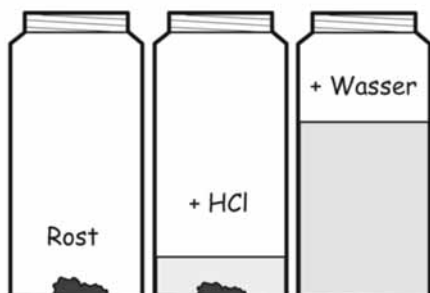
Chemikalien:

Rost, Chlorwasserstoffsäure conc.,
Kaliumthiocyanat-Lösung,
Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung.

Geräte / Material:

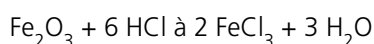
Schnappdeckelglas, 4 Pipetten, Glasplättchen, Spatel, weißes Blatt Papier.

1



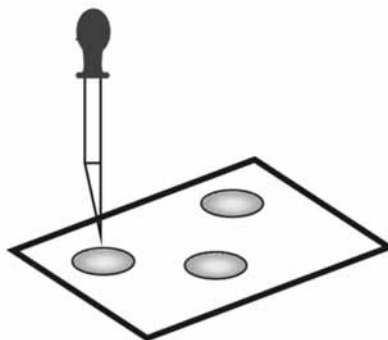
Gib eine Spatelspitze Rost in das Schnappdeckelglas.

Löse den Rost in ein paar Tropfen konzentrierter Salzsäure:



Verdünne mit Wasser.

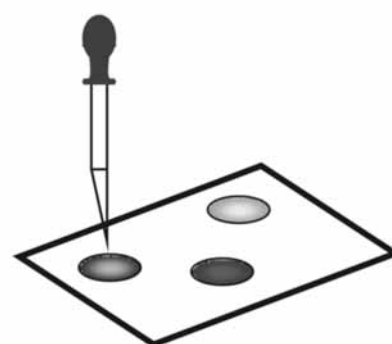
2



Lege das Glasplättchen auf das Papierstück.

Bringe von der Eisenlösung 3 voneinander getrennte Tropfen der Eisenlösung auf das Glasplättchen.

3



Versetze den ersten Tropfen mit Kaliumthiocyanat-Lösung. Er färbt sich rot.

Versetze den zweiten Tropfen mit Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung. Er färbt sich blau.

Der dritte Tropfen dient als Vergleichstropfen.

Der Eisennachweis für Profis

- 1) Das Eisen in der Prüfsubstanz muss in 3-wertiges Eisen übergeführt werden. Dazu gibt man zu einer erbsengroßen Menge der Substanz einige ml HCl conc. und eine Spatelspitze Kaliumnitrat als Oxidationsmittel. Koche einige Zeit lang auf. Das Oxidationsmittel bewirkt, dass sich gebildetes Fe(II)-Chlorid in Fe(III)-Chlorid umwandelt: $2 \text{FeCl}_2 + 2 \text{HCl} + \text{O} \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Vor dem Nachweis abkühlen lassen.
- 2) Folgende Substanzen können auf diese Art aufgeschlossen werden:
Erde, Sandstein (rot, braun), Erze, Mineralien, Holzasche, Legierungen, Steinsalz, bunte Kreiden. Organische Substanzen wie Blut, Blutwurst, Leber, Arzneimittel,... müssen zuerst im Tiegel verascht, danach mit HCl und KNO₃ aufgeschlossen und zuletzt filtriert werden.

3) Nachweis mit Kaliumthiocyanat:

Es bilden sich rot gefärbte Eisenthiocyanat-Komplexe: $2 \text{FeCl}_3 + 3 \text{KSCN} \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{SCN})_3 + 3 \text{KCl}$.

4) Nachweis mit Kaliumhexacyanoferrat(II):

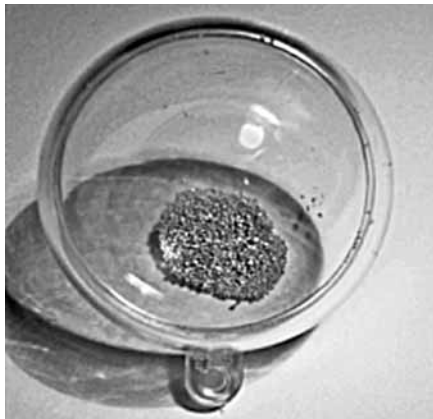
Es bildet sich ein dunkelblauer Niederschlag von Berlinerblau $\text{KFe}(\text{CN})_6$.

Flieh, Kügelchen, flieh!

Material:

PS-Hohlkugel*, Streukügelchen (Glas, gold metallisiert)*, evtl. Heißkleber

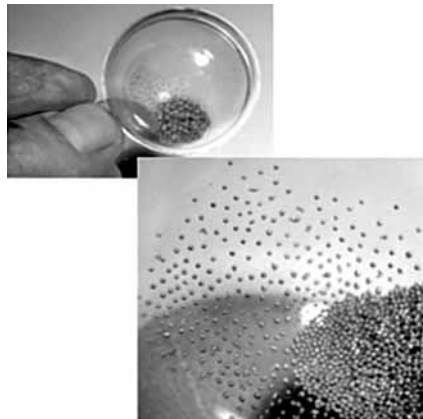
1



Fülle die Kugel mit ein paar Streukügelchen.

Verschließe die Kugel und verklebe sie eventuell mit Heißkleber.

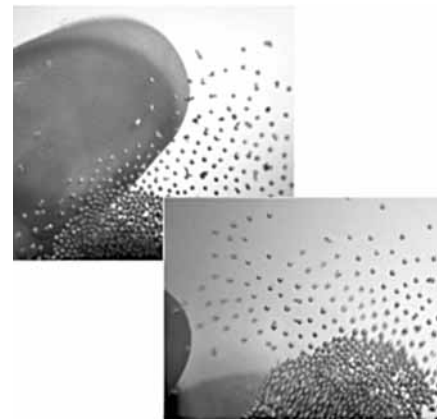
2



Schüttle die Kugel recht heftig.

Einige der Streukügelchen verteilen sich gleichmäßig an der Kugellinnenseite.

3



Hält man nun einen Finger an die Stelle der hängenden Kügelchen, so fliehen sie sofort vor ihm.

Beim Zurückziehen des Fingers kommen die Kügelchen wieder zurück.

Erklärung:

- Die metallisierten Kügelchen reiben an der Polystyrolkugel und können die frei werdenden Elektronen auf ihrer Oberfläche verteilen. Die negativ geladenen Kügelchen stoßen einander ab und bleiben an der Kugel hängen, die nun positiv geladen ist.
- Nähert man den neutralen Finger zu den Kügelchen, so ist er durch Ladungsverschiebung an der berührenden Seite negativ geladen, weshalb sich die Streukügelchen von ihm abstoßen.

Hinweise:

- PS-Hohlkugeln in verschiedenen Größen und Streukügelchen sind in Bastelgeschäften zu erhalten.

Die Streukügelchen müssen metallisiert (gold oder silber) sein, damit sie Elektronen aufnehmen können!

- Diesen Effekt kann man auch beobachten, wenn man Reis aus einem Kunststoff-Vorratsgefäß leert.
- Für Kinderhände empfiehlt sich das Verkleben der Kugelhälften!

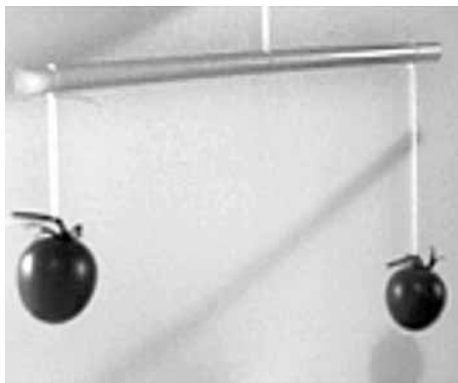


Paradeiser flieh!

Material:

Trinkhalm, Zwirn, Cocktailtomaten + Risphe (!), starker NdFeB-Magnet, evtl. Stativ.

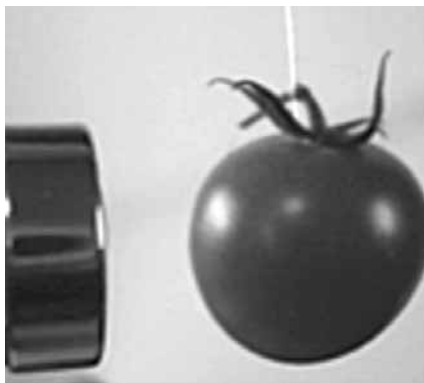
1



Befestige ein Stück Zwirn in der Mitte des Trinkhalms.

Hänge an beide Enden des Halms je eine Cocktailtomate und balanciere den Halm durch Verschieben der Tomaten aus.

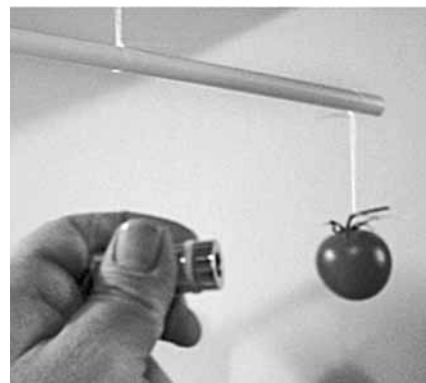
2



Halte den Halm ganz ruhig oder hänge ihn auf ein Stativ.

Nähere den Magneten einer Tomate.

3

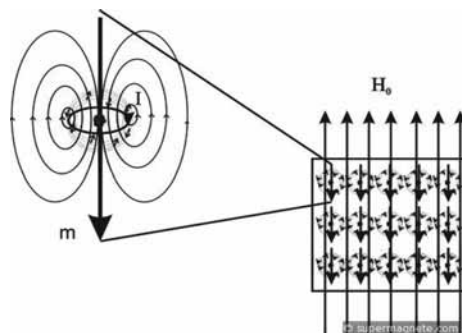


Nach einiger Anlaufzeit stößt sie sich vom Magneten ab.

Mit dem anderen Magnetpol erzielst du denselben Effekt

Erklärung:

- Fast alle Stoffe, die uns „unmagnetisch“ vorkommen, sind eigentlich „diamagnetisch“ – sie werden vom Magneten abgestoßen. Meist werden diese Abstoßungserscheinungen durch andere Kräfte (Para- oder Ferromagnetismus, Gravitation,...) überdeckt. Dabei wird in jedem Atom ein Wirbelstrom induziert, der ein Magnetfeld erzeugt, das dem außen angelegten Magnetfeld entgegen wirkt.
- Besonders stark diamagnetisch sind Wismut, Grafit und Wasser. Durch den hohen Wassergehalt flieht der Paradeiser (dt. „die Tomate“) vor dem Magneten.



Hinweise:

- Mit besonders starken Magneten lässt sich sogar die Wasseroberfläche sichtbar eindellen!
- Physiker des High Field Magnet Laboratory an der Radboud University Nijmegen kamen mit der Levitation eines Frosches im Jahre 1997 ins Gespräch. Mit einer magnetischen Feldstärke von 16 Tesla konnten sie den Frosch, der ja zum Großteil aus Wasser besteht, (lebend!) zum Schweben bringen.

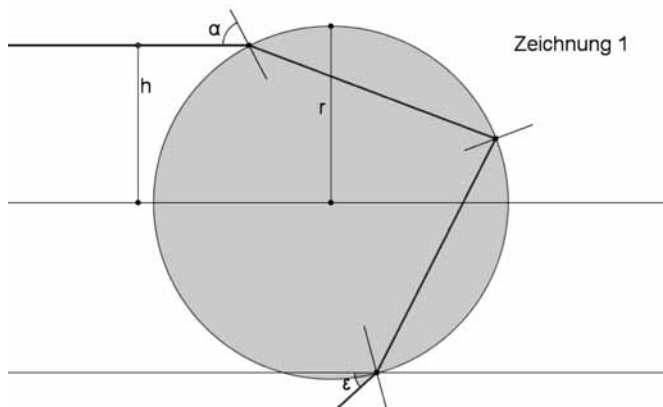
Quelle: H. Joachim Schlichting, Spektrum der Wissenschaft, Okt. 2009

Interessantes zum Regenbogen

Fritz Wernig

Für welches h ist ϵ maximal?

Fällt einfärbiges Licht in der Höhe h auf eine durchsichtige Kugel (Glas, Wasser...), so verlässt ein Teil des Lichts die Kugel unter dem Winkel ϵ .

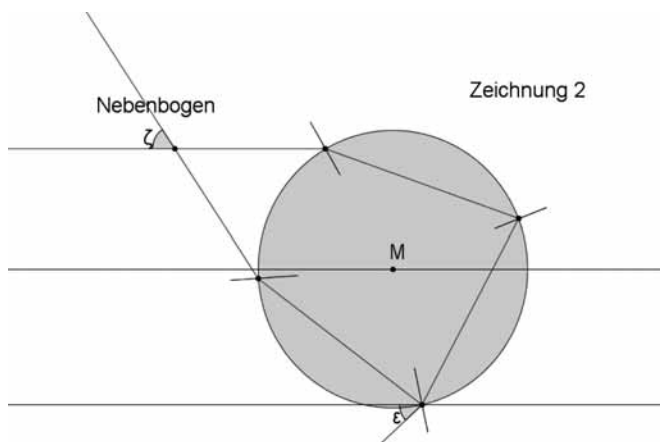


Vergrößert man h von 0 aus bis zu seinem Maximalwert r , so vergrößert sich auch ϵ , jedoch erreicht ϵ seinen größten Wert, **bevor** h sein Maximum erreicht.

Das führt zu interessanten Fragen:

- für welches h (oder α) ist ϵ maximal, und
- wie groß ist dann dieses $\epsilon_{\max}$?

Zeichnet man in die Kugel auch den Lichtweg für den Nebenbogen ein, so stellen sich analoge Fragen.



Da Lichtstrahlen die Kugel nicht unter größeren Winkeln als $\epsilon_{\max}$ (und nicht unter kleineren als $\epsilon_{\min}$) verlassen können, wäre beim Regenbogen der Raum zwischen Haupt und

Nebenbogen schwarz, tatsächlich ist er nur abgedunkelt, weil am Tropfen reflektiertes Licht diesen Raum erreichen kann.



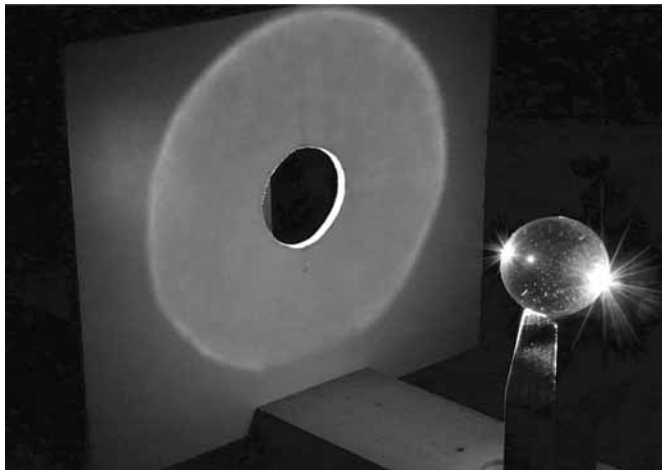
Warum ist der Regenbogen rund?

Diese Frage lässt sich sehr schön mit zwei von mir hergestellten Modellen zeigen. Das erste Modell besteht aus einer Taschenlampe, einem Schirm mit kreisförmiger Öffnung und einer Glaskugel. Der Radius der Öffnung soll nicht kleiner als der Kugelradius sein.



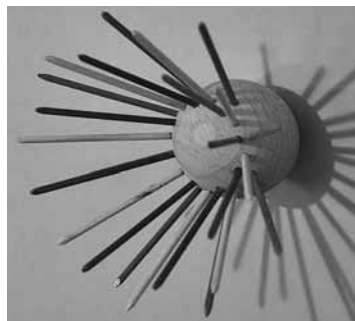
Leuchtet nun die Taschenlampe durch die Öffnung auf die Kugel, so sendet diese Licht auf die weiße Rückseite des Schirmes. Man erkennt farbige Kreise, wobei der rote Kreis den größten, der blaue den kleinsten Radius hat. Es entsteht

ein Miniatur-Regenbogen, der zeigt, dass der Regenbogen sozusagen in jedem einzelnen Tropfen schon enthalten ist.



Von der Glaskugel werden also farbige Lichtkegel ausgesandt, die, geschnitten mit der Schirmebene, farbige Kreise ergeben. Die Fläche innerhalb des blauen Kreises ist hell. Das kommt daher, dass viele Lichtstrahlen den Tropfen mit Winkeln kleiner $\epsilon_{\max}$ verlassen.

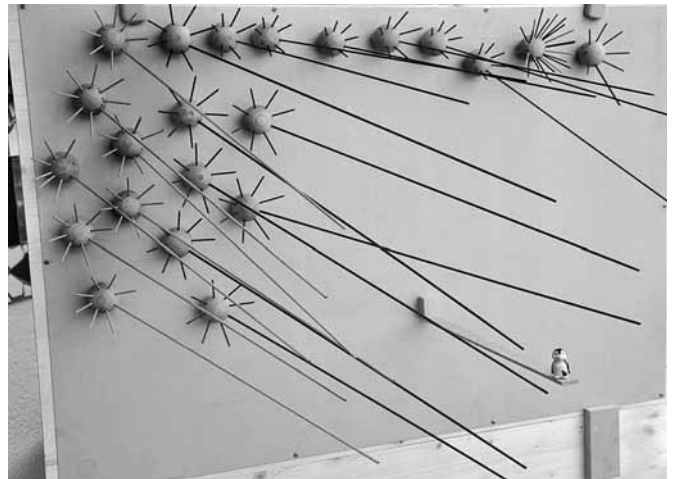
Das zweite Modell besteht aus einem auf einer Holzplatte montierten Blech mit 24 am Blech verschiebbaren Holzkugeln (5 cm Durchmesser, eingebauter Magnet), davon 6 mit blauen, 7 mit gelben, 9 mit roten Strahlen und noch 2 weiteren Kugeln.



Diese Strahlen entsprechen den von der Kugel ausgesandten Lichtkegeln. (Eigentlich sendet jede Kugel alle Lichtkegel aus, aber zum besseren Verständnis haben Kugeln jeweils nur einfarbige Strahlen, Kugeln mit grünen Strahlen fehlen)



Der Beobachter, ein kleiner Pinguin, der auch verschiebbar ist, befindet sich auf einer Holzplatte, etwa 40 cm vom Blech entfernt. Zuerst sind Kugeln und Pinguin ungeordnet auf der Platte verteilt.



Nun platziert man den Beobachter etwas oberhalb der Mitte der unteren Blechkante.

Die Aufgabe besteht nun darin, die Kugeln (Tropfen) so zu verschieben, dass sie Licht ins Auge des Beobachters senden. Dabei ist es von Vorteil, mit den blauen Kugeln zu beginnen und zuletzt die roten zu platzieren.



Man erkennt, dass die blauen Kugeln auf einem Halbkreis, die gelben auf einem etwas größeren und die roten am größten Halbkreis zu liegen kommen:

Ein Regenbogen ist entstanden

LED Spots im Physikunterricht

Joachim Rottensteiner

Für folgende Versuche wurden Spots mit herkömmlichem Gewinde E27, die „weißes Licht“ mit Hilfe von 18 kleinen Leuchtdioden erzeugen, verwendet. Es handelt sich um zwei unterschiedliche Typen, die „warmweißes“, bzw. „kaltweißes“ Licht erzeugen. Das Besondere an diesen Leuchtmitteln ist, dass bei geringer Leistungsaufnahme (ca. 0,9 Watt) an wenigen relativ lichtstarken Punkten starke Lichtkegel erzeugt werden.



Der spezielle Aufbau dieser Leuchtmittel eignet sich nun dafür, folgende physikalische Konzepte im Rahmen der Optik zu behandeln.

- Die räumlich ausgedehnte Lichtquelle als eine Verteilung von punktförmigen Lichtquellen
- Schattenbildungen – Kernschatten und Übergangsschatten
- Die Lochkamera – Abbildungen mit Hilfe einer Lochblende
- Farbtemperatur – weißes Licht als Zusammensetzung aus unterschiedlichen Farbanteilen

Leuchtpunkte statt ausgedehnter Quellen

Zur Beschreibung des Leuchtverhaltens einer räumlich ausgedehnten Lichtquelle, z.B. einer Glühbirne, bedient man sich im Rahmen der geometrischen Optik der Annahme, dass sich das Licht geradlinig von vielen Punkten aus ausbreitet. Die Punkte, von denen das Licht in alle Richtungen emittiert wird, werde ich in der Folge als Leuchtpunkte bezeichnen. Zur Konstruktion eines Lichtstrahles benötigt man einen zweiten Punkt, der beleuchtet wird. Die Verbindung beider Punkte bezeichnet man im Modell als Lichtstrahl. Dieser Lichtstrahl ist einer von vielen Lichtstrahlen, die von einem Leuchtpunkt ausgehen.

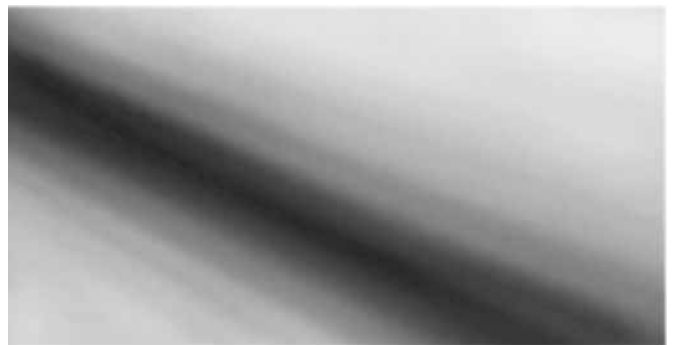
Unter der modellhaften Beschreibung des Leuchtpunktes, der punktförmigen Lichtquelle, versteht man eine Lichtquelle, die von einem Punkt aus Licht gleichmäßig in alle Richtungen aussendet. Eine räumlich ausgedehnte Licht-

quelle denkt man sich nun als Zusammensetzung von vielen punktförmigen Lichtquellen.

Wir nehmen an, dass von allen Leuchtpunkten unserer Lichtquelle unendlich viele Lichtstrahlen in alle Richtungen ausgesandt werden. Auf einem bestimmten Ort auf einem Blatt Papier kommt daher von jedem Leuchtpunkt ein Strahl an. Zusammen erzeugen diese vielen Lichtstrahlen eine gewisse Beleuchtung. Auf dem Blatt Papier befinden sich nun wiederum mehrere Punkte, die beleuchtet werden, und so entsteht ein Lichtfleck. Den Lichtfleck können wir deshalb beobachten, weil die Lichtstrahlen in verschiedene Richtungen diffus reflektiert werden. Üblicherweise werden Lichtstrahlen durch schmale Lichtbündel angenähert. Mit einem Laserstrahl und dem dadurch erzeugten Lichtfleck lässt sich die modellhafte Beschreibung des Lichtstrahls näherungsweise realisieren. Einen Leuchtpunkt kann man symbolhaft durch eine einzelne Leuchtdiode darstellen.

Was passiert nun, wenn man einige Leuchtpunkte von der Beleuchtung des Papiers ausschließt?

Man kann nun den Übergang vom Kernschatten in den Übergangsschatten thematisieren.



Man sieht auf obiger Abbildung den Schatten, den ein Zeigestab auf eine weiße Wand wirft, wenn er von einem LED-Spot in einem entsprechenden Abstand beleuchtet wird. Man sieht deutlich die Abstufungen im Schlagschatten. Der Übergang vom Kernschatten zum ungestört beleuchteten Teil des Schirmes erfolgt aufgrund der wenigen, aber lichtstarken Leuchtpunkte nicht kontinuierlich, sondern stufenweise. Es wird schrittweise eine Diode weniger abgedeckt und so erhält man schließlich wieder die volle Beleuchtungsstärke. Bei herkömmlichen, räumlich ausgedehnten Lichtquellen mit „unendlich“ vielen Leuchtpunkten verläuft dieser Übergangsschatten kontinuierlich, obige diskrete Abstufung verdeutlicht aber das Konzept klarer.

Joachim Rottensteiner, E-Mail: a0125716@unet.univie.ac.at

Abbildung durch Lochkamera

Die Lochkamera beruht auf dem Konzept des Ausschlusses von Lichtstrahlen. Betrachtet man den Lichtfleck, den der LED-Spot auf dem Blatt Papier erzeugt, so kann man nicht beurteilen, welche Lichtquelle diesen Fleck tatsächlich hervorbringt. Das ist eine Folge der Tatsache, dass sich von einem Punkt aus mehrere Lichtstrahlen ausbreiten. Es treffen daher auf einen beleuchteten Punkt die Lichtstrahlen mehrerer Leuchtpunkte. Man kann einen beleuchteten Punkt nicht eindeutig einem Leuchtpunkt zuordnen und man kann sich daher insgesamt kein Bild von der Lichtquelle machen. Eine Lochkamera stellt einen eindeutigen Zusammenhang zwischen beleuchtetem Punkt und Leuchtpunkt her. Störende Lichtstrahlen werden nicht durchgelassen. Durch die Lochblende passt, idealisiert betrachtet, pro beleuchtetem Punkt nur ein Lichtstrahl. Daher kann man einem beleuchteten Punkt genau einen Punkt der Lichtquelle zuordnen. (Mathematisch formuliert, wird der Beleuchtungsvorgang zu einer injektiven Funktion.) Insgesamt erhält man auf dem Schirm ein Bild der Leuchtquelle. In der Praxis hat man es natürlich mit ausgedehnten Lichtbündeln zu tun, die durch eine kleine, aber nicht mehr punktförmige Öffnung gehen. (Dadurch ist Injektivität nicht mehr gegeben, das Bild erscheint unscharf.)



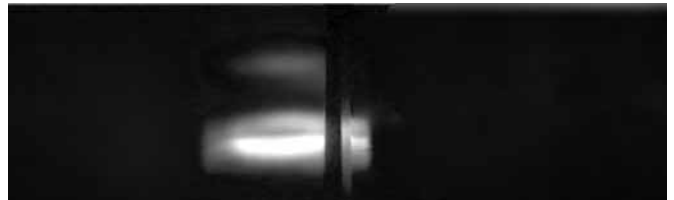
Die von einer Kamera abgebildeten Objekte sind Lichtquellen. (Sie reflektieren meist das Licht und strahlen nicht selbst.) Wir haben bei der experimentellen Demonstration der Lochkamera das Problem, dass diese Objekte oft zu lichtschwach sind, um die Abbildung auf einfachem Wege für unser Auge sichtbar zu machen, beziehungsweise gehört manchmal viel Phantasie dazu, die Abbildung des Gegenstandes auf dem Schirm zu erkennen. Hierfür können wir nun wieder die Lichtstärke der Dioden zu Hilfe nehmen.

Der untere Teil des Diodenspots wurde mit einer Holzplatte abgedeckt, als Schirm diente wieder eine weiße Wand. Die einzelnen Dioden dienen uns diesmal wieder zur Veranschaulichung der Leuchtpunkte. Man sieht, wie das Bild bei der Abbildung gespiegelt wird. Man kann Blenden mit verschiedenen Durchmessern verwenden und erhält davon abhängig Bilder mit verschiedener Schärfe und Helligkeit. Zum Schluss kann man schließlich auch eine Sammellinse verwenden.

Wiewohl das Bild im Vergleich zu Abbildung von lebensnäheren Gegenständen relativ unspektakulär wirkt, liegt die Stärke dieses Versuchs darin, dass das Modell der Leuchtpunkte quasi „direkt“ demonstriert wird.

Farbtemperatur: Warmes und kaltes Weiß

Ein weiterer Vorteil der LED-Spots ist, dass sie in verschiedenen Weißlichtabstufungen angeboten werden. Der Unterschied zwischen kaltem und warmem Licht ist geeignet, eine emotionale Beziehung der Schülerinnen und Schüler zu Lerninhalten der Physik allgemein herzustellen. (Es hat schließlich seinen Grund, warum romantische Abendessen bei Kerzenlicht stattfinden. Vorsicht: als „wärmer“ empfundene Lichtquellen haben keine höhere, sondern eine geringere Farbtemperatur.) Es kann vor allem ein Praxisbezug außerhalb des technischen Bereichs zur Fotografie (Weißabgleich! Viele Schüler haben schon Handys mit eingebauten Kameras, bei denen der Weißabgleich eingestellt werden kann.), zum Film und zur Architektur hergestellt werden. Hierbei kann auch thematisiert werden, dass die Farbe eines Körpers keine objektive Eigenschaft eines Körpers an sich ist, sondern immer in Bezug zur Lichtquelle gesetzt werden muss.



Bei obigen Abbildungen wurde eine Spaltblende abgebildet und das Licht mit Hilfe eines Prismas in seine Bestandteile zerlegt. Zur Beleuchtung diente jeweils der ganze Spot, der anstatt der üblichen Reuterlampen verwendet wurde. Man kann bei dem kälteren Licht einen größeren Blauanteil im Spektrum erkennen (untere Abbildung). Die Fotos zeigen allerdings kräftigere Farben, als man mit freiem Auge beobachten kann.

LED-Spots sind gut geeignet, die abstrakten Modelle der Lichtausbreitung relativ anschaulich zu thematisieren. Für den Unterrichtsalltag dürfte vor allem interessant sein, dass obige Versuche einen sehr geringen Zeit- und Materialaufwand bedeuten.

Fächerübergreifendes Experimentieren in Physik und Geografie

Johannes Reitinger

Im Sinne fächerübergreifenden Arbeitens kann man im Unterricht ein Modell entwickeln, welches eindrucksvoll die Funktionsweise eines Geysirs beschreibt. Es handelt sich dabei um ein prozessorientiertes Experiment, welches sich über eine längere Unterrichtssequenz bzw. eine ganze Einheit erstrecken kann.

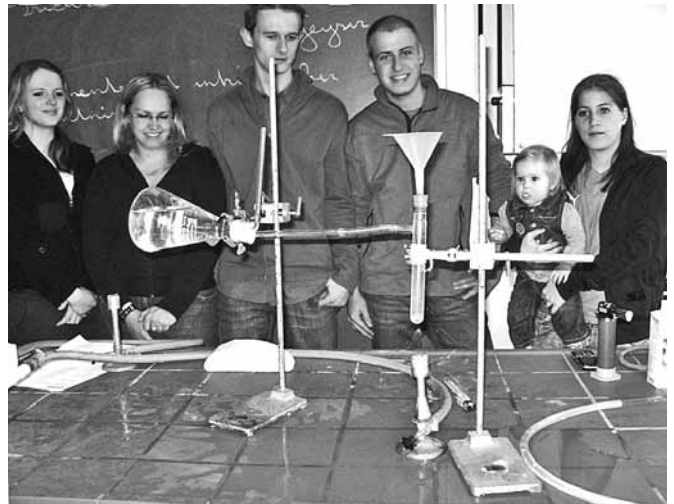
Funktionsweise eines Geysirs

Sie lässt sich auf die folgenden drei Systembereiche reduzieren:

- 1) Der mit Wasser gefüllte Schlot des Geysirs reicht tief in die Erde, wobei im unteren Teil des Reservoirs durch die Erdwärme das Wasser erhitzt wird. Der entstehende Verdampfungsdruck führt zu einer Eruption an der Oberfläche.
- 2) Ein großer Teil des herausspritzenden Wassers fällt zurück in den Kratersee des Geysirs und bleibt sozusagen im Kernbereich des Systems. Ein geringer Teil des herausspritzenden Wassers entweicht in die Atmosphäre. Der Rest fällt auf den umliegenden Boden, sickert dort ein und gelangt in die Grundwasserkanäle, die teils abfließen, teils aber auch wieder zurück zum Schlot des Geysirs führen.
- 3) Nachfließendes Grundwasser versorgt den Geysir ständig mit Wasser.

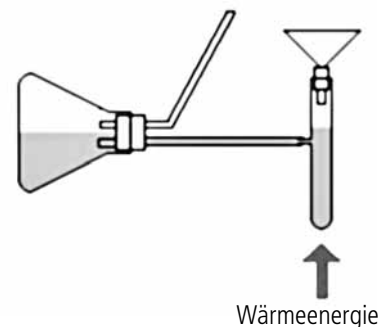


Dr. Johannes Reitinger, Private Pädagogische Hochschule der Diözese Linz, E-Mail: johannes.reitinger@ph-linz.at



Diese einzelnen Punkte, welche das System beschreiben, können in einem prozessorientierten Experiment der Reihe nach dargestellt und zusammengeführt werden.

- 1) Die Eruption lässt sich mit einer einfachen Proberöhre, einer Halteklammer, etwas Wasser und einem Bunsenbrenner nachvollziehen (Vorsicht: Heiße Wasserspritzer!).
- 2) Der Kratersee kann in einem weiteren Experimentierschritt mit einem Trichter, der mittels eines durchlochten Pfropfens mit der Proberöhre verbunden wird, dargestellt werden.
- 3) Verwendet man in der nächsten, abschließenden Experimentierphase eine Proberöhre mit seitlichem Ausgang und verbindet diese mit einem Wasserreservoir (Erlenmeyerkolben mit doppelt gelochtem Pfropfen, siehe Bild) kann auch das Nachfließen des Grundwassers simuliert werden.



Das im Bild dargestellte Modell liefert in Betrieb alle 1 bis 2 Minuten eine Eruption. Was in diesem Modell nicht

dargestellt wird, ist, dass das Wasser aus der Geysirfontäne teilweise im umliegenden Boden einsickert und über das Grundwasser wieder in das Reservoir zurückfließen kann. Eine Erweiterung des Modells in diese Richtung ist noch nicht gemacht worden, wäre aber denkbar.

Dieses Experiment läuft, wie dargestellt, in mehreren Schritten ab. Es kann als Demonstrationsexperiment vorgestellt oder als Gruppenarbeit initiiert werden.

Wird der Experimentierprozess nicht gänzlich vorbesprochen, sondern lediglich durch die Darstellung der Funktionsweise eines Geysirs und die Gestaltung einer Experimentierumgebung (nötige bzw. mögliche Materialien werden angeboten) angebahnt, provoziert er bei den Schülerinnen und Schülern Fragestellungen und gedankliche Schlussfolgerungen, die wiederum in weitere Experimentierabschnitte einfließen und so einen eigenaktiven und lebendigen Handlungsablauf entstehen lassen. Auf diese Weise werden auch Variationen in den Endprodukten sowie deren Vergleich möglich.

Praxiserfahrungen:

Das dargestellte Geysirmodell ist im Unterricht entstanden. Schülerinnen und Schüler wollten wissen, ob man die Funktionsweise eines Geysirs im Modell nachbilden kann. In derselben Stunde, in welcher diese Fragestellung auftrat, wurde dann nach dem Trial-and-Error-Prinzip das beschriebene Modell gemeinsam entwickelt. Seither habe ich das Modell in mehreren Physikstunden sowohl mit Schülerinnen und Schülern als auch mit Lehramtsstudierenden in den weiter oben beschriebenen methodischen Variationen durchgeführt.

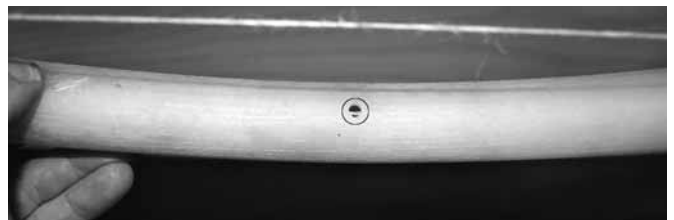
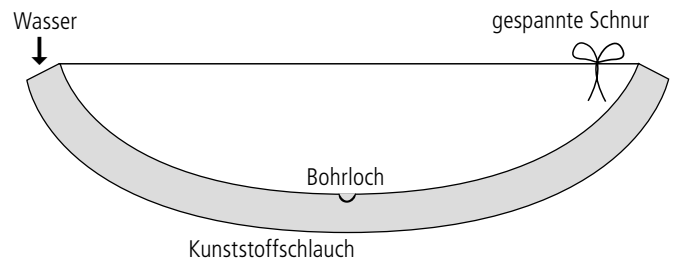
Zu diesen Unterrichtsakten erhielt ich qualitative positive Rückmeldungen bezüglich

- a) Anschaulichkeit
- b) Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit über die lange Experimentierphase hindurch und
- c) Nachhaltigkeit in Bezug auf die Fähigkeit, die Funktionsweise eines Geysirs einer anderen Person erklären zu können.

Artesische Brunnen

kommen prinzipiell in einer Senke vor. Das zufließende Grundwasser kommt aus wasserführenden Gesteinsschichten, die sich unter der Erdoberfläche bis in Lagen über der Höhe des Brunnens erstrecken. Daher baut sich ein Druck auf und das Brunnenwasser sprudelt aus dem in der Senke stehenden Artesischen Brunnen ohne technische Hilfsmittel wie von selbst aus dem Boden.

Simuliert werden kann dies durch ein Stück Hartplastikschlauch, welches mit Hilfe eines gespannten, zusammengeknüpften Bandes dauerhaft in eine leicht gebogene Stel-



Der Hartplastikschlauch muss zuvor noch mittig auf der Oberseite durchbohrt werden (siehe Grafik). Befüllt man nun seitlich das waagrecht gehaltene Modell mit Wasser, so wird durch den sich aufbauenden Druck das Wasser durch das Bohrloch in der Schlauchmitte von selbst heraus-sprudeln.

Praxiserfahrungen:

Im Rahmen der Anwendung des Brunnenmodells ist es empfehlenswert, begleitend eine Schemazeichnung eines Artesischen Brunnens (Erdschichtenquerschnitt, in vielen Geografiebüchern sind solche Zeichnungen zu finden) als weiteres Anschauungsmaterial zu verwenden. Auf diese Weise kann man den Schülerinnen und Schülern eine Verknüpfungshilfe des Modells mit der Realität anbieten.

Mit Magnetfeldern hören

Engelbert Stütz

Einführung

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

Projektschwerpunkte

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

Warum mit Magnetfeldern hören?

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

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

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

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

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

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

Die Induktionsanlage – eine einfache Lösung

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

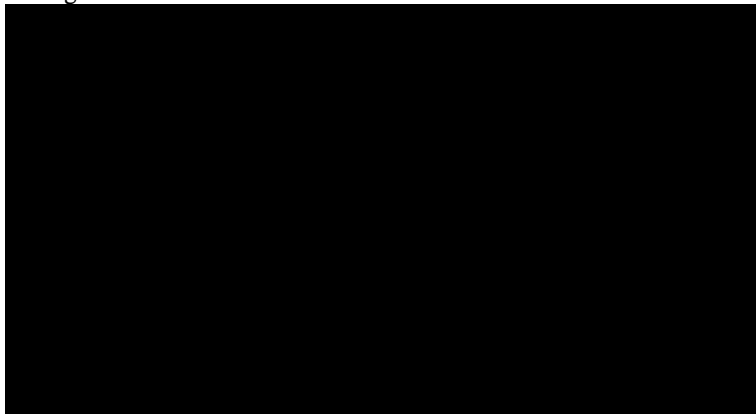
Möchte ein Hörgeräteträger in einem Raum mit Induktionsanlage diese nutzen, wird das Hörgerät mit einem Schalter von Mikrofon-Betrieb auf Telefon-Betrieb umgeschaltet.

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



Darstellung einer Induktionsanlage

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



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

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

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

Projektverlauf

Einstieg und Erarbeitung des Grundlagenwissens

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Entwurf und Bau von Lern- und Experimentierstationen im Unterricht

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

Auf diese Themen für die Stationen einigten sich die Teams:

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

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

Das Explorama: Eröffnungspremiere

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

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

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

Eine Woche Unterricht im Explorama

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

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

Diese Übersicht vermittelt einen Eindruck der Ausstellung



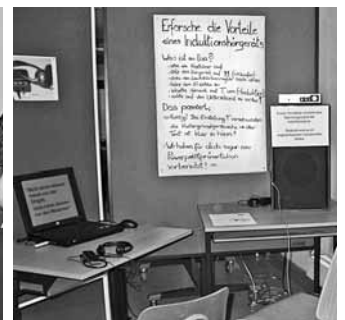
Modell einer Induktionsanlage
Etwas über Aufbau und Funktion einer Induktionsanlage erfahren



Hörwand
Wie klingt Musik bei verschiedenen Arten von Schwerhörigkeit?



Das Ohr
Präsentation über Aufbau und Funktion des Ohres



Der Hörraum
Erleben, wie man mit Magnetfeldern hören kann



Magnetbilder
mit Eisenfeilspänen sichtbar machen und mit Wachs fixieren



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



Magnetfeld
eines geraden Leiters



Lorentzkraft
Ein Strom führender Draht
in einem Magnetfeld



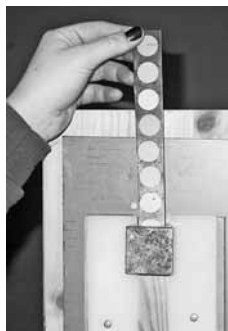
Das Barlow-Rad,
ein Elektromotor



Kirchturmglöcken
im Ohr



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



Wirbelstrombremse
Das Kupferblech sinkt langsam durch das Magnetfeld

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

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

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

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

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

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

Was lernen wir für zukünftige Projekte?

Das hat sich beim Projektverlauf bewährt:

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

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

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

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

Science on Stage 2010/11

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

Wir haben dazu folgende Materialien verwendet:

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

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

Vorbereitung des Experiments:

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

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

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

Wie kann man verstehen, was passiert?

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

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

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

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

Hier werden sie nur aufgezählt:

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

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

Literatur

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

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

Science Center – die „Anfassmuseen“

hingehen – staunen – erkennen

Leo Ludick

Sage es mir und ich werde es vergessen.

Zeige es mir und ich werde es vielleicht behalten.

Lass es mich tun und ich werde es können! (Lao Tse)

1967 hat Hugo Kükelhaus (1900-1984), deutscher Tischler, Schriftsteller, Pädagoge, Philosoph und Künstler, in Montreal sein „Erfahrungsfeld zur Entfaltung der Sinne“ bekannt gemacht. Es handelte sich dabei um eine Erlebnisausstellung, bei der alle Sinne angeregt wurden. Kükelhaus konstruierte zweiunddreißig Spielgeräte für Schulen der Stadt Dortmund und führte einen Teil dieser Geräte bei der Weltausstellung in Montreal vor. Die unterschiedlichen Ausstellungsobjekte führten die Besucher dazu, selbst zu experimentieren, zu erforschen und dadurch Erkenntnis zu gewinnen. Heute nennt man naturwissenschaftliche Erlebniszentren, die auf Basis der Kükelhaus-Idee konzipiert sind, Science Center. Das erste Science Center, das Exploratorium, wurde 1969 in San Francisco eröffnet. Frank Oppenheimer (1912-1985), Bruder von J. Robert Oppenheimer, war Physiker in den USA und in der McCarthy-Zeit Lehrer an einer kleinen High-School. Er interessierte sich sehr für die Didaktik der Physik. Von den Wissenschaftsmuseen in Europa, wie etwa dem Deutschen Museum in München, angeregt, gründete er das Exploratorium. Oppenheimer wollte Naturwissenschaft und Technik allen Bevölkerungs- und Altersgruppen näherbringen und sie zur eigenständigen Auseinandersetzung mit den Naturphänomenen anregen. Die Experimente – vom Besucher selbst in Gang gesetzt – sind so gewählt, dass alle Sinne im Laufe des Besuchs angeregt werden. Naturwissenschaft wird damit erlebbar gemacht und spricht über die Emotion und Freude am Tun den Intellekt an.

Als ich das Exploratorium im Jahre 1997 kennen lernte, sah ich fasziniert, wie alle, von Vierjährigen bis zu den Großeltern, begeistert an den Experimentierstationen tätig waren. Vom Exploratorium ausgehend folgten in den USA innerhalb von dreißig Jahren an die dreihundert Science Center. In den 1980er Jahren entstanden diese auch in Europa. In Flensburg wurden unter dem Begriff Phänomenta erste Science-Center-Experimente aufgebaut. Weitere Phänomenta Science Center gibt es mittlerweile auch in Bremerhaven, Lüdenscheid, Peenemünde und Templin. Neugründungen sind das Universum® in Bremen, das seit September 2000 geöffnet ist, und das von Zaha Hadid architektonisch gestal-

Mag. Leo Ludick, bis August 2010 Physikprofessor und Direktor des BRG Wels Wallererstraße; 1987 bis 2000 lehrte er Fachdidaktik für Physik an der Johannes-Kepler-Universität in Linz; pädagogischer Berater des Science Centers Welios®, das im April 2011 in Wels eröffnet wurde.
E-Mail: L.Ludick@eduhi.at



tete Science Center Phäno in Wolfsburg, das im November 2005 eröffnet wurde. 2009 öffneten das Klimahaus® 8° Ost in Bremerhaven und die Experimenta in Heilbronn.

Und nun wurde das erste große Science Center in Österreich, das Welios® in Wels, eröffnet. Seit 16. April 2011 kann man hier an etwa 150 Mitmachstationen das Thema „Erneuerbare Energie“ umfassend erleben. Die didaktische Methode, die hier zur Anwendung kommt, geht in der Erkenntnisgewinnung vom Experiment aus. Anders als vielfach im Unterricht wird dadurch zunächst das Staunen erweckt. Und in der Tat sind ja viele Phänomene in der Natur wahrlich staunenswert: Ein Geysir wird oftmals als Naturschauspiel bezeichnet, die im Abendrot untergehende Sonne spricht uns romantisierend an, der ewige Gezeitengang fasziniert uns alle. Im Welios® werden die Besucher im Rahmen einer sogenannten „Storyline“ einen Gang durch ein Haus machen und in den einzelnen „Zimmern“ jeweils einen Teil der Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen erleben, begreifen, erkennen. Dabei liegt es am Besucher selbst, wie tief er in die Physik eindringen möchte. Deshalb gibt es auch in einem Science Center keine Führungen, denn diese zwingen jeden Besucher in das Konzept des Führungspersonals. Es geht ja um das Ansprechen der gesamten Person mit Gefühl und Intellekt.

Es ist daher nur selbstverständlich, dass das Gebäude des Welios® selbst ein Niedrigstenergiehaus mit einigen weltweiten Neuerungen ist. Eine weiß schimmernde Fassade etwa nützt den Albedo-Effekt – das Innere heizt sich im Sommer weit weniger auf, ein Personenaufzug erzeugt beim Hinunterfahren elektrischen Strom. Selbstverständlich besitzt das Haus eine Photovoltaik- und eine Solarthermieanlage. Da alle Experimente von einem österreichischen Expertenteam entwickelt oder begutachtet wurden, bietet ein Besuch des Welios® den Lehrerinnen und Lehrern die Möglichkeit, einen Teil des Lehrplanes abzudecken. Die pädagogischen Begleitprogramme sind so konzipiert, dass alle Schüler und Schülerinnen entsprechend individuell an jedes Experiment herangehen können. Denn Science Center sind nicht nur Museen im klassischen Sinn. Science Center sind außerschulische Lernorte, die Erkenntnisgewinnung zum Erlebnis machen.

Vom Barlow'schen Rad zum Elektromagnet-Motor von Egger

Ein Streifzug durch die Frühgeschichte der Elektromotoren

Franz Pichler

Einleitung

Elektromotoren sind heute allgegenwärtig. Sie sind in Rasierapparaten, Bohrmaschinen, Spielzeugen, Ventilatoren und vielen anderen Geräten und Maschinen des täglichen Gebrauches enthalten. Sie sorgen für die Rotation der Magnetplatten und der CD's und DVD's in unseren Computern und Recordern und sind auch wesentlich für die Funktion von Foto- und Filmkameras. Erst vor etwa 100 Jahren konnte ihre technische Entwicklung einen ersten Abschluss erreichen. Erst ab diesem Zeitpunkt erfolgte ihr Entwurf mit Hilfe mathematischer Modelle und neben den Gleichstrommotoren gab es auch Wechselstrommotoren, wobei die 3-Phasen Drehstrommotoren in der Art der Kurzschlussläufer sehr erfolgreich geworden sind.

In diesem Aufsatz sollen die ersten Anfänge des Baues von Elektromotoren betrachtet werden. Diese beginnen mit der Erfindung des Elektromagnetismus in den 1820er Jahren und finden ihren Abschluss mit der Entdeckung des „dynamoelektrischen Prinzips“ im Jahre 1866. Bei der Erwähnung der physikalischen Grundlagen, die diese Entwicklung der Elektromotoren begleitet hat, müssen wir als ersten Beitrag mit der Entdeckung von Prof. Hans Christian Oersted vom Jahre 1820, dass ein elektrischer Strom auf eine Magnetnadel eine Kraftwirkung ausübt, beginnen. Anschließend war es vor allem Ampère, der mit seinen Arbeiten den Elektromagnetismus näher erforschte. Mit der Erfindung des Elektromagneten durch William Sturgeon im Jahre 1825 war ein wichtiger Baustein zum Bau von elektrischen Motoren gegeben. Die Verstärkung der magnetischen Wirkung mittels mehrerer Drahtwindungen war jedoch bereits 1823 von Schweigger mit seinem „Multiplikator“ gelungen. Johann Schweigger gilt auch als Erfinder der Isolation von Drähten mittels deren Umspinnung mit Seide. Soweit die Erwähnung von Meilensteinen der Physik zum Gebiet der Elektrizität.

Bei den folgenden Ausführungen stützen wir uns hauptsächlich auf verlässliche Quellen der Geschichtsforschung. Nur in einzelnen Fällen, so z.B. bei dem Motor von Egger wurde dazu auch auf Originalquellen zurückgegriffen. Der

Aufsatz ist dementsprechend als ein Auszug von bereits von Technikhistorikern erarbeiteten Fakten anzusehen. Ziel ist, wichtige Stufen der Entwicklung der Elektromotoren mit den ersten Konstruktionen dafür darzustellen. Damit soll es gelingen, ohne die etwas mühsame Arbeit des Auffindens auf sich nehmen zu müssen, das nötige Wissen darüber zu erhalten. Das Internet wird bei der Suche nach historischen Darstellungen, etwa in Wikipedia Eintragungen, absichtlich ausgeklammert.

Elektromagnetische Motoren mit rotierendem Anker

Bei den mittels Elektromagneten realisierten Motoren unterscheidet man zwischen zwei Arten der Bewegung; solche mit „rotierendem Anker“ und solche mit „hin- und her gehender Bewegung“.

Bei den Motoren, bei denen der Anker (früher auch „Armatur“ genannt) sich dreht, erzeugen Elektromagnete am Anker ein Drehmoment und damit eine antreibende Kraft. Es sei hier schon bemerkt, dass sich dieser Motorentyp schließlich als der wichtigste herausgestellt hat. Die Motoren mit „hin und her gehender Bewegung“ nehmen ihr Beispiel von der Dampfmaschine und realisieren mittels Elektromagneten eine hin- und hergehende Kraftwirkung auf einen Weicheisenstab (oder eine Weicheisenplatte), wobei über Pleuelstangen ein Schwungrad angetrieben wird. Beide Arten von Motoren wurden unmittelbar nach den Entdeckungen von Oersted und Ampère, besonders aber nach der Erfindung des Elektromagneten, von verschiedenen Persönlichkeiten gebaut.

Bei den Motoren mit drehendem Anker steht als erster das in Abb. 1 gezeigte „Barlowsche Rad“ aus dem Jahre 1823. Dieser Motor hat einen sternförmigen Anker aus Kupfer oder Messing dessen stromführende Spitzen in einen Quecksilbernäpf eintauchen und damit über eine Batterie unter Strom kommen. Das vom Dauermagneten erzeugte Magnetfeld erzeugt in der jeweils eintauchenden Spitze eine Kraftwirkung, wodurch es zu einer Drehbewegung des Ankers kommt.

Em. O. Univ.-Prof. Dr. Franz Pichler ist Experte für Technikgeschichte und lebt in Puchenu bei Linz.

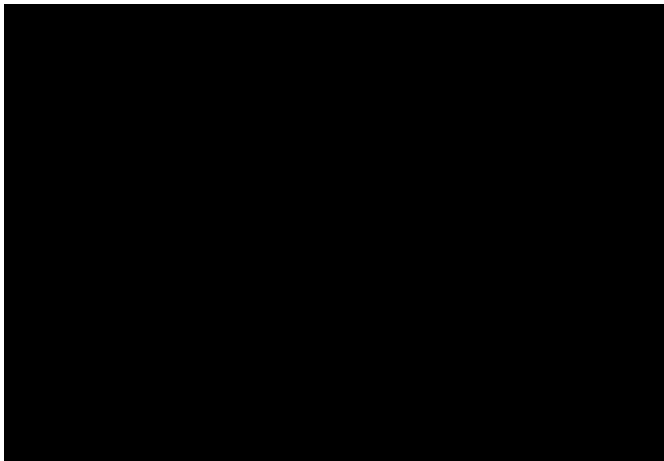


Abb. 1: Barlow'sches Rad

Eine im Prinzip bereits verbesserte Konstruktion stellt der im Jahre 1833 vom englischen Physiker Ritchie erfundene Motor, der in Abb. 2 zu sehen ist, dar. Wir sehen einen Dauermagneten und darüber einen drehbaren Elektromagneten, der über einen zweiteiligen „Kommutator“ über Quecksilberkontakte unter Strom gesetzt wird. Der Kommutator sorgt für eine abwechselnde Umpolung des Stroms im Elektromagneten, wodurch er sich dreht. Eine Verbesserung aus dem Jahre 1827/28 stellt der von Jedlik vorgeschlagene „Bewegungsapparat“ dar, der in Abb. 3 gezeigt ist. Hier benutzt Jedlik anstatt des Dauermagneten einen Elektromagneten in Form eines Solenoids.

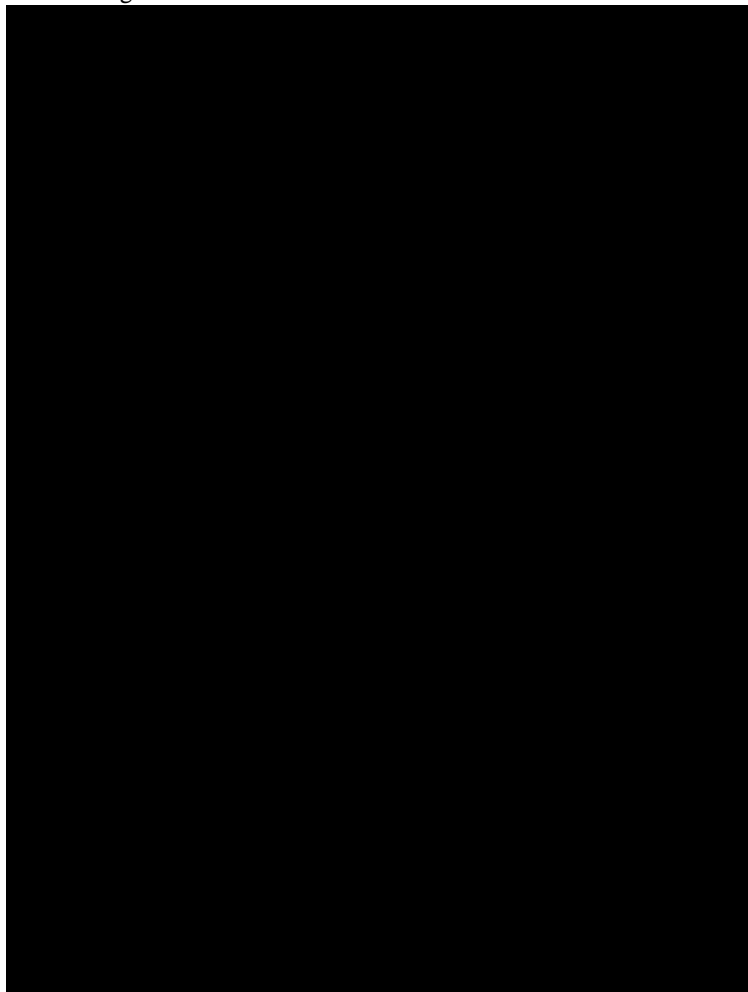
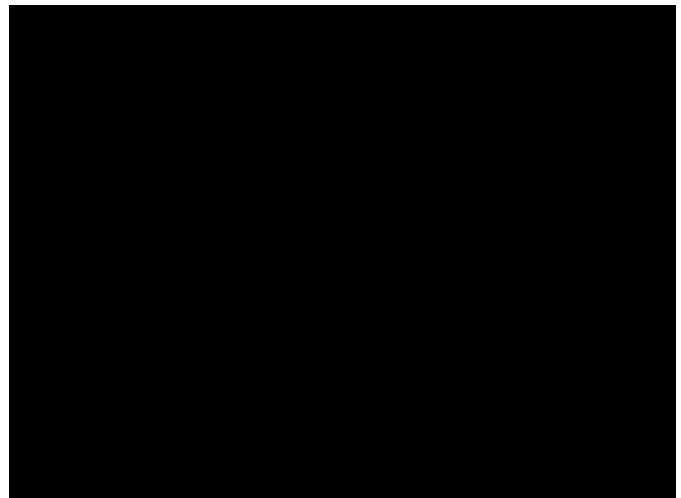


Abb. 3: Bewegungsapparat von Jedlik

Die elektrischen Motoren von Barlow, Ritchie und Jedlik dienten zur Demonstration im Rahmen physikalischer Versuche und erlangten keine praktische Bedeutung. Eine erste praktische Anwendung erfürh der von Jacobi im Jahre 1835 zum erstenmal angegebene Motor.



Dieser ist in Abb. 4 gezeigt. Der Anker dieses Motors besteht aus vier als Hufeisen ausgebildeten Elektromagneten, denen als „Stator“ ebensolche Magnete gegenüberstehen. Ein spezieller Stromwender mit in Quecksilber eintauchenden Kontaktbürsten, den wir in Abb. 5 zeigen, sorgt für die abwechselnd richtige Einschaltung der Ankermagnete zur Erzielung einer Drehbewegung. Der von Jacobi im Jahre 1838 nach dem gleichen Prinzip gebaute Motor war in der Lage ein Boot mit 14 Personen anzutreiben. Ein anderer Motor, der hier noch erwähnt werden soll, ist der Motor von Stöhrer, mit dem es gelang, eine Drechselbank zu betreiben.

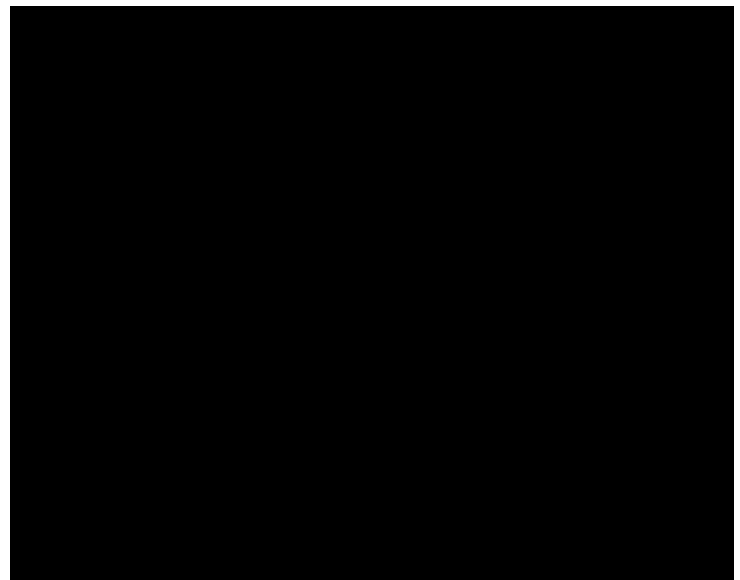


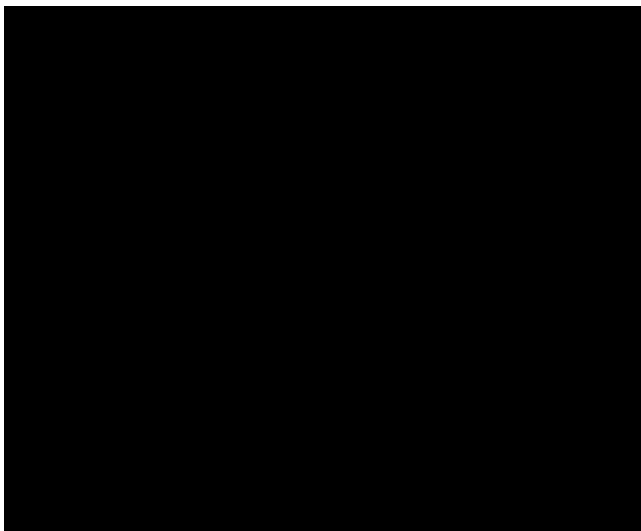
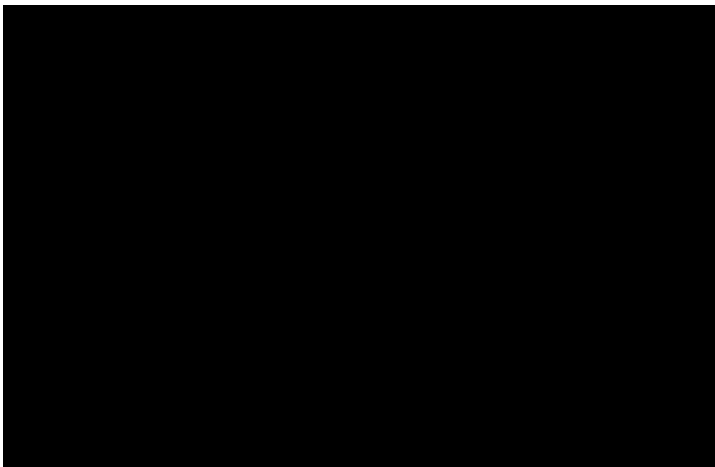
Abb. 5: Kommutator zum Jacobi Motor

Die Abb. 6 zeigt eine von d'Heureuse verbesserte Form der Stöhrer'schen Maschine mit einem aus drei Spulen bestehenden Stator und einem ringförmigen Elektromagneten als Anker, der jeweils über Kontakte von einer der drei Spulen eine Kraftwirkung erfährt.

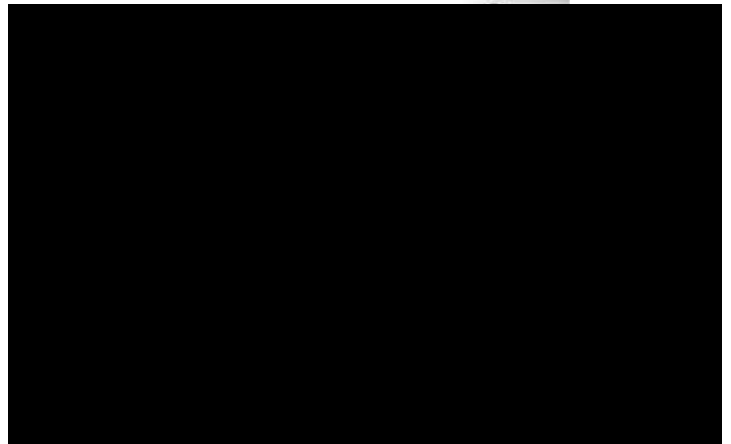


Abb. 6: Maschine von d'Heureuse

Ein bedeutenden Fortschritt in der Konstruktion von elektrischen Motoren mit „rotierender“ Bewegung erzielte im Jahre 1860 der Italiener Antonio Pacinotti (1841-1912) mit der Erfindung des Ringankers zusammen mit einem zugehörigen vierteiligen Kommutator: Der Anker besteht aus einem Weicheisenring, dessen Nuten jeweils eine Wicklung enthalten. Der Stator besteht, wie in Abb. 7 zu sehen ist, aus zwei Elektromagneten. Deren Felder geben dem Ringanker, dessen Spulen über den Kommutator in der jeweils richtigen Stellung unter Strom gesetzt werden, das nötige Drehmoment. Schon vor Pacinotti waren Ringanker dieser Art bekannt. Abb. 8 zeigt als Beispiel den Elektromotor des Niederländers Pieter Elias aus dem Jahre 1842.



Den praktischen Durchbruch der Ringankermaschinen, allerdings als Dynamomaschine, d.h. als elektrischer Generator, erreichte vor allem der Belgier Zénobe Théophile Gramme (1826-1901). Gramme Maschinen waren nach Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips die ersten praktisch erfolgreichen Maschinen, die sowohl als Dynamomaschine als auch als elektrischer Motor Anwendung fanden. Abb. 9 zeigt eine Gramme Maschine.



Elektrische Motoren mit „hin und her gehender Bewegung“

Nach dem Vorbild der Dampfmaschine von Watt lag es nahe, mittels Elektromagneten durch Anziehung und Abstoßung eines Weicheisenstückes in Form eines Stabes oder einer Platte (Anker) über eine Pleuelstange und Kurbelwelle ein Schwungrad in Drehung zu bringen. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden mehrere elektrische Motoren dieser Art vorgeschlagen. Eine praktische Bedeutung erhielten sie aber nicht. Sie dienten als Demonstrationsgeräte in Schulen und Universitäten, wo sie bis heute in deren physikalischen Kabinetten zu finden sind.

Als erste Maschine dieser Art ist der elektromagnetische Apparat des italienischen Physikers Dal Negro vom Jahre 1830 zu nennen. Dal Negro erzeugte mittels eines Elektromagneten die Auf- und Abwärtsbewegung eines Balkens, der über eine Pleuelstange ein Schwungrad antrieb. Abb. 10 zeigt die Maschine von Dal Negro.

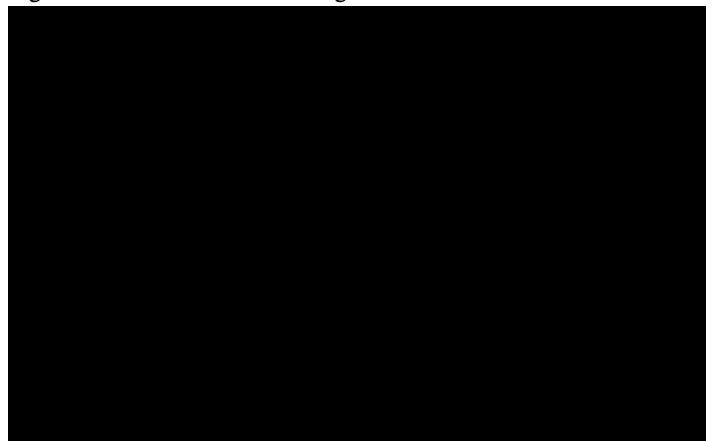


Abb. 10: Maschine von Dal Negro



Abb. 11: Motor von Page

Die in Abb. 11 gezeigte Maschine des Amerikaners Charles Crafton Page (1812-1868) aus dem Jahre 1839 besteht aus zwei Magnetspulen, die abwechselnd unter Strom gesetzt einen Weicheisenstab hin und her bewegen und damit ein Schwungrad antreiben. Eine Verbesserung seiner Maschine erfand Page im Jahre 1846 (Abb. 12). Mit diesem größeren Motor soll er eine Drechselbank und eine Kreissäge betreiben haben.

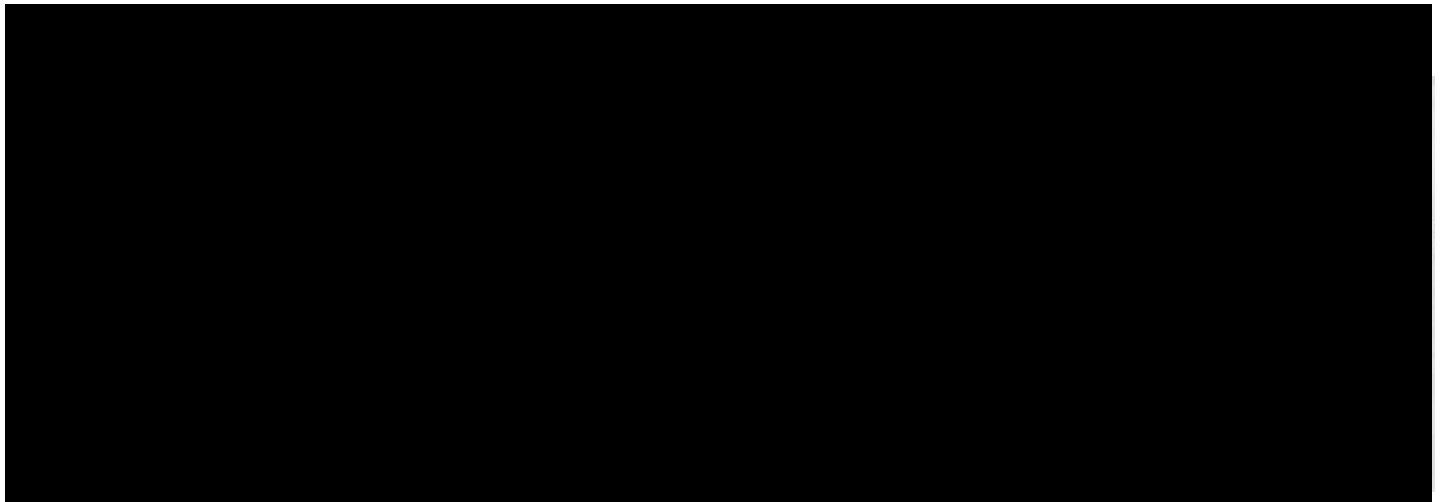


Abb. 12: Verbesserter Page Motor

Eine Konstruktion eines Motors mit „hin- und her gehender Bewegung“, die nicht nach dem Vorbild der Dampfmaschine funktioniert, stellt der Motor von Grüel aus dem Jahre 1853 dar. Hier wird durch die Schiefstellung des Ankers eine Schubwirkung auf die Pleuelstange und damit eine Drehung des Schwungrades erreicht (Abb. 13).

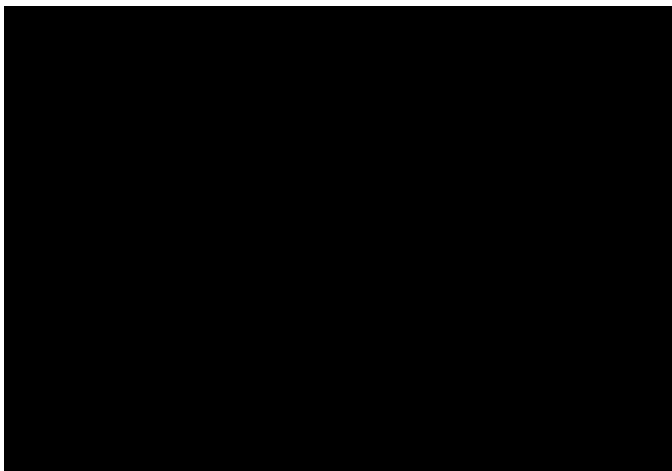


Abb. 13: Motor von Grüel

Die Motoren von Johann Kravogl und von Martin Egger S. J.

Zum Abschluss dieses Streifzuges durch die Frühgeschichte der elektrischen Motoren sollen noch zwei österreichische Beiträge, die zu ihrer Zeit durchaus über die Grenzen der Monarchie Beachtung fanden, behandelt werden. Es sind dies der Motor von Kravogl aus dem Jahre 1867 und der Motor von Egger S. J. aus dem Jahre 1875. Beide Motoren sind im Technischen Museum in Wien ausgestellt.

Der Motor von Kravogl

Vom Tiroler Erfinder und Mechaniker Johann Kravogl (1823-1889) stammt ein im Jahre 1867 erfundener elektrischer Motor - von Kravogl als „Kraftrad“ bezeichnet – der hier betrachtet werden soll. Die Berechtigung dazu ergibt sich vor allem wegen seiner eigenwilligen technischen Konstruktion, eine praktische Bedeutung hat der Kravogl Motor, nie

Abb. 14: Motor von Kravogl

Abb. 15: Funktionsprinzip des Kravogl Motors

Abb. 14 zeigt den Motor von Kravogl. Dieser besteht aus einem hohlen über eine Achse drehbaren Ring aus Messing, der vollständig mit einer Wicklung mit Anzapfungen (vergleichbar mit einer aus Solenoiden bestehenden Ringankerwicklung) versehen ist. Innerhalb des hohlen Ringes befindet sich ein Segment (von ca. 1/3 des Umfanges) eines schweren Ringes aus Weicheisen, der über Rollen beweglich ist und durch die Schwerkraft nach unten zu liegen strebt. Die Drehung des äußeren Ringes kommt dadurch zu Stande, dass die über den mehrteiligen Kommutator über die Anzapfungen eingeschalteten Wicklungen das Ringsegment aus Weicheisen anziehen und dadurch den Ring in Drehung versetzen.

In Abb. 15 ist schematisch die Konstruktion dargestellt. Wie Pfandl in seiner Arbeit [4] und zusammenfassend auch in seinem Buch [5] erklärt, kann man den Kravogl Motor als eine Art eines Page Motors betrachten, wobei nun der sich hin und her bewegende Weicheisenstab durch das Ringsegment ersetzt ist und die beim Page Motor feststehenden Spulen beim Kravogl Motor durch die im Kreis bewegten Wicklungen des äußeren Ringes

ersetzt sind. Der Kravogl Motor ist also eine Art Aussenläufer Motor. Die Leistung des Motors von Kravogl wurde von Pfaundler mit 0.01 PS angegeben, wobei bei Verwendung von sechs Kohle-Zink Doppelementen ein Nutzeffekt von 15% erzielt wurde.

Der Motor von Egger S. J.

Vom Jesuitenpater Martin Egger (1832-1898), Professor für Physik am Gymnasium in Marienschein in Böhmen, stammt die beachtenswerte Konstruktion eines elektrischen Motors mit „hin und her gehender Bewegung“. Die technische Ausführung dieses Motors geschah durch die Prager Mechanikerwerkstätte H. W. Grund. Abb. 16 zeigt den Egger Motor, der im Buch von Pfaundler [5] beschrieben ist.

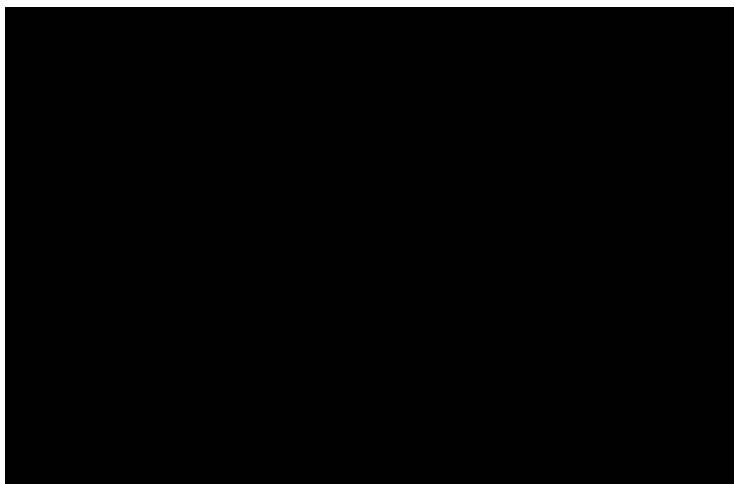


Abb. 16: Motor von Egger

Vier zweischenkelige starke Elektromagnete werden mittels eines Kommutators abwechselnd unter Strom gesetzt und ziehen damit die zugehörigen Anker an. Diese bringen über zwei Pleuelstangen das Schwungrad in Drehung. Von Prof. Rudolf Handmann S. J. wurde in den Wiener Sitzungsberichten der Österreichischen Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1875 (erschieden auch in der Zeitschrift für Angewandte Elektrizitätslehre, München 1879) ein ausführlicher Bericht zur Konstruktion des Egger Motors und zu dessen theoretischen Behandlung als auch zu den durchgeführten praktischen Versuchen veröffentlicht.

Als Stromquelle dienten bis zu 7 Bunsen-Elemente, die bei den Versuchen in verschiedenen Kombinationen in Serie oder parallel geschaltet werden konnten. Als interessant, aber aus heutiger Sicht bereits als kurios, kann dazu angemerkt werden, dass dabei die Stromstärke in „Cubikcentimeter Knallgas per Minute“ gemessen wurde. Die Messung der Stromstärke in Ampere war damals offenbar noch nicht in Gebrauch. Die Kraftleistung des Motors von Egger wurde mittels Hebeversuchen (Aufziehen eines Gewichtes über eine Rolle) und auch mit einem Bremsdynamometer (Pronyscher Zaun) durchgeführt. Als bester Wert wurde ein Nutzeffekt von ca 25% erreicht, wobei die mechanische Leistung des Motors bei etwa 0,01 PS („Pferdekraft“) betrug. Nach den Ausführungen von Prof. Handmann bedeutete dies im Ver-

gleich mit anderen damals bekannten Motoren einen 7-8 mal besseren Nutzeffekt.

Zusammenfassung

Der Streifzug führte durch die Frühgeschichte der elektrischen Motoren. Alle diese Motoren hatten noch kaum eine praktische Bedeutung. Ihre Konstruktion hatte im Vergleich zu den späteren Konstruktionen, nach der Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips im Jahre 1866, noch erhebliche Mängel. Dementsprechend war ihr Wirkungsgrad, gemessen an der Effektivität der Umsetzung der Leistung der elektrochemischen Stromquellen in Form galvanischer Elemente in die damit erzeugte mechanische Leistung sehr gering. Auch die beiden von den österreichischen Erfindern Kravogl und Egger S. J. konstruierten Motoren, obwohl dies nach dem Jahre 1866 geschah, blieben ohne Bedeutung. Erst mit der Dynamomaschine wurde eine geeignete Stromquelle geschaffen, die es erlaubte elektrische Motoren mit einem höheren Wirkungsgrad zu bauen. Dabei trug die Erkenntnis, dass jeder Dynamo auch als Motor betrieben werden kann, wesentlich bei. Neben dem Gleichstrom-Motor mit einem Kommutator hat der Wechselstrom-Motor mit Schleifringen ab der Jahrhundertwende Einzug in die Praxis gehalten. Dabei ist heute der Drehstrom-Motor in der Art des Kurzschluss-Läufers sicher die wichtigste Form des Wechselstrom-Motors. Die Konstruktion elektrischer Motoren erfolgt heute unter Einsatz hochentwickelter Modellierungs- und Fertigungsverfahren der Elektrotechnik und des Maschinenbaus.

Literatur

- [1] Georg Dettmar: Die Entwicklung der Starkstromtechnik in Deutschland. Band I bis 1890. ETZ_Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 1940
- [2] Otto Mahr: Die Entstehung der Dynamomaschine. In: Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik. Fünfter Band. Verlag Julius Springer, Berlin 1941.
- [3] Dr. Julius Dub: Die Anwendung des Elektromagnetismus mit besonderer Berücksichtigung der Telegraphie. IX. Abschnitt: Die Versuche zur Anwendung des Elektromagnetismus als Triebkraft. Verlag Julius Springer, Berlin 1863, S. 605- 645.
- [4] L. Pfaundler: Ueber die Mantelringmaschine von Kravogl und deren Verhältnis zur Construction verbesserter dynamoelektrischer Maschinen. Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereins in Wien, 1. Jahrgang, Wien 1863. S. 113- 115, S. 141- 145.
- [5] Müller-Pfaundler: Lehrbuch der Physik und Meteorologie. Dritter Band, Braunschweig 1881.
- [6] Prof. Rud. Handmann, S. J.: Bericht über den Egger'schen elektromagnetischen Motor. in: Zeitschrift für Angewandte Elektrizitätslehre, 1. Jahrgang, Band 1, München 1879, S. 52-60, 77-107.

Voller Energie bei den Science Days 2010

Impressionen anlässlich des 10. Science Festivals in Rust/Europapark bei Freiburg in Deutschland im Oktober 2010

Werner Rentzsch, Christian Mašin und Gerald Grois

Am 12. Oktober 2010 starteten wir um 4 Uhr früh vom stillen Wien zur Reise nach Rust/Deutschland. Der klare und freie Himmel und eine kleine zweimotorige Propellermaschine brachten uns gemütlich nach Basel. Angekommen in unserer Pension Silbermond gab es den traditionellen Plausch mit Frau Bosch. Wie in den vergangenen Jahren wurden wir gefragt, ob es bezüglich Experimentiermaterialien aus dem Supermarkt Wünsche gäbe und ob wir wie jedes Jahr den außergewöhnlichen Shuttle-Dienst zum Europapark in der Früh gebrauchen könnten.

Bald ging es auf das Festivalgelände, um unseren heurigen Standort zu besichtigen. Die Experimentalgeräte und viele Materialien hatte ein Logistikunternehmen schon Tage zuvor zu unseren langjährigen guten Freunden vom Science House gebracht. Joachim Lerch (der Cheforganisator), Svantje Schumann, Nicole Kronavetter und viele weitere Mitarbeiter halfen uns wie immer in wunderbarer Art und Weise. Unser Platz lag im riesigen Rundzelt. Unsere Nachbarn waren teils Großunternehmen aus der Mess- und Regeltechnik, teils Hochschulinstitute für Naturwissenschaften oder Pädagogik und das Bloomfield Science Museum aus Jerusalem.

Wir besorgten Tische und Bänke und organisierten den Hebebühnen-Techniker für die Anbringung des Seils für unseren Foto-Ring, den langjährig erprobten Blickfang. Nachdem die Anordnung der Experimentalplätze für unsere Besucher und unsere drei Bereiche bestmöglich arrangiert war, wurde das Vereinsbanner montiert. Dies stellte eine Herausforderung dar, die durch akrobatische Einlagen von Christian Mašin mit Seiltechnik und Kabelbindern bestens gelang. Danach errichtete er die ca. 4 m hohe Haltestange für einen Versuch zum Wasserhochblasen. Werner Rentzsch spannte akribisch und mit präziser Umsicht sein Trageseil für den Pendelversuch, der im Mittelpunkt des Standplatzes stattfand. Gerald Grois fand auch noch irgendwie dazwischen einen Platz für die Wäscheleine, die er für die Patzversuche unbedingt brauchte. Alles sah sehr zufriedenstellend aus, das Banner „schwebte“ hinter unseren Köpfen.

Science Days im Europapark Rust werden vom Förderverein Science und Technologie e.V. organisiert. Werner Rentzsch, Christian Mašin und Gerald Grois vertraten wiederholt auf Einladung der Organisatoren den Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts. Am 19.2.2011 haben sie zusammen mit Mag. Peter Pesek im Technischen Museum Wien in Rust erprobte Experimente vorgeführt.

Da der Abend nahte, suchten wir einen Platz in unserem geliebten Wohnzimmer, dem „Gasthof zum Ochsen“, nahe dem Festivalgelände. Als wären wir nicht ein Jahr, sondern erst einige Wochen weg gewesen, erlebten wir eine liebevolle Begrüßung und für die nächsten Tage fanden Tagesausklang sowie vorbereitende und reflektierende Betrachtungen des Tagesgeschehens in familiärer Atmosphäre statt – Energietanken bei Freunden.

Der nächste Tag verflog mit dem Aufbau der Experimente und der Suche nach dem besten Platz, schließlich wurden einige der ca. 22.000 Besucherinnen und Besucher sicher bei uns vorbeikommen. Christian Mašin hatte Versuche zum Thema Magnetismus, Hydrostatik und Wärmeenergie. Werner Rentzsch brachte Pendel und Kraftersparnis in ungewohnter Weise zu neuem Glanz. Selbstgemachtes durch Chemie boten die Stationen von Gerald Grois, sowie „home-made“ Windstrom, der eine LED zum Leuchten brachte, und ein klassischer Unterdruckspringbrunnen im Rundkolben.

Den Abschluss der Vorbereitungen bildete das Anbringen der Poster der Wien-Werbung als passenden Hintergrund.

Am nächsten Tag um 9 Uhr hörten wir erwartungsvoll das Signal zum Öffnen der Türen und tausende Schülerinnen und Schüler strömten herein. Unsere Erwartungen wurden übertroffen. Alle Stationen wurden begeistert angenommen. Die Kinder und Jugendlichen blieben lange und wiederholten die Experimente mehrmals mit Riesenfreude. Viele wählten unsere Versuche für ihre Präsentationen in den Schulen aus, fotografierten einander und freuten sich über die gelungenen Ergebnisse. Bis zum späten Nachmittag waren wir stets voll besetzt. Selbstverständlich hatten wir auch Sitzbänke bei den Versuchen, um den jungen Experimentatorinnen und Experimentatoren die entsprechende Ruhe und Muße zu bieten, was die Freude am gelungenen Experiment noch um ein Vielfaches steigerte.

Während der drei Festivaltage staunten die Kinder im linken Bereich unseres Standes über die Kraft und ungewöhnlichen Effekte der Mašinschen Magnet-Experimente, bearbeiteten das Bild, das ein altes TV-Gerät erzeugte, wo ein spannendes Pink-Floyd Video unermüdlich lief, entzündeten mit Cer-Eisen elegant in einer Holzschatulle Wäse und prüften, wie weit sie eine Wassersäule in einem dünnen Schlauch hochblasen konnten.



Ein Stand voll Überraschungen

In der Mitte unseres Standes befanden sich die Versuche von Werner Rentzsch im „Trau dich was“-Bereich. Hier staunten sie über die präzisen Schwingungen eines Pendels, die Mutigsten testeten die Genauigkeit eines Golfballs, der die Gesetze der Schwingungen bis wenige Millimeter vor ihre Nasenspitzen brachte. Und beim Nagel-Einschlagen und Abzwicken des Nagelkopfes mit einem Bolzenschneider wurden die richtigen Handgriffe zur Kraftersparnis geduldig ausprobiert. Besenstielflaschenzug und Reibungskräfte bei Schnüren und Tassen faszinierten ebenso.



Lass die Tasse fallen: Experiment mit der Schwerkraft

Auf der rechten Seite gab es Polyesterfäden aus Glycerin und Zitronensäure in allen Farben zum Selbermachen und

Mitnehmen, klassische Unterdruckphänomene mit buntem Wasser und selbstgefärbte Spaghetti, die mit Agar Agar „al dente“ hergestellt wurden, erfreuten die Freunde der „Patz“-Versuche. Die „Patzereien“ von Gerald Grois bildeten den traditionellen Ausgleich zur konzentrierten Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften.

So freuten wir uns sehr, dass die Experimente großen Spaß bereiteten und wir heuer ohne Ausnahme nur ganz liebe und interessierte Besucherinnen und Besucher hatten. Viele „Stammgäste“ kamen extra zu uns und freuten sich sehr über das Wiedersehen.

Am Donnerstag gab es ein festliches Abendessen im Hotel El Andaluz im Europapark, wo wir im „Rittersaal“ speisten. Wir bedankten uns bei Joachim Lerch für die langjährigen Einladungen unseres Vereins zu den Science Days, für die immer kompetente Unterstützung und tolle Freundschaft mit einer Sachertorte aus Wien, die mit farbigen Kerzen und ebensolchen Flammen unserer Begeisterung und dem großen Dank für die wunderbare Zeit den entsprechenden Ausdruck verlieh.

Wieder lernten wir faszinierende Persönlichkeiten, wie z.B. den Organisator des Science Festivals 2011 in Abu Dhabi kennen und plauderten noch lange über die Naturwissenschaften und die Welt.

Der Ausklang am Sonntag fand in der Baseler Papiermühle statt, einem interaktiven Museum über Papierherstellung und Buchdrucktechnik im Bleisatz in einem Fachwerkhaus.

Nach einem ziemlich turbulenten Rückflug nach Wien stiegen wir sehr froh aus der kleinen zweimotorigen Propellermaschine, tief beeindruckt von den faszinierenden und vielfältigen Impressionen von den zehnten Science Days in Rust bei Freiburg in Deutschland.

Internationale Wettbewerbe 2010

23rd International Young Physicists Tournament 2010



Das erfolgreiche österreichische Team erreichte beim 23. Internationalen Jungphysiker-Tournament IYPT 2010 in Wien den hervorragenden 2. Platz hinter Singapur und vor Neuseeland und Südkorea.

Damit konnte der Erfolg von 2009 wiederholt werden.

Die Teilnehmer waren:

Bernhard Zatloukal
Michael Scherbela
Johannes Tiefnig
Philipp Heise und
Martin Schnedlitz

mit den Teamleadern

Prof. Mag. Dieter Winkler und Angel Usunov

Goldenes Ehrenzeichen der Republik Österreich

Im Rahmen der Siegerehrung zur 29. Österreichischen Physikolympiade 2010 in Reutte erhielt

OStR Prof. Ing. Mag. Helmuth Mayr

aus der Hand von MR Havlicek das Goldene Ehrenzeichen der Republik Österreich für seine Verdienste um die Physikolympiade. **Herzliche Gratulation!**

41. Internationale Physik Olympiade 2010: 2x Silber, 1x Bronze

Bei der Internationalen Physikolympiade 2010 in Zagreb mit 367 Teilnehmern aus 82 Ländern erreichten **Michael Scherbela** (Bischöfl. Gymn. Graz) und **Andreas Theiler** (HTL-Weiz) **Silbermedaillen**, **Stephan Troyer** (BRG Mödling/Keimgasse) eine **Bronzemedaille**.

Einen ehrenvollen **4. Rang (Honorable Mention)** belegte **Philipp Heise** (BRG Linz/Auhof). **Lukas Rotkopf** (BGRG Wels/Wallererstraße) verfehlte die Honorable Mention um nur 0,05 Punkte! Das Team wurde betreut von **Prof. Ing. Mag. Helmuth Mayr** und **Prof. Mag. Engelbert Stütz**. **Gratulation zu dieser beachtlichen Leistung.**

42. Internationale Chemie Olympiade 2010: 1x Gold, 1x Silber, 2x Bronze

Bei der Internationalen Chemie-Olympiade in Tokio 2010 mit 267 Schüler aus 68 Ländern konnte der 18-jährige **Robert Pollice** (Privatgymn. Sachsenbrunn in Kirchberg / Wechsel) – wie schon im Jahr 2009 – eine **Goldmedaille** erringen. Alle vier österreichischen Teilnehmer konnten Medaillen erringen. Mit 94,6 Punkten erreichte **Robert Pollice** den

4. Platz hinter Schülern aus China, Russland und Südkorea. **Sebastian Gogg** vom Ursulinen-Gymnasium in Graz konnte sich über eine **Silbermedaille** freuen. **Johannes Hellwagner** von BG/BRG Klagenfurt und **Konstantin Krautgasser** von der HTL Villach erreichten jeweils eine **Bronzemedaille**. **Dr. Manfred Kerschbaumer** und **Dr. Lisbeth Berner** betreuten das Team. **Wir gratulieren!**



Auszeichnung von Fachbereichsarbeiten aus Physik durch die ÖPG in Salzburg, September 2010.
Mag. Katrin Graf, Mag. Eva Kasparovsky, Univ.-Prof. Dr. Gornik, Markus Kunesch, Mag. Hofbauer, S. Schnaubelt, Mag. Andrea Mayer,
Andreas Kretschmer, Univ.-Prof. Dr. Mathelitsch

Fachbereichsarbeiten Physik – Prämierung

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft zeichnet seit 1994 physikalische Fachbereichsarbeiten aus. 14 Arbeiten wurden eingereicht. Nach Entscheidung einer Jury wurden drei Arbeiten prämiert, die auch die Vielfalt der Einreichungen widerspiegeln.

Preisträger:

Neues Licht

Andreas Hakon Kretschmer BG/BRG Rosasgasse Wien
Betreuung: Mag. Andrea Mayer

Tic-tac. A mathematical treatise on the acceleration of a skateboard from rest without external support

Markus Kunesch Akademisches Gymnasium Wien
Betreuung: Mag. Katrin Graf

Der gläserne Mensch. Bildgebende Verfahren in der Medizin am Beispiel der Sonographie

Sebastian Schnaubelt BG/BRG Horn
Betreuung: Mag. Hans Hofbauer

Einen Sonderpreis stiftete das „Hans Höllwart Forschungszentrum für integrales Bauwesen“ für:

Lichtverschmutzung. Die dunkle Seite des Lichts

Adrian Ruckhofer HIB Liebenau, Graz
Betreuung: Mag. Christine Fest

Die Auszeichnung erfolgte im Rahmen der Jahrestagung 2010 der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft in Salzburg.

Weitere Einreichungen:

Der Kosmos. Seine Entwicklung und die kosmischen Objekte

Matthias Ebert BG/BRG Wenzgasse Wien
Betreuung: Mag. Martin Burian

Optische Teleskope. Die Augen der Menschheit – eine Übersicht

Florian Jandl Gymnasium der Diözese Eisenstadt
Betreuung: Mag. Andrea Stipsits

Aktuelle Neutrinoforschung, speziell deren Nachweis in modernen Großforschungsprojekten

Eva Kilian BG/BRG 23 Wien
Betreuung: Mag. Robert Pitzl-Reinbacher

Elektrotransportwagen. Konkurrenz für Ferrari und Co?

Sarah Krainer BG/BRG Leibnitz
Betreuung: Mag. Hermann Scherz

Arten der Materie im Weltall

Marko Mayr Musikgymnasium Wien
Betreuung: OStR Mag. Inge Török

Ionizing Radiation in Medicine

Tessa Müller BG GIBS Graz
Betreuung: DI Mag. Helmut Lambauer

Carnot-Prozess. Theorie und Gegenüberstellung mit anderen Vergleichsprozessen

Elisabeth Renner BG/BRG Wenzgasse Wien
Betreuung: Mag. Klaus Galik

Moderne Leuchtmittel im Vergleich

Michael Schweifer BRG Eisenstadt
Betreuung: Mag. Paul Fraller

Supraleitung. Ein Phänomen mit Zukunft

Jasmin Stoff Akademisches Gymnasium Graz
Betreuung: Mag. Gerhard Kapper

Stand der Technik von Elektroautos

Sandra Zlabinger BG Amstetten
Betreuung: Mag. Helmut Achleitner

Bücher

Klassische Mechanik

Vom Weitsprung zum
Marsflug

Rainer Müller

2. überarb. und erw. Aufl., 488 S.,
188 farb. Abb., Broschur. 2010
Reihe: De Gruyter Studium.
ISBN 978-3-11-025002-2
€ 39,95.

Rainer Müller, Physikdidaktiker an der TU Braunschweig, hat ein Buch der anderen Art geschrieben. Für so manch einen ist Mechanik das trockenste Gebiet der Physik, und dieses Vorurteil widerlegt Müller kräftigst.

In diesem für Studienanfänger gedachten einführenden Kurs zur Newtonschen Mechanik steht die Anwendung der Newtonschen Bewegungsgesetze im Vordergrund: Sport, Verkehr, Ballet, Weltraumflug und schließlich Fahrten auf Achterbahnen (im letzten Kapitel „Zwangskräfte“) erfüllen die in der klassischen Reihenfolge eingeführten Konzepte mit Leben. Große Aufmerksamkeit wird den Stolpersteinen gewidmet, die Lernenden regelmäßig Schwierigkeiten bringen. Daher wird dem Abgrenzen des „Systems“ zu Recht viel Aufmerksamkeit geschenkt, ebenso den Scheinkräften. Die Extremalprinzipien und Formalismen (Lagrange und Hamilton) der theoretischen Physik werden nicht erwähnt.

Eine starke Kontextorientierung erfordert zahlreiche Beispiele. Sie sind allesamt ausführlich erklärt und vorgerechnet und so gewählt, dass die Motivation, dem Autor zu folgen, nicht schwindet. Wer wüsste nicht gerne, was den Nervenkitzel am Rummelplatz hervorruft? Wie ein Fallschirmsprung aus der Stratosphäre analysiert werden kann? Verdienstvollerweise wird auch der Frage nach der Muskelaktivität nachgegangen – der molekulare Mechanismus der Kräfte zwischen den Muskelfasern wird erklärt und damit wird Koffertragen als anstrengend anerkannt.

Reine Übungsaufgaben zum mechanischen Üben sind nicht vorhanden, doch lebt der Text von ausgearbeiteten Beispielen. Das mathematische Niveau ist den Beispielen angemessen – gelegentlich wird eine Bewegungsgleichung integriert. Denn wichtiger als das Rechnen ist das Verstehen: Welche Kräfte greifen wo an? Wo sind die Systemgrenzen? Wie geht man mit beschleunigten Bezugssystemen um?

Neben der Zielgruppe, hauptsächlich Technik- und Lehramts-Studierende, sollte dieses Buch auch für Lehrkräfte und Olympiadeteilnehmer viele gute Anregungen bieten. Der Nutzen dieses Buches liegt hier in der Fülle interessanter Anwendungen und vor allem in der stets sauberen Analyse der physikalischen Situationen.

Helmut Kühnelt

Elemente der theoretischen Physik

Band 1: Klassische
Mechanik und Spezielle
Relativitätstheorie

Franz Embacher

1. Aufl., 350 S., Abb., broschur.
Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
ISBN 978-3-8348-0920-9, € 29,95

Als Einführung für das Lehramts- und Bachelorstudium ist das vorliegende Buch konzipiert. Damit ist schon klar gestellt, dass heutige Kurse knapp sein müssen und nicht ausufern dürfen, wenn sie Bologna verträglich sein sollen. Das gelingt dem Autor. So geht die Reise auf den ersten 160 Seiten von Newton bis Hamilton, auf weiteren 70 Seiten durch die relativistische Mechanik. Daran schließen sich – verdienstvoller Weise – Tipps und Lösungen zu ausgewählten Übungsaufgaben, sowie ein kurzer mathematischer Anhang der wichtigsten Hilfsmittel. In den behandelten Themen entsprechen die Elemente dem Standard vieler Einführungen in die theoretische Mechanik.

Immer wieder spricht Embacher die Leser direkt an, macht auf Schwierigkeiten aufmerksam, gibt Hintergrundinformationen. Die Rechenfertigkeit tritt hinter dem Ziel, die grundlegenden Begriffe zu verstehen, erkennbar zurück. Dies sowie der vergleichsweise günstige Preis könnte für Studierende ein Argument sein, zu diesem Buch zu greifen. Auf die Folgebände – zunächst Quantentheorie – darf man gespannt sein.

Helmut Kühnelt

100 große Sprünge

Die bedeutendsten Entdeckungen und Erfindungen
der Menschheit

Peter Macinnis

Aus d. Engl. v. B. Gerl, B. Jarosch
u. P. Wittmann. 1. Aufl., 2010.
xii + 287 S. m. zahlr. meist farb.
Abb. Heidelberg: Spektrum
Akademischer Verlag. ISBN-13:
978-3-8274-2488-4, € 30,79.

In der Geschichte der Menschheit haben großartige Entdeckungen und Erfindungen immer wieder zu bemerkenswerten Sprüngen in unserem Verständnis der Funktionsweise des Universums geführt und den menschlichen Fortschritt beschleunigt. 100 große Sprünge präsentiert die be-

deutendsten Durchbrüche in Wissenschaft und Technik, Medizin und den übrigen Feldern menschlichen Strebens, seit unsere Vorfahren erstmals lernten, mit Feuer umzugehen. Die Bandbreite der Themen in diesem Buch erstreckt sich von der Entwicklung der Landwirtschaft vor etwa 10.000 Jahren über die Entdeckung der Metalle, die Erfindung der Schrift, die Bestimmung von Form und Größe der Erde, ... die Entdeckung der Hormone, die Entdeckung der ersten Planeten außerhalb des Sonnensystems bis zur modernen Genomforschung mit ihren bahnbrechenden Techniken zur Entschlüsselung und gezielten Manipulation von Genen in Lebewesen. Bei der Schilderung all dieser Entdeckungen und Erfindungen erzählt das Buch auch die Geschichten der oft erstaunlichen Männer und Frauen dahinter und macht komplexe Konzepte leicht verständlich.

Dieses Versprechen des Klappentextes löst der Autor Peter Macinnis bestens ein. Er ist Biologe, Museumspädagoge, Volksbildner und Verfasser populärwissenschaftlicher Bücher. Das Buch zeigt die ungeheure Entwicklung menschlicher Technikkunst und des Verstehens des Aufbaus der Natur. In kurzen Vignetten, etwa über die Erfindung des Buchdrucks und die dadurch verursachte Wissensverbreitung, wird man angeregt, über Parallelitäten zwischen dem Gestern und dem Heute nachzudenken.

Das Buch ist angenehm gestaltet und lädt zum Schmökern ein. Lehrkräfte können hier Anregungen und Querbezüge, sowie Anekdoten über Forscher finden. Jugendliche können durch den Blick auf sehr frühe und auf heutige Entdeckungen Optimismus für die Zukunft tanken.

Helmut Kühnelt



Sonne, Mond und Sterne ...

**Franz Kerschbaum,
Franz Simbürger**

80 Seiten, 19 farb. Abb.,

1. Aufl., 2010

Seifert Verlag Wien

ISBN 978-3-902406-81-1

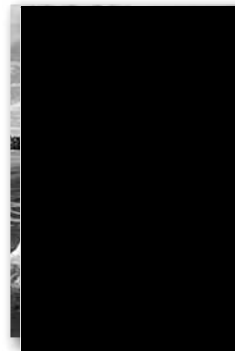
€ 10,90

Viele Fragen, leichte und weniger leichte, werden an Astronomen gestellt. Das Jahr der Astronomie 2009 bot Gelegenheit, im Rundfunk unter „Wissen aktuell“ (Ö1) kurze Antworten auf die häufigsten Fragen zu geben. Insgesamt 52 kosmische Antworten, keine länger als eine großzügig gestaltete A5 Seite, betreffen Fragen nach dem Alter des Universums, extrasolaren Planeten und wie man sie findet, nach der Leistungsfähigkeit von Galileos Teleskopen und modernen Riesenteleskopen, usw. Unterstützt werden die kurzen Texte von eindrucksvollen NASA-, ESA- und ESO-Bildern.

Für Lehrkräfte empfehlenswert ist dieses Büchlein, wenn sie Kurzantworten auf häufig gestellte Schülerfragen suchen. Was aber bei einer Sendereihe mit 1-Minutenhappen

nicht mitgegeben werden kann, nämlich die etwas längere Antwort, in der mehr Begründungen und vielleicht das „Wenn und Aber“, das vielfach doch Hypothetische der Antworten, dargestellt werden, fehlt leider auch in dem Bändchen. Aber dies ist heute kein Problem – haben doch viele Schülerinnen und Schüler ausreichend Rechercheerfahrung im Internet, so dass die Hinweise auf tiefer gehende Antworten zwar vermisst werden, aber dafür Ansporn für eigene Nachforschungen bilden können.

Helmut Kühnelt



Klima – Der Weltuntergang findet nicht statt

Gerd Ganteför

1. Aufl., xi + 289 Seiten

105 Abb., Hardcover,

Wiley-VCH, Weinheim 2010

ISBN-10: 3-527-32671-5. € 25,60

Der Autor ist Professor für Experimentalphysik/ Nanowissenschaften an der Universität Konstanz und Research Professor an der Johns Hopkins University, Baltimore, USA. Neben seinem Einsatz in Forschung und Lehre ist er auch ein beehrter Referent für ein allgemeines Publikum. Das Buch entstand aus Vorlesungen für Studierende mit dem Ziel, einen Einblick in die Themen Energie, Klima und Bevölkerungswachstum zu geben. Wie der Titel andeutet, wird versucht, vom Katastrophendenken, das die öffentliche Diskussion stark prägt, weg zu kommen. Dabei hat er weder Absicht noch Anlass, das Faktum der Erwärmung anzuzweifeln. Die anthropogene CO₂-Zunahme in der Erdatmosphäre ist ein Faktum. Als nüchterner Physiker analysiert er die Ursachen und sucht nach Alternativen zur CO₂-dominierten Energiebereitstellung.

Eine gewaltiges Problem ist das Bevölkerungswachstum in den weniger entwickelten Gebieten der Erde. Als Beispiel führt er an, dass derzeit die Bevölkerung von Bangladesh jährlich um 2% wächst und daher in diesem überbevölkerten Land (etwa 1000 Einwohner pro km²!) in 10 Jahren den Menschen 20% weniger Platz zur Verfügung stünde – derselbe Effekt wie bei einem prognostizierten Anstieg des Meeresspiegels um 1 m in 100 Jahren. Als Voraussetzung für eine Stabilisierung der Erdbevölkerung sieht Ganteför die Hebung des Lebensstandards jenes Drittels der Menschheit (d.h. von 2,4 Mrd. Einwohnern) an, die in Ländern mit einem niedrigen Bruttoinlandsprodukt (unter 1500\$ pro Kopf) lebt. Dies erfordert jedoch die Verfügbarkeit von billiger Energie. Und damit wird klar, dass der Einsatz von Kohle, Erdöl und Erdgas nicht geringer werden wird, solange sie zur Verfügung stehen.

Wie steht es mit regenerativen Energien? Da kommt die Sonnenenergie bei Ganteför schlecht weg – zu geringer Wirkungsgrad und zu teuer. Wind, Wasser und Geothermie sind wirtschaftlich, aber für Wind- und Wasserkraftwerke werden große Flächen gebraucht.

Dem Klima in der fernen und nahen Vergangenheit und möglichen Folgen der Erwärmung geht Ganteför in zwei abschließenden Kapiteln nach. Selbst in der kurzen Spanne des Auftretens von Homo sapiens hat sich das Klima geändert und es wird es auch weiter tun. Verzögert die Menschheit die nächste Eiszeit durch Aufheizen der Atmosphäre?

Die Konsequenzen fasst der Autor in 3 Thesen zusammen.

1. Um die Erde bewohnbar zu erhalten, ist die Hebung des Lebensstandards in den wenig entwickelten Ländern dringend. Erreichbar ist dies nur durch bezahlbare Energie, und diese ist nur durch Kohle- und Kernkraftwerke zu erhalten.
 2. Die Klimaerwärmung ist weder zu stoppen noch ist sie so katastrophal, wie sie oft ausgemalt wird. Das Klima hat sich auch in geschichtlicher Zeit stark verändert.
 3. Global wirksamer Umweltschutz ist am ehesten zu erreichen durch emissionsarme Kohlekraftwerke, moderne Kernenergie, Windenergie, Geothermie und Kernfusion.
- Dabei weist er auf einige unbequeme Wahrheiten hin, z.B. plant China massiv den Einstieg in die Kernenergie und versucht zusätzlich, den steigenden Energiebedarf mit Kohlekraftwerken zu decken – allein 2006 gingen etwa 170 chinesische Kohlekraftwerke ans Netz. Unterstützung zur Entwicklung effizienter Kraftwerke würde nach Ansicht des Autors mehr für den Umweltschutz bringen als wohl gemeinte Sparaktionen in Europa wie die Ächtung der Glühlampe.

Ganteför ist kein „Klimaskeptiker“, sondern ein Kritiker der Klimahysterie, die mit untauglichen Mitteln eine Erwärmung verhindern will, mit deren unausweichlichen Folgen wir uns rational und wirksam aus einander setzen sollten. Sehr zu begrüßen ist das umfangreiche Quellenverzeichnis mit Internetadressen. Die Abschätzungen sind auf Grund der angegebenen Daten leicht nachvollziehbar. Eingeschobene „kleine Geschichten“ lockern den Text auf, provozieren und fordern zur Meinungsbildung heraus.

Helmut Kühnelt

Chemie über den Wolken ... und darunter

Reinhard Zellner, GDCh (Hrsg.)

1. Aufl. 2011, 237 S., zahlr. Abb.,
Format 22x28 cm
geb., Wiley-VCH Verlag
ISBN 978-3627-32651-8
EUR 29,90(D).

Das Internationale Jahr der Chemie 2011 war der Anlass, ein Themenheft aus Chemie in unserer Zeit zu aktualisieren. Daraus wurde unter Mitarbeit von 50 Experten ein umfangreiches Buch zur Chemie der Atmosphäre. Vielfältig sind die Themen der Großkapitel: Atmosphäre, Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Luftschadstoffe, Feinstaub, Wasser, Gletscher und Meereis, OH-Radikale als Waschmittel der Atmosphäre, Spurenstoffe aus Satellitenperspektive, FCKW und Ozon, POPs, REACH und Umwelt. Das Buch richtet sich an den in-

teressierten und chemisch vorgebildeten Bürger und führt ein komplexes Gebiet in gelungenen Überblicken vor. Eindrucksvoll erfährt man, wie viele Faktoren in jedem Teilbereich des Systems Atmosphäre zusammenwirken. Der Bogen spannt sich vom Klimawandel bis zum Pflanzenschutz. Besonders deutlich wird die Rolle der Satellitenfernerkundung. Der Text wird durch eindrucksvolle Grafiken sowie durch schöne Photos unterstützt.

Helmut Kühnelt



Göttliche Geistesblitze

– Pfarrer und Priester als
Erfinder und Entdecker

Eckart Roloff

1. Auflage, xx + 337 Seiten
39 Abb., Hardcover. 2010
Wiley-VCH, Weinheim
ISBN: 3-527-32578-6, € 24,90

Auch wenn es nicht einsichtig ist, warum unter Geistlichen, katholischen wie protestantischen, nicht auch Naturforscher und Erfinder zu finden sein sollen, ist es doch interessant, speziell Biografien von bekannten und weniger bekannten geistlichen Herren zu lesen. Denn um Herren geht es fast ausschließlich, wenn wir von Hildegard von Bingen absehen, der knapp zwei Seiten gewidmet sind.

Der Bogen wird gespannt von dem historisch nicht greifbaren Franziskaner Bertold Schwarz, dem Erfinder des Schießpulvers, zu August Musger, dem Grazer Kaplan, der die Zeitlupe erfand. Er berührt interessante Persönlichkeiten wie Johann Adam Schall von Bell, der als Jesuit aus dem Rheinland fast 50 Jahre in China lebte und am Hof zu Peking als Astronom und Ratgeber des Kaisers wirkte. Michael Stiefel war von 1524 bis 1527 der erste evangelische Pfarrer in Österreich, ein Mathematiker und Zahlenmystiker, auf den das Wurzelzeichen als stilisiertes „r“ für „radix“ zurückgeht. Wer weiß schon, dass die Waschmaschine von einem protestantischen Pfarrer in Regensburg, Jacob Christian Schäffer, im Jahr 1767 erfunden wurde – aus „wahrer Menschenliebe“ – und diese auch ein Verkaufsschlager wurde und dass derselbe Prediger Schäffer auch die Papierherstellung aus Holzfasern erfand.

So sind etwa 25 Lebensläufe, soweit sie rekonstruierbar waren, dargestellt. Sie werden ergänzt durch Anregungen, sich auf die Spurensuche zu begeben, die Gelehrten – hauptsächlich aus Deutschland – in Straßennamen und Gedenktafeln wieder zu finden. Wenig Aufmerksamkeit wird nicht-deutschsprachigen Amtsbrüdern gewidmet: Die Schwierigkeiten von Amateuren sieht man in der Person des Brasilianers Landell de Moura, der um 1900 zu den weniger erfolgreichen Pionieren der Funktechnik gehörte und heute eine kleine Fan-Gemeinde hat.

Das Buch wird zwar Physikhistorikern nicht viel Neues bieten, aber die sorgfältige Aufbereitung von Lebensläufen erweitert den Kenntnisstand historisch interessierter Menschen – jung und alt.

Helmut Kühnelt