

**PHYSIKUNTERRICHT ALS
MODERIERTER DIALOG
EINE EINFÜHRUNG IN DIESE METHODE
FÜR INTERESSIERTE LEHRERINNEN
UND LEHRER**

**Klaus Albrecht
Reithmannngymnasium Innsbruck**

Innsbruck, Juli 2004

Abstract

Eine mehrjährige Untersuchungsreihe erlaubte mir die Auswirkungen verschiedener Unterrichtsformen im Physikunterricht einer AHS Oberstufe zu untersuchen. Ein Unterrichtsaufbau, der meine Erwartungen am besten abdecken konnte, ist eine Synthese aus Frontalunterricht und Gruppenarbeit an offenen Problemstellungen. Eine atypische Zielvorgabe für diesen Unterricht ist die individuelle Betreuung einzelner Schüler. Ebenso ist es mir ein Anliegen, die Leistungsbeurteilung nicht mit dem Arbeitsprozess an den offenen Problemstellungen zu verstricken. Der „Frontalanteil“ der Unterrichtsstunde erfüllt zwei wesentliche Aufgaben: 1) Fachwissen als Referenzgrundlage wird für die gesamte Klasse verfügbar. 2) Die grundlegende Motivierung der Schüler kann effizient vorbereitet werden. Der Gruppenunterrichtsanteil der Physikstunde deckt insbesondere den Bedarf an selbständigen Arbeiten der Schüler ab und ermöglicht eine individuelle Betreuung. Es zeigte sich, dass die Schüler in das selbständige Arbeiten schrittweise eingeführt werden müssen.

EINLEITUNG

Schon zu Beginn möchte ich falsche Erwartungen ausräumen. Ich denke es ist nicht möglich eine Unterrichtsmethode von einem Lehrer¹ zu übernehmen, ohne die Methode durch persönliche Adaptionen an die eigene Situation anzupassen. In der Physik ist man zu diesem Thema anderes gewohnt: Es ist geradezu ein Wesenszug naturwissenschaftlicher Arbeit, dass ein Experiment in der Physik unabhängig vom Experimentator wiederholt werden kann. Empirisch erarbeitete Unterrichtskonzepte – wie zum Beispiel die hier besprochene Methode des moderierten Dialogs im Physikunterricht – sind stark an die Lehrperson gekoppelt. Neben der Lehrerpersönlichkeit gibt es noch eine Reihe weiterer Abhängigkeiten, die einen Transfer von Unterrichtsmethoden beeinflussen. Der Schultyp kann einen Einfluss haben (Anmerkung: ich selbst verwende diese Methode in der Oberstufe einer AHS – dort allerdings im naturwissenschaftlichen Zweig und im „Sprachzweig“). Ein weiterer wesentlicher Faktor für den Erfolg ist der „Schülertyp“. Auch in meinem Unterricht kann ich nicht behaupten, dass ich mit dieser Methode jeden Schüler erreiche. Aber ich erreiche heute mehr Schüler als vor 5 Jahren. Die Methode ist dementsprechend „breit“, um verschiedene „Schülertypen“ anzusprechen. Ein simpler Kopiermechanismus einer Unterrichtsmethode wäre dennoch zum Scheitern verurteilt, wie der naive Versuche, durch eine Finnlandreise die PISA Ergebnisse² Österreichs auf dem naturwissenschaftlichen Sektor durch Lokalaugenschein und anschließendem Import bei der nächsten Generalinspektion - PISA 2006 - auf den finnischen Schnitt anzuheben.

Die Unterrichtsmethode wurde von mir in den letzten beiden Schuljahren (2002/ 03 und 2003 / 04) weiter modifiziert und erprobt. Im ersten Kapitel eröffne ich dem Leser meinen persönlichen Zugang zur Thematik. Vor diesem Hintergrund kann ich den Leser zur zentralen Frage, die ich mir in den letzten Jahren in Zusammenhang mit dem Physikunterricht gestellt habe, leiten. Im zweiten Kapitel werde ich diese Fragestellung beantworten. Im dritten Kapitel werde ich die Schnittstellen dieser Arbeit mit der gegenwärtigen Bildungspolitik herausarbeiten. Im vierten Kapitel gebe ich dem interessierten Lehrer Arbeitsmaterial, um die Methode im eigenen Unterricht

1 Im Text nicht näher spezifizierte Personen erscheinen als ‚männliche Subjekte‘ (Lehrer, Schüler, ...), wobei natürlich nie eine Beschränkung auf ein bestimmtes Geschlecht beabsichtigt ist. Der Einfachheit dienlich schreibe ich zum Beispiel stets ‚Lehrer‘ – sinngemäß sind diese Personen selbstverständlich als ‚Lehrerinnen und Lehrer‘ zu lesen.

2 Ergebnisse des OECD Programms für internationale Schülerleistungsevaluierung (Program for International Student Assessment) findet man unter der Internetadresse von PISA <http://www.pisa.oecd.org/>

auszuprobieren. Im fünften und letzten Kapitel haben die Schüler das Wort und beschreiben den Unterricht aus ihrer Perspektive.

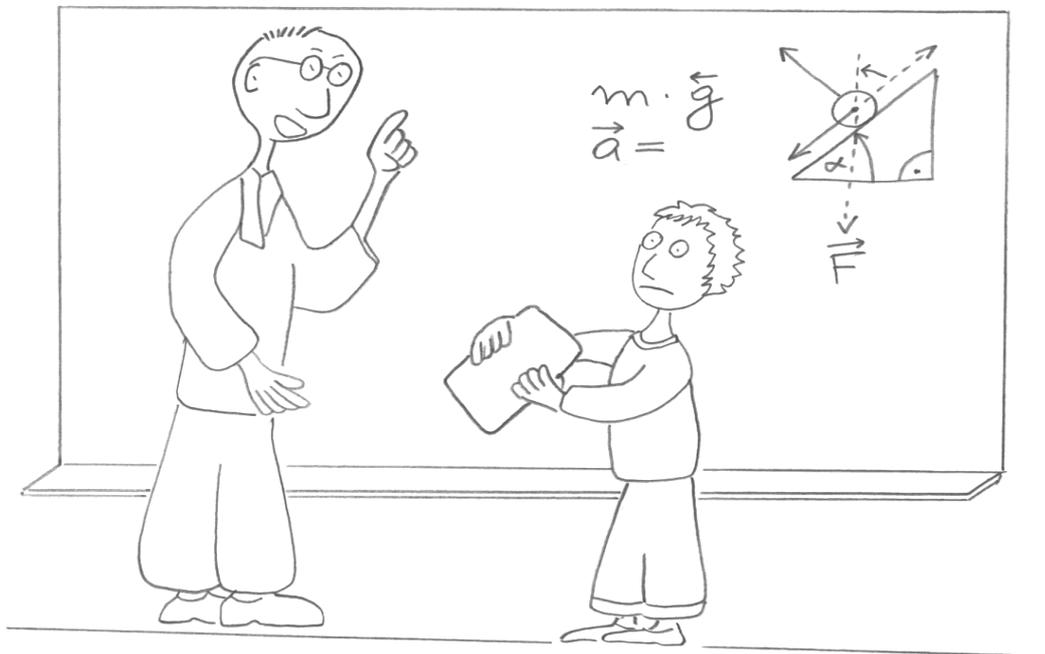
Gliederung der Arbeit:

1. Kapitel: Persönlicher Zugang zur Fachdidaktik Physik
2. Kapitel: Die (vorläufige) Lösung der zentralen Problematik meines Unterrichts
3. Kapitel: Schnittstellen zur gegenwärtigen Bildungspolitik (in Österreich)
4. Kapitel: Arbeitsmaterial
5. Kapitel: Schülerberichte

KAPITEL 1: MEIN ZUGANG ZUR FACHDIDAKTIK PHYSIK

Der Schwerpunkt meiner Ausbildung liegt in der Naturwissenschaft. Ich besuchte die HTL für Nachrichtentechnik und entschied mich später für ein Lehramtsstudium Physik und Mathematik. Während der Studiumszeit kam mir die pädagogische Ausbildung äußerst suspekt vor. Das „Nachspielen“ von Unterrichtsstunden vor Mitstudenten war mit meiner Schulerfahrung und den erlebten Unterrichtsstunden in der HTL nicht in Einklang zu bringen. Die Minimierung der Vorlesungen auf der geisteswissenschaftlichen Fakultät erlaubte mir den Besuch von zusätzlichen Vorlesungen und Prüfungen für das Diplomstudium Physik. Auch die Diplomarbeit verfasste ich schließlich auf der Experimentalphysik. Erst das Berufsleben als Lehrer vermochte meinen Blickwinkel zu erweitern. Das Interesse an Fragestellungen der Didaktik stellte sich für mich erst ein, als diese Thematik durch die Berufsausübung sprunghaft an Relevanz gewann.

Offensichtlich hatte nicht nur ich dieses Relevanzproblem, sondern auch einige meiner Schüler: Für ein paar Schüler ist die Physik naturgemäß interessant. Für andere Schüler ergibt die Funktionalität der Physik keinen Sinn. Neun Jahre Unterricht lehrten mich, dass die interessierten Schüler eine deutliche Minderheit darstellen. Meiner Einsicht nach sind nicht mehr als 10% der Schüler einer Klasse von vornherein an der Physik interessiert. Man könnte annehmen, dass die Anzahl der naturwissenschaftlich interessierten Schüler mit dem besuchten Schulzweig korreliert. Alle Klassen, die ich bisher unterrichtet habe, lehrten mich eines Besseren: Ich hatte noch nie eine Klasse aus dem Naturwissenschaftszweig, deren Population an Physikinteressierten deutlich die 10% Schranke überschritten hätte. Auch hatte ich keine Klasse aus dem „Sprachenzweig“, in der nicht zwei oder drei Schüler ein Interesse an Themen der Physik in den Unterricht mitgebracht hätten. In diesem Zusammenhang finde ich es anregend, wenn ein Fachkollege abschätzt, dass in seinen Stunden sicherlich zwei Drittel der Schüler den Unterricht aufmerksam verfolgen. Ich musste mich erst (an meine eigene Schulzeit) erinnern, dass Aufmerksamkeit in der Unterrichtsstunde und Interesse zwei unabhängige Parameter darstellen.



Mechanik wird für dich später im Leber sehr wichtig werden, denn wir schreiben in fünf Wochen einen Test!

Die geringe Relevanz der Physik für viele Schüler ist für sich schon eine interessante Angelegenheit. Man könnte annehmen, dass die vielfältigen Schnittstellen der Physik mit der Erfahrungswelt der Schüler einerseits und die Präsenz vieler naturwissenschaftlichen Themen in den Tagesnachrichten andererseits ein „natürliches“ Grundinteresse an der Physik hervorrufen müssten. Es erscheint mir, als wären viele Schüler der Oberstufe aufgrund ihrer früheren Schulerfahrung zur Ansicht gelangt, dass die Physik nicht wirklich mit ihrer Erfahrungswelt in Verbindung zu bringen ist. Diese Diskrepanz ist möglicherweise durch die Arbeitsweise der Physik erklärbar: So ist man es in der Physik gewohnt, vom Einfachen zum Komplexen hin zu arbeiten. Die Einfachheit ist aber nur unter dem Preis von Vereinfachungen zu erlangen. Der naturwissenschaftlich interessierte Praktiker wird sich nur widerwillig durch dieses Wunderland der Idealisierungen führen lassen. Sehen wir uns diese Behauptung an einem Beispiel an: Erarbeitet man sich ein brauchbares Gasmodell so ist man gezwungen, das eine oder andere außer Acht zu lassen. Vielleicht beginnt man mit zwei Teilchen, die sich in einem Behälter befinden und deren Bewegung nur durch Kollisionen miteinander oder mit der Wand beeinflussbar sind. Vermutlich wird man alle Zusammenstöße als elastische Stöße behandeln. Später wird man annehmen, dass sich die Teilchen aufgrund einer gedachten Ladung abstoßen. Und um die Wechselwirkung noch „realistischer“ zu modellieren, verbindet man die Teilchen mit Federn. Später wird man die elastischen Stöße mit der Gefäßwand durch inelastische Stöße ersetzen. Ein Schüler, der an schnellen Antworten interessiert ist, wird nicht den notwendigen langen Atem für diese wertvollen Abstraktionen und Modellierungen aufbringen. Möglicherweise sind viele Schüler nicht von der Notwendigkeit dieser Vereinfachungen überzeugt und wollen stattdessen einfache Antworten auf durchaus komplexe Fragen. Hier prallen

Gegensätze frontal aufeinander: Die Physik beginnt häufig mit der Vereinfachung von komplexen Aufgaben. Bei einfachen Rezepten für komplexe Aufgaben erfährt jede sinnvolle Beschäftigung mit der Physik ein abruptes Ende. Diese Polarität kann man für die Entwicklung eines Unterrichtmodells zu Grunde legen: Sich an jenen Schülern zu orientieren, die einsichtig lernen wollen, stellt keine Herausforderung dar. Die „Rezeptlerner“ mit in das Boot zu nehmen aber umso mehr! Setzt man voraus, dass sich die Positionen von Lehrer und „Rezeptlerner“ maßgeblich unterscheiden, so erkennt man zwei prinzipielle Lösungswege. Erstens: Der Lehrer hält standhaft seine Position und versucht den Rezeptlerner zu missionieren. In diesem Fall muss der Lehrer einen erheblichen Anteil der Unterrichtszeit für die Motivierung und „Bekehrungsarbeit“ der Rezeptlerner aufbringen. Zweitens: Der Lehrer gibt seine Stellung auf und resigniert. In diesem Fall geht der Lehrer eine Symbiose mit den Rezeptlernern ein und Lehrer und Schüler einigen sich auf Lernsätze, die „zu können sind“. Das Nachsprechen von bekannten Antworten ist die Freikarte für den Lernwilligen.

Man darf bei dieser Diskussion auch nicht das Alter der Schüler vergessen. Ich gehe bei meinen Überlegungen stets von Oberstufenschülern aus, das heißt die jüngeren Schüler sind rund 14 Jahre und die älteren Schüler rund 18 Jahre alt. Für das „junge“ Ende dieses Schülerspektrums (Schüler zwischen 14 und 16 Jahren) ist die Disziplinierungsfrage nicht gerade nebensächlich. Hier kann die zweite Lösungsvariante (der Lehrer resigniert und einigt sich mit den Schülern auf einen Fragenkatalog) durchaus erfolgsversprechend eingesetzt werden. Der sanktionierte Fragenkatalog des Lehrers bildet den Rahmen für das klassische „Reiz – Reaktion – Lernen“: Der Lehrer prüft die Schüler aus. Geprüft wird das, was zu lernen war. Wer erinnert sich nicht daran, wie leise es in einem Klassenzimmer werden kann, wenn der Lehrer sein kleines, rotes Notenbuch aus der Sakkotasche hervorholt und Seite für Seite gemächlich umblättert – auf der Suche nach einem geeigneten Prüfling. Jäh wird diese Stille unterbrochen: Lehrer: „Meier, wie lautet der erste Hauptsatz der Thermodynamik?“ Die gewünschte Antwort ist starr an einen offiziell gültigen Merksatz gekoppelt - oft wird die richtige Antwort nur durch einzelne Wörter und Formeln transportiert. Mit dem Verschwinden des letzten Restes des fachdidaktischen Gewissens eröffnen sich dem Lehrer neue Wege zur Bewältigung von disziplinären Problemen in der Klasse. Hingegen wird sich ein Lehrer, der sich für die erste Methode entschieden hat (Bekehrungsarbeit an den Schülern), stets mit passiven und dennoch fordernden Schülern konfrontiert sehen: Schüler: „Bitte, was soll ich mit diesen lächerlichen Federn zwischen den Gasatomkügelchen? Die haben ja überhaupt nichts mit unserer Realität zu tun!“ Ich erachte beide Lösungsansätze als problematisch. Beide Wege können durchaus bessere Evaluationsergebnisse bewirken, aber sie führen meines Erachtens unweigerlich zu einer Verwässerung des Physikunterrichts.

An dieser Stelle möchte ich explizit darauf hinweisen, dass ich die Bezeichnung „Rezeptlerner“ und nicht den Ausdruck „schwacher Schüler“ oder „schlechter Schüler“ verwende. Betont man diese Differenzierung nicht, so könnte mein Bericht durchaus den Anschein erwecken, dass es sich hierbei um die üblichen Klagen eines Lehrers über die „ach so schlechten“ Schüler handelt. Es ist mir wichtig anzumerken, dass eine beachtliche Anzahl von Rezeptlerner auf eine tadellose Notenvergangenheit zurückschauen kann. So bin ich mit der Tatsache vertraut, dass einige Rezeptlerner mitunter einen beachtlichen Notendurchschnitt vorweisen können. Ein „Rezeptlerner“ ist nicht notwendigerweise ein „schwacher Schüler“.

Nachdem ich die Problematik vereinfacht darstellen konnte, nähere ich mich der zentralen Fragestellung dieses Berichtes: Wie kann der Lehrer ohne Absenkung der

fachlichen Anforderungen die Rezeptlerner erreichen? Die Antwort auf diese Frage möchte ich im folgenden Kapitel erörtern.

KAPITEL 2: EIN UNTERRICHTSMODELL: PHYSIKUNTERRICHT ALS MODERIERTER DIALOG

Die Unterrichtsmethode wurde in den letzten Jahren ständig modifiziert und verifiziert. Das nun folgende Unterrichtsmodell spiegelt meine derzeitige Unterrichtspraxis wider. Es ist gut möglich, dass ich die Methode weiter ausbaue. Dieser fortlaufende Adaptionsprozess ist Bestandteil der Arbeitsweise. Man sollte die Methode keinesfalls als starres Korsett auffassen und den eigenen Unterricht in diese Form gießen.

Über all die Entwicklungsjahre hinweg war es mir ein Anliegen Begabungsunterschiede der Schüler im Unterricht berücksichtigen zu können. Es ist mir ein Bedürfnis individuelle Leistungsniveaus differenziert bedienen zu können. Dieser Anforderung konnte ich durch Implementierung von drei „Grundbausteinen“ gerecht werden. Im Folgenden werde ich diese drei Grundbausteine näher besprechen:

a) Der Lehreranteil des Unterrichts:

Diesen Teil des Unterrichts bezeichne ich häufig als den „klassischen Anteil“, da die wesentlichen Impulse für die Gestaltung dieser Einheit vom Lehrer ausgehen. Der Lehrer baut das Gerüst der Physik (Fachausdrücke, Konventionen, Syntax, Definitionen, Schreib- und Sprechweisen) stimmig auf. Dies klingt zunächst „staubtrocken“. Gelingt es dem Lehrer aber die Nomenklatur an die Begriffswelt der Schüler anzubinden, so kann dies eine durchaus belebte Unterrichtssituation ergeben. Den Schülern sind Begriffe wie zum Beispiel Kraft, Beschleunigung, Spannung, ... nicht fremd. Aus der Sichtweise der Physik haben diese Begriffe aber eine abgegrenzte Bedeutung. Damit sich die umgangssprachliche Bedeutung und die naturwissenschaftliche Bedeutung nicht vermischen und es zu Missverständnissen kommt, bedarf es der Klärung und der Begriffsdefinition. Der Lehrer kann allerdings diese sprachliche Mehrdeutigkeit nutzen und eine allgemein intuitiv verständliche Fragestellung als Ausgangspunkt für ein Experiment wählen. In früheren Berichten³ sind einige Beispiele für diesen Unterrichtseinstieg unter dem Titel „Physics for Fun“ näher beschrieben. Vergleichbare Zugänge findet man auch im Kapitel 4 in diesem Bericht („Physik provozieren“). Lediglich ungewöhnlich für einen lehrerzentrierten Unterrichtsteil ist die Tatsache, dass elaborierte Erklärungen nicht im Zentrum dieser Unterrichtssequenz zu finden sind. Verfeinerte Begründungen und Argumente kommen erst im nächsten Teil des Unterrichtsaufbaus (der interaktive Anteil des Unterrichts) vor. Dies sollte jedoch nicht heißen, dass der Lehrer nicht auch Erläuterungen zu Experimenten oder Fragestellungen liefert – die Erklärungen sind nur nicht besonders ausschweifend.

b) Der interaktive Anteil des Unterrichts:

Forschungsarbeiten⁴ auf dem Gebiet des naturwissenschaftlichen Unterrichts zeigen die Bedeutung der aktiven Teilnahme der Schüler am Unterricht. Die Mehrheit der Schüler lernt mehr durch Instruktionen, welche eine aktive Beteiligung der Schüler zulassen, als durch traditionelle Methoden, welche den Schülern lediglich eine passive Anteilnahme am Unterrichtsgeschehen überantwortet.

3 IMST - Bericht Schuljahr 2002/03 im IMST – Archiv unter der Internetadresse von IMST?: <http://imst.uni-klu.ac.at/innovationen/index3.php?id=293>

4 Siehe zum Beispiel L. C. McDermott, „Oersted Medal lecture 2001: 'Physics education research – the key to student learning,'“ Am. J. Phys. **69**, 1127 – 1137 (2001).

In meinem Unterricht befassen sich die Schüler während des interaktiven Anteils des Unterrichts mit offenen Problemstellungen der Physik. Die Schüler arbeiten hierbei „mehr oder weniger“ selbstständig in Kleingruppen oder auch einzeln und werden von mir betreut. Die Betreuung ist als sokratischer Diskurs zwischen den Schülern und dem Lehrer angelegt (die Antwort erfolgt vorwiegend in Form einer Gegenfrage). Die Phrase „die Schüler arbeiten mehr oder weniger selbstständig“ bezieht sich auf die Tatsache, dass auch die Selbstständigkeit erlernt werden muss. Im Unterrichtsgeschehen wird die notwendige Unabhängigkeit vom Lehrer kontinuierlich gesteigert: Anfänglich wird der Lehrer ausgewählte Fragestellungen mit der gesamten Klasse diskutieren und erarbeiten. Später werden die Schüler angeleitet das gestellte Problem eigenständig zu bewältigen und bei Bedarf auf die Hilfe des Lehrers zurückzugreifen. Der Lehrer kann so individuell auf spezifische Erfordernisse von verschiedenen Schülern reagieren und Verständnishürden in Einzelgesprächen oder im Diskurs mit der Kleingruppe erörtern. Somit ergibt sich für ein fortgeschrittenes Stadium der Selbstständigkeit der Schüler das folgende Unterrichtsbild: Die Schüler arbeiten an unterschiedlichen Aufgaben – meist in Gruppen von 3 bis 5 Schülern. Diese „autonomen Inseln“ sind im Klassenraum verteilt. Der Lehrer betreut diese einzelnen Kleingruppen und hat die Gelegenheit während einer Unterrichtsstunde einen Einblick in mehrere Arbeitsgruppen zu gewinnen. Die Bemühungen des Lehrers sind darauf gerichtet die Authentizität der Problembewältigung durch die Gruppe nicht zu stören und zugleich oberflächliche Antworten durch weiterführende Fragen offen zu legen. Durch diesen kontinuierlichen Prozess der Heranführung an die Eigenständigkeit lernen die Schüler allmählich Fragestellungen zu bewältigen, deren Auflösung nicht in einer vorangegangenen Unterrichtsstunde vom Lehrer besprochen wurde. Erfolgt dieser Entwicklungsschritt zu abrupt, führt der Einsatz von offenen Problemstellungen im Unterricht zu großer Unsicherheit auf Seiten der Schüler. Im Unterrichtsalltag äußert sich diese Barriere durch den Vorwurf einzelner Schüler: „Wie soll ich dieses Problem beantworten, das haben wir ja noch gar nicht gemacht.“ Dieser Vorwurf hat seine Berechtigung: Immerhin sollen die Schüler während der interaktiven Phase des Unterrichts komplexe Kompetenzen erlangen, wie zum Beispiel Modellentwicklung für eine physikalische Aufgabenstellung oder selbständige Konzipierung von Experimenten zur Verifizierung von Annahmen.

c) Die Überprüfung des Lernerfolges:

An diese Thematik ist auch die Beurteilung der Schüler geknüpft. Der traditionelle Anteil des Unterrichts („der Lehreranteil“) lässt sich auch traditionell abprüfen. Komplexere Anforderungen an die Schüler, welche im interaktiven Anteil der Unterrichtsstunde verlangt werden, erfordern differenzierte Überprüfungsverfahren. Die beste Möglichkeit um die Arbeit an den offenen Problemstellungen zu evaluieren sehe ich im Schülerreferat. So veranlasse ich die Schüler ihre Erkenntnisse und Ergebnisse vor der Klasse vorzutragen. Die Herausforderung für den Schüler hierbei liegt unter anderem in einer anschließenden Defensio vor den Klassenkollegen und dem Lehrer.

Dieses Unterrichtsmodell ermöglicht den Zugang zu vier Domänen, die mir persönlich im Unterricht sehr wertvoll erscheinen:

i) Der Lehrer übernimmt die **Verantwortung für den „Unterrichtsstoff“**, indem er diesen adäquat aufbereitet und mit den Vorkonzepten der Schüler in Verbindung bringt. Dieser Aufgabenbereich wird im „Lehreranteil des Unterrichts“ realisiert. Hierzu verwende ich häufig Einheiten aus meinem „Physics for Fun“ - oder „Physik provozieren“ - Material.

ii) Dem Lehrer ist es möglich **Schüler individuell** zu betreuen. Dieser Anspruch ist im „interaktiven Anteil“ des Unterrichts umsetzbar.

iii) **Lern – und Prüfungssituation sind getrennt.** Der interaktive Anteil der Unterrichtsstunde mit beachtlichem Lernpotential für die Schüler ist frei von Prüfungssituationen. Dies belebt die Debatten an den Arbeitstischen, da die Schüler die Angst verlieren etwas Falsches zu sagen. Notenaufzeichnungen während des sokratischen Dialoges mit dem Schüler würden den Problemlösungsprozess retardieren und das „laute Denken“ der Schüler weitgehend verhindern.

iv) **Die Evaluierung des Lernerfolges.** Dies geschieht durch die Bewertung der Schülerreferate und mittels Wiederholungsfragen in Verbindung mit dem klassischen Unterrichtsanteil („Lehreranteil der Unterrichtsstunde“).

KAPITEL 3: SCHNITTSTELLEN ZUR GEGENWÄRTIGEN BILDUNGSPOLITIK

Offen gesagt, habe ich dieses Kapitel bereits in den Papierkorb geworfen. Nur zu leicht kann man sich an dieser Thematik die Finger verbrennen. Meine bisherigen Ausführungen beschränkten sich auf die Beschreibung meiner Unterrichtsmethode. Dieser Ansatz reiht sich problemlos unter die Schirmherrschaft der Methodenfreiheit und Sceptikern ist es ungenommen den Terminus „Methodenfreiheit“ für meinen Fall als „Narrenfreiheit“ zu interpretieren. Diese Immunität endet bei den Lehrplänen. Kritik an der Formulierung der Lehrpläne zu üben schürft um einiges tiefer und kann deshalb lediglich durch die Meinungsfreiheit gestützt werden. Der Lehrplan dient als Leitschiene für den Unterricht und mit Kurskorrekturen am Lehrplan können unterschiedliche Ziele erreicht werden. Die gegenwärtige Umformulierung der Lehrpläne beinhaltet dieses Potential. Generell möchte man von einer „Input – orientierten“ Formulierung des Lehrplans zu einer „Output – orientierten“ Formulierung wechseln. Dieser Wandel hin zu einer „Output – orientierten“ Formulierung hätte weit reichende Konsequenzen:

H. Kühnelt führt hierzu aus⁵: „Das heißt, es steht nicht so sehr im Vordergrund was die Lehrkräfte im Unterricht präsentieren sollen, sondern was schlussendlich die Schülerinnen und Schüler können sollen.“

Diese sensible Weichenstellung bedarf meines Erachtens sorgfältiger Abwägungen. Das Problem bei der „Output - Formulierung“ ist die natürliche Linienbreite der Selektion „Schüler kann“ vs. „Schüler kann nicht“. Die üblichen Schülerzahlen in einer Klasse verunmöglichen eine anwendbare Bestimmung jener Schüler, die etwas „können“ bzw. „nicht können“. Mit Einzelprüfungsgesprächen könnte man diesem Problem begegnen – dies ist im Schulalltag in den meisten Fällen aber nicht administrierbar. Eine schriftliche Testantwort hat eine ungeheure Unschärfe. Die formale Richtigkeit der gelieferten Antwort sagt noch nichts über die „Reflektionstiefe“ der Antwort aus. E. Redish⁶ vergleicht dieses Phänomen mit der Reflexion (einer Seilwelle) im physikalischen Sinne:

„The fact that something 'comes back as we sent it out' does not mean that much has 'gotten through to the student,' especially if students possess a large inertia!“

(Edward F. Redish)

5 H. Kühnelt in der Radiosendung ‚Dimensionen, Welt der Wissenschaft‘ Ö1 am 06.05.2004 zum Thema: „Physikunterricht in der Krise?“

6 Edward F. Redish, „Teaching Physics“ Publisher: Wiley Text Books; Bk&CD-Rom edition (January 17, 2003)

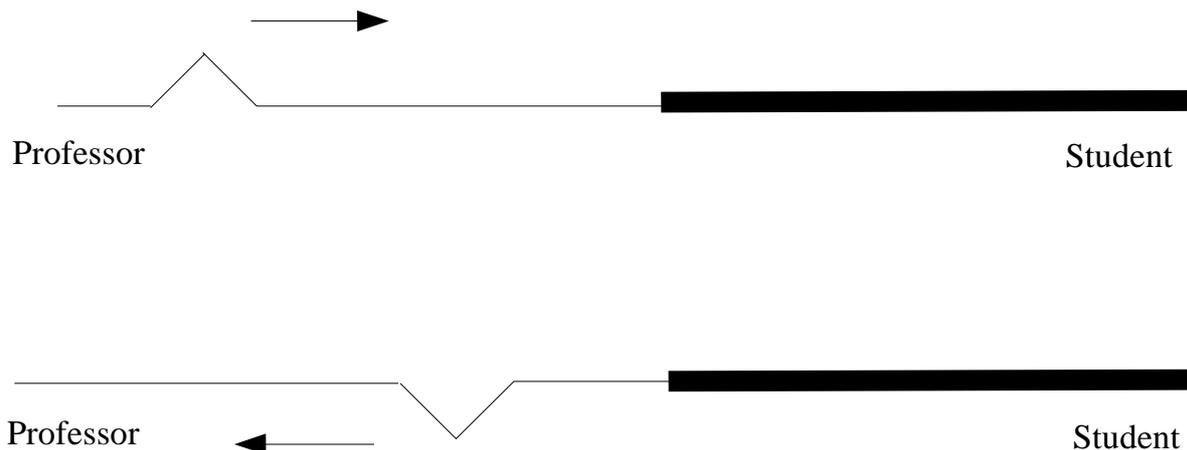


Figure 1: „Impedance mismatch“

Ich möchte meine Bedenken an der „Output - Orientierung“ an zwei Beispielen näher ausführen:

1. Beispiel:

Frage: „Wie kann man mit Hilfe eines Barometers die Höhe eines Wolkenkratzers bestimmen?“

Kandidat A:

Schriftliche Antwort von Kandidat A: $p(h) = p_0 \exp[(- \rho_0 g h) / p_0]$. Durch Messung des Luftdrucks kann die Höhe errechnet werden!

Die Antwort steht vor dem folgenden Hintergrund: Der Kandidat sieht die Intention der Frage (Barometer → Luftdruck → Änderung des Luftdrucks in Abhängigkeit der Höhe). Der Kandidat trifft selbstständig plausible Annahmen, um in guter Näherung eine Bestimmungsmöglichkeit für die Höhe zu erhalten (Annahme: die Temperatur variiert nicht über die Höhe des Gebäudes, ebenso wird $g = \text{konstant}$ gewählt). Aufgrund dieser Annahmen kondensiert die obige Formel vor dem geistigen Auge des Kandidaten. Der Kandidat kontrolliert die Formel mittels Dimensionsüberlegungen.

Kandidat B:

Schriftliche Antwort von Kandidat B: $p(h) = p_0 \exp[(- \rho_0 g h) / p_0]$. Durch Messung des Luftdrucks kann die Höhe errechnet werden!

Die Antwort steht vor dem folgenden Hintergrund: Der Kandidat erinnert sich an eine ähnlich klingende Aufgabe aus dem Unterricht: „Wie kann man mit Hilfe eines Barometers die Höhe eines Hochhauses bestimmen?“ Der Kandidat vernachlässigt die Variation des Textes („Wolkenkratzer“ anstelle von „Hochhaus“) und erinnert sich an die Antwort des Lehrers. Durch ein Reiz – Reaktion basiertes Erlernen gelangt der Schüler zur Antwort. Die Buchstabenfolge \exp sieht der Kandidat als Multiplikation der Größen e , x und p .

2. Beispiel:

Aufgabe: „Ein Zug verlässt Bahnhof X um 10 Uhr vormittags und erreicht den 360 km entfernten Bahnhof Y um 2 Uhr nachmittags. Bestimme die mittlere Geschwindigkeit des Zuges!“

Kandidat A:

Schriftliche Antwort von Kandidat A: 90 km / h

Die Antwort steht vor dem folgenden Hintergrund: Der Kandidat sieht über die Unklarheiten in der Fragestellung hinweg (geradliniger Schienenverlauf, keinerlei Höhendifferenzen, die Zeitangaben beziehen sich auf denselben Tag, ...) und rechnet pflichtbewusst den geforderten Wert aus.

Kandidat B:

Schriftliche Antwort von Kandidat B: 90 km / h

Der Kandidat erinnert sich an die vorgerechneten Schulbeispiele (in zig-fachen Variationen: Anstelle von Bahnhof X findet man in den Schulübungen Bahnhof R, Bahnhof J, ... und anstelle von 10 Uhr vormittags findet man 11 Uhr vormittags, ...). Der Kandidat wendet erfolgreich das eingeübte Schema für die Ermittlung der mittleren Geschwindigkeit an.

Auch wenn man die Gewichtung auf den „Output“ des Unterrichts legt lassen sich die Differenzen nur schwer quantifizieren. Unabhängig von dieser Kritik kann ich der Output – Idee etwas Positives abgewinnen:

Grundsätzlich schwingen im Terminus „Output – Orientierung“ zwei Obertöne mit: Der erste Oberton klingt nach „Evaluierung des Lernerfolges der Schüler“. Ein zweiter Oberton spielt darauf an, dass man den Schülern konzentriert zuhören sollte, um zu erfahren, wie und was sie eigentlich im Unterricht lernen. Der zweite Oberton schwingt resonant mit meinen didaktischen Grundüberzeugungen und somit sehe ich einem Wandel der Lehrplanformulierung grundsätzlich positiv entgegen. Konkret ist es mir ein Anliegen mit Hilfe von Einzelgesprächen mit Schülern mehr über die Denkschemata, Assoziationen und Schlussfolgerungen von Schülern zu erfahren („Output“ einzelner Schüler), um diese Erkenntnisse für meine zukünftige Unterrichtsplanung zu verwenden („Input“ für die gesamte Klasse).

KAPITEL 4: ARBEITSMATERIAL

Dieses Kapitel liefert einige Beispiele aus meiner Sammlung. Das Arbeitsmaterial kann sowohl für den Lehreranteil als auch für den interaktiven Anteil der Unterrichtsstunde verwendet werden. Für welchen Bereich die Beispiele eingesetzt werden, hängt von der Beteiligung des Lehrers ab. Die Klärung der Fragestellung erfolgt meist während des Lehreranteils der Stunde, eine eingehende Auseinandersetzung mit der Thematik kann dann in den „interaktiven Anteil“ ausgelagert werden. Die Experimente sollen die „intuitiven“ Erklärungen der Schüler stören und einen Dialog mit den Schülern provozieren. Die Auflösung der initiierten Konflikte erfolgt meist erst in Privatdiskussionen mit einzelnen Schülern während des interaktiven Anteils der Unterrichtsstunde.

Das Experiment vorzuführen und anschließend schulmeisterlich die Erklärung zu diktieren genügt nicht. Oft ist es günstig vor der Durchführung des Experimentes die Erwartungen der Schüler einzufordern. Die in der Beschreibung des Experimentes eingefügten Fragestellungen und Behauptungen sollen zum Nachdenken herausfordern. Vorhersagen über den Ablauf eines Experimentes („Was wird passieren, wenn

...?“) haben in der Physik ihre unangefochtene Berechtigung. In manchen Fällen deckt sich die Erwartungshaltung jedoch nicht mit der Beobachtung. Diese Experimente provozieren uns! Im günstigen Fall weisen uns diese Experimente auf grundlegende Fehlkonzepte hin.

Beispiel 1:

Titel: Das Wasserglas mit dem Kartonverschluss

Beschreibung:

Ein Trinkglas wird mit Wasser voll gefüllt. Anschließend hält man die Öffnung des Glases mit einem Stück Karton zu und dreht das Glas um. Man kann die Abdeckung loslassen und das Wasser sollte dennoch nicht ausströmen.

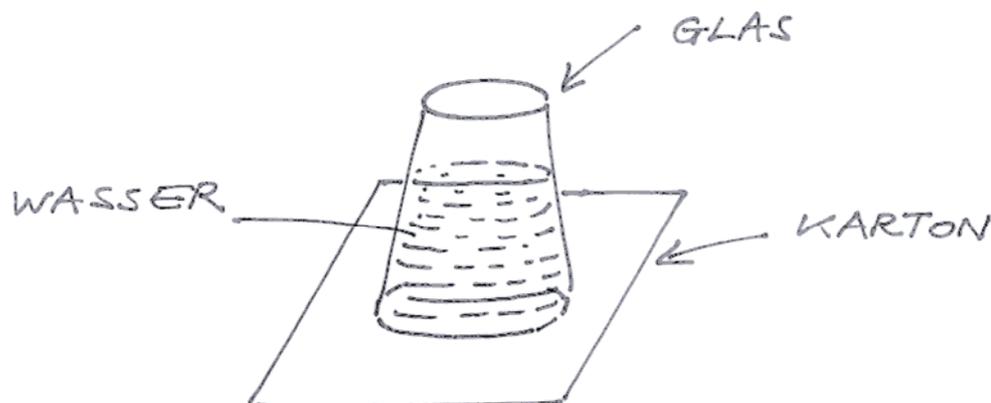
Herausforderung:

- Funktioniert dieser „Trick“ auch mit einem halb vollen Wasserglas?
- Funktioniert das Experiment auch mit Zeitungspapier (an Stelle des Kartons)?
- Kann man für die Abdeckung anstelle des Kartons auch Alufolie verwenden?
- Kann man das umgedrehte Glas wieder langsam in die Ausgangslage zurückdrehen, ohne den Kartondeckel mit der Hand zu unterstützen?

Provokation:

Es überrascht viele Schüler, dass der Karton auch dann anhaftet, wenn das Glas nur zur Hälfte gefüllt wurde. Im Sinne einer provozierenden Dialektik könnte man vor der Durchführung des Experimentes dieses Vorurteil der Schüler noch verstärken, indem man darauf hinweist, dass man wohl mit gutem Grund annehmen darf, dass der Luftdruck im Inneren des Glases gleich groß ist wie der Luftdruck außerhalb des Glases.

Skizze:



Beispiel 2:

Titel: Das Wasserglas mit dem Fliegengitter

Beschreibung:

Vorbereitung: Man „verschließt“ ein Wasserglas mit einem Fliegengitter, indem man ein passendes Stück Fliegengitter an der Glasöffnung einklebt. Das von mir hierzu verwendete Wasserglas hat einen Öffnungsdurchmesser von 8 cm, ein einzelnes Drahtsegment im Fliegengitter umspannt eine quadratische Öffnung von $(1,5 \text{ mm})^2$.

Durchführung: Man füllt das Glas mit Wasser, bis der Wasserspiegel das eingeklebte Fliegengitter erreicht. Anschließend hält man die Öffnung des Glases mit einem Stück Karton zu und dreht das Glas um. Nun kann man den Karton wegziehen und das Wasser bleibt aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers dennoch im Glas.

Verstärkung des Schülerinteresses:

Schüttet man das Wasser beim Einfüllen des Glases gemächlich durch das Fliegengitter, so fällt den Schülern das Fliegengitter nicht auf. Wenig begeistert würden die Schüler nun erwarten, dass der Lehrer das Experiment mit dem umgedrehten Wasserglas, welches durch einen Karton verschlossen wurde, durchführen möchte. Anschließend schiebt man vor staunenden Schülern den Kartondeckel zur Seite.

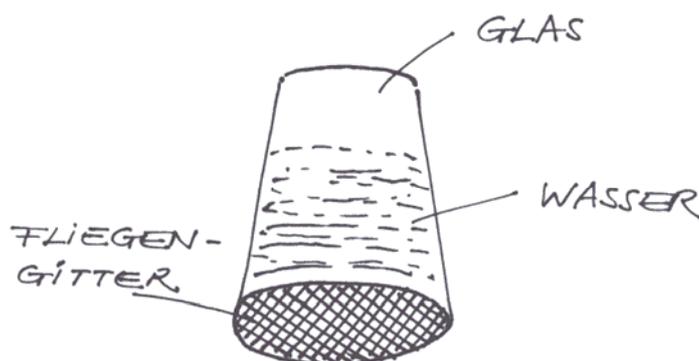
Herausforderung:

- Funktioniert dieser „Trick“ mit einem halb vollen Glas?
- Kann man das umgedrehte Glas langsam in die Ausgangslage zurückdrehen, ohne hierzu einen Kartondeckel zu verwenden?

Provokation:

Warum funktioniert das Experiment nicht, wenn man das Glas anstelle der 180 Grad Drehung nur um 90 Grad dreht?

Skizze:



Beispiel 3:

Titel: Der Tod in der Badewanne

Materialaufwand:

- Wasserbecken
- Verbindungskabel
- Glühbirne mit Fassung

Herausforderung: „Ein Stromschlag im Wasser geht zumeist tödlich aus.“

Ablauf:

Im Vorfeld demonstriert der Lehrer die Tauglichkeit einer Steckdose. Hierzu verbindet er die beiden Anschlüsse der Steckdose mit einer Glühlampe. Die Lampe leuchtet auf (Skizze 1.1).

Lehrer: **„Wenn ich ein Kabel aus der Steckdose ziehe, geht die Lampe aus, da der Stromkreis nun nicht mehr geschlossen ist.“** Nun wird das Becken mit Wasser gefüllt und der Lehrer taucht eine Hand in das Wasserbecken. Lehrer: **„Was wird passieren, wenn ich die Hand im Wasserbecken belasse und das Kabel, welches ich zuvor aus der Steckdose gezogen habe, in das Becken hinein werfe?“** Der Lehrer provoziert: **„Dies erscheint mir harmlos zu sein, da der Stromkreis nicht geschlossen ist und die Lampe ja auch nicht leuchtet.“** (Skizze 1.2). Der Lehrer führt dieses Experiment nicht vor! Stattdessen legt der Lehrer das Kabel neben das Wasserbecken, nimmt ein weiteres Kabel und steckt dieses an die Steckdose. Lehrer: **„Was wird passieren, wenn ich nun beide Enden in das Wasserbecken werfe?“** Der Lehrer führt dieses Experiment durch. Der Lehrer provoziert: **„Nun ist der Stromkreis geschlossen und die Lampe leuchtet wieder auf. Was wird passieren, wenn ich nun die Hand in das Wasserbecken eintauche?“** (Skizze 1.3). Wie zuvor wartet der Lehrer die Schülermeinungen hierzu ab. Anschließend kann der Lehrer die Hand in das Wasserbecken tauchen, nachdem er die allgemeinen Sicherheitshinweise auf dieser Seite gelesen hat.

Kernpunkte:

- „geschlossener“ Stromkreis
- Leitfähigkeit
- Unterschied – Nullleiter, Phase, Erdung
- Welche Stromstärke ist für einen Menschen gefährlich?

Hinweis 1: Die nassen Elektroleitungen erfordern eine erhöhte Aufmerksamkeit.

Hinweis 2: Den Schülern muss bewusst sein, dass erst die sachliche Kenntnis der Thematik (Leiter, Phase, Nullleiter, Erdung, Körperwiderstand, Gefahren des elektrischen Stroms) jemanden zu Experimenten der obigen Art befähigt. Erzählungen von Fallbeispielen mit tödlichem Ausgang für die betroffene Person in Zusammenhang mit elektrischem Strom im Haushaltsbereich sensibilisieren die Schüler.

Allgemeine Sicherheitshinweise:

Die Experimentbeschreibung erfolgt ohne Hinweise auf die vielfältigen Vorsichtsmaßnahmen, welche die Sicherheit des Experimentators garantieren. Jeder, der diese Experimente wiederholen möchte, ist für sich selbst verantwortlich – die vorliegende Beschreibung hat lediglich Informationscharakter. Die Risiken sind

teilweise erheblich, außer man weiß genau, was man tut.

Details:

Wasserbecken: ca. 50 cm x 30 cm; Glühbirne: 25 W

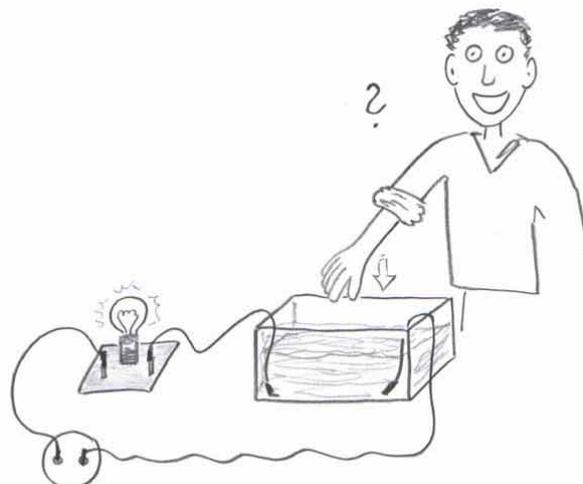
Skizzen:



Skizze1.1



Skizze 1.2



Skizze 1.3

Beispiel 4:

Titel: Lehrer steht unter Strom

Materialaufwand:

- Metallplatte (0,5 m x 0,5 m)
- Glühlampe mit Fassung
- Verbindungskabel
- Schalter

Herausforderung: „Was würde passieren, wenn ich mit einem Fallschirm auf einer Hochspannungsleitung landen würde?“

Ablauf:

Der Lehrer legt die Metallplatte auf den Boden und verbindet die Platte über den Schalter und eine Glühlampe mit einer Steckdose. Der Schalter ist geöffnet. (Skizze 2.1). **Lehrer:** „**Was wird passieren, wenn ich nun den Schalter schließe?**“ Der Lehrer informiert die Schüler, welche Stromstärke im Allgemeinen für einen Menschen tödlich ist. Der Lehrer misst die Stromstärke in der obigen Versuchsanordnung und stellt fest, dass dieser Wert über dem „Todes-Schwellwert“ liegt. Der Lehrer prahlt mit der Behauptung, dass dieser Schwellwert nur für „Warmduscher“ gilt. **Lehrer:** „**Um dies zu beweisen, werde ich barfuss auf die blanke Metallplatte steigen!**“ Der Lehrer nimmt die Leitungen aus der Steckdose, stellt sich auf die Platte und steckt die Verbindungen wieder in die Steckdose. Mit einem Verweis auf das Messgerät hält der Lehrer fest, dass der zitierte Stromschwellwert für ihn nicht gilt. **Lehrer:** „**War es notwendig, dass ich die Leitungen aus der Steckdose ziehe, bevor ich auf die Metallplatte steige? Hätte es nicht auch genügt den Schalter zu öffnen und so den Stromkreis zu unterbrechen, um anschließend barfuss auf die Platte steigen zu können?**“ Der Lehrer steht barfuss auf der Metallplatte, die Glühlampe leuchtet auf. **Lehrer:** „**Warum fällt ein Vogel, der sich auf eine Überland-Stromleitung setzt, nicht tot auf den Boden herunter?**“ **Lehrer:** „**Wäre es möglich von der Platte herunter zu springen?**“ (Der Lehrer versucht dieses Experiment). **Lehrer:** „**Wäre es möglich, von der Platte herunter zu steigen (ein Fuß bleibt auf der Platte, während der andere Fuß den Boden berührt)?**“ Anschließend kann der Lehrer von der Platte herunter steigen, ohne zuvor die Leitungen aus der Steckdose zu ziehen – aber nachdem er die allgemeinen Sicherheitshinweise auf dieser Seite gelesen hat. Der Lehrer steht mit einem Fuß auf der Platte und mit dem anderen Fuß am Fußboden und die Glühlampe leuchtet. **Lehrer:** „**Warum endet dieser Abgang nicht tödlich?**“ Der Lehrer stellt sich wieder mit beiden Füßen auf die Metallplatte (die Glühlampe leuchtet). **Lehrer:** „**Wäre es, auf der Metallplatte stehend, möglich, die beiden Anschlüsse mit den Händen von der Metallplatte zu lösen?**“ (Der Lehrer führt dieses Experiment nicht durch!)

Kernpunkte:

- „geschlossener“ Stromkreis
- Leitfähigkeit
- Unterschied – Nullleiter, Phase, Erdung
- Parallel- und Serienschaltung

Hinweis 1: Den Schülern muss bewusst sein, dass erst die sachliche Kenntnis der Thematik (Leiter, Phase, Nullleiter, Erdung, Körperwiderstand, Gefahren des elektrischen Stroms) jemanden zu Experimenten der obigen Art befähigt. Erzählungen von

Fallbeispielen mit tödlichem Ausgang für die betroffene Person in Zusammenhang mit elektrischem Strom im Haushaltsbereich sensibilisieren die Schüler.

Allgemeine Sicherheitshinweise:

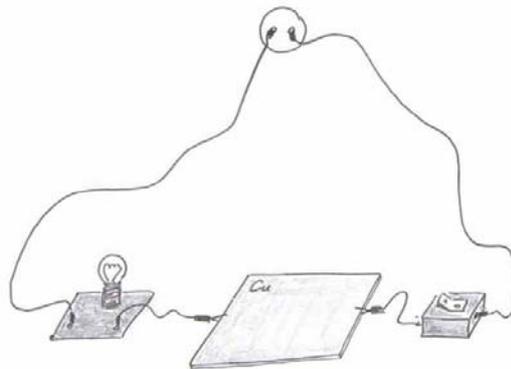
Die Experimentbeschreibung erfolgt ohne Hinweise auf die vielfältigen Vorsichtsmaßnahmen, welche die Sicherheit des Experimentators garantieren. Jeder, der diese Experimente wiederholen möchte, ist für sich selbst verantwortlich – die vorliegende Beschreibung hat lediglich Informationscharakter. Die Risiken sind teilweise erheblich, außer man weiß genau, was man tut.

Details:

Metallplatte: 0,5 m x 0,5 m

Glühlampe: 25 W

Skizze:



Skizze 2.1

Beispiel 5:

Titel: Physikalische Telepathie

Materialaufwand:

- Zwei Getränkedosen
- Kupferdraht und Faden
- Metallstange und Holzstange

Herausforderung: „Die Übertragung von Gedankenschwingungen in Metallen kann experimentell überprüft werden.“

Ablauf:

Der Lehrer fixiert die beiden Getränkedosen mit Hilfe des Fadens nebeneinander auf einer Holzstange. Die beiden Fäden haben unterschiedliche Längen. Der Lehrer behauptet: **„Ich versuche eine Gedankenübertragung zu den Dosen herzustellen. In dem ich mich fest auf eine der beiden Dosen konzentriere, wird es mir gelingen, dass die entsprechende Dose wie ein Pendel zu schwingen beginnt. Zuerst versuchen wir eine Übertragung durch eine Holzstange. Die Dosen werden mit einem Faden an der Stange fixiert. Damit keine Missverständnisse während des Konzentrationsflusses aufkommen, haben die beiden Pendel unterschiedliche Längen – eine Verwechslung ist somit nicht möglich und ich kann mich besser auf die entsprechende Dose konzentrieren. Die Bezeichnung „linke Dose“ oder „rechte Dose“ würde nur unnötige Konzentration vergeuden. Auf welche Dose soll ich mich zuerst konzentrieren?“** Der Lehrer legt ein Ende der Stange auf das Fensterbrett und hält sich das andere Ende an die Stirn (Skizze 3.1). Lehrer: **„Damit der Gedankenfluss nicht abgelenkt wird, muss es im Klassenzimmer vollkommen still sein!“** Der Lehrer konzentriert sich, aber das Pendel wird sich nicht bewegen. Lehrer: **„Holz ist kein guter Gedankenleiter, versuchen wir es mit einer Metallstange.“** Der Lehrer wiederholt das Experiment und fixiert nun die beiden Getränkedosen mit Hilfe des Kupferdrahtes an einer Metallstange. Tatsächlich beginnt nun das gewünschte Pendel zu schwingen. Anmerkung: Entscheidend ist allerdings die Anregungsfrequenz – mit einiger Übung sind diese Bewegungen von Kopf und Hand für die Schüler nicht einfach wahrzunehmen. So gelingt es dem Lehrer das von den Schülern gewünschte Pendel in Schwingung zu versetzen. Lehrer: **„Mit ausreichender Gedankenkonzentration ist es sogar möglich, das Pendel gar nicht zu berühren und die Gedanken über eine Luftstrecke überspringen zu lassen. Luft ist allerdings ein sehr schlechter Gedankenleiter und nach einem solchen Experiment hat man immer schreckliche Kopfschmerzen. Da ich mich heute ohnehin nicht gut konzentrieren kann, werde ich dieses Experiment auslassen. Wir notieren den Merksatz: Metall leitet Gedanken besser als Holz oder Luft.“**

Kernpunkte:

- Frequenz
- Resonanz
- Pendellänge

Hinweis 1: Ich baue natürlich darauf, dass einzelne Schüler meine Begründung für die unterschiedlichen Pendellängen nicht unwidersprochen hinnehmen.

Hinweis 2: Der Lehrer lässt die ersten „telepathischen Minuten“ verstreichen, ohne das Pendel anzuregen. So schwächt er meist die Beobachtungskonzentration der Schüler für den weiteren Verlauf des Experimentes.

Hinweis 3: Schüler, die behaupten, dass die Stange mit der Hand bewegt wird, können gerne diese These überprüfen. Meist ist für die Schüler die Resonanz der Bewegung kein Thema und in diesen Schülerversuchen beginnen vielfach beide Pendel zu schwingen.

Details:

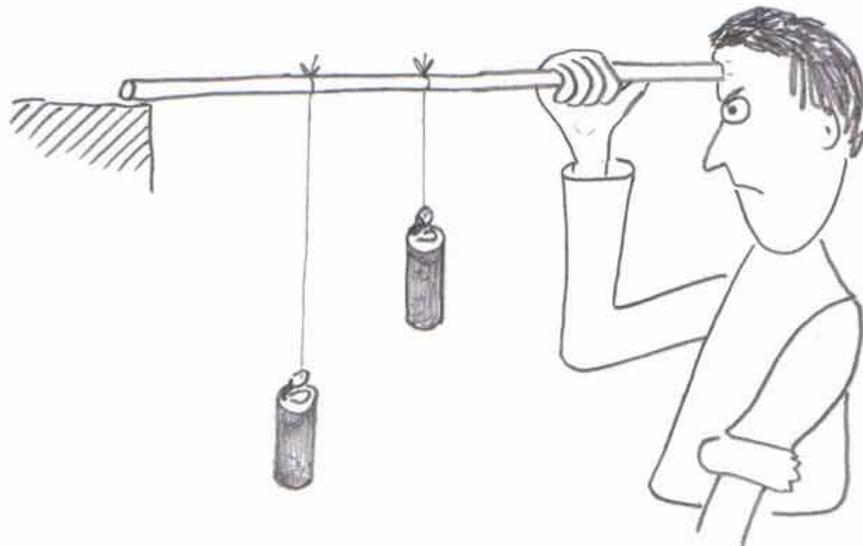
Kupferdraht: 0,4 mm Durchmesser

Metallstange: Stativstange 120 cm Länge

Getränkedosen: 250 ml Dosen vollständig mit Wasser gefüllt

Pendellängen: Länge(1) = 50 cm, Länge(2) = 70 cm

Skizze:



Skizze 3.1

Beispiel 6:

Titel: Ungenügende Reflexion

Materialaufwand:

- Ein Spiegel (ca. 0,5 m x 0,5 m)

Herausforderung: „Wie viel Abstand muss man zu den Dingen haben, um den Überblick zu erhalten?“

Ablauf:

Lehrer: **„Wenn wir eine Vase auf den Tisch stellen, so kann ich die Vase leicht im Spiegel wieder erkennen. Ist es jedoch möglich, dass ich in diesem Spiegel das gegenüberliegende Gebäude sehen kann – das Gebäude ist ja viel größer als der Spiegel?“** Ein Schüler bestätigt experimentell, dass dies durchaus möglich ist. Lehrer: **„Wenn man weit genug vom Gegenstand entfernt ist, kann man auch einen Gegenstand im Spiegel betrachten, der um ein Vielfaches größer ist als der Spiegel selbst. Allerdings funktioniert dies nur bei leblosen Gegenständen. Lebewesen, die größer als der Spiegel sind- zum Beispiel ein Elefant oder eine Giraffe – passen nicht in diesen Spiegel hinein. Dieses Naturgesetz ist ein einfacher Schutz gegenüber zuviel Eitelkeit. So kann sich ein großes Tier nie ganz von Kopf bis Huf im Spiegel bestaunen.“** Der Lehrer fragt: **„Gilt dieses Prinzip auch für Menschen?“** Der Lehrer erklärt: **„Ein eitler Mensch wird sich nie von Kopf bis Fuß in diesem Spiegel sehen können. Wir können ja einige Versuche hierzu durchführen.“** Der Lehrer lässt einen Schüler den Spiegel halten, tritt einige Meter vor dem Spiegel zurück und behauptet: **„Ich zum Beispiel kann mich von Kopf bis Fuß in diesem Spiegel sehen.“** Zur Bestätigung fragt der Lehrer auch noch den Schüler, der den Spiegel hält: **„Kannst du mich auch vollständig im Spiegel sehen?“** Lehrer: **„Ich weiß nicht ob es stimmt, aber man sagt, dass junge Menschen viel eitler sind als ältere Menschen – mit Hilfe dieses Spiegels können wir diese These überprüfen.“** Der Lehrer fordert einen Schüler auf zu kontrollieren, ob er sich vollständig im Spiegel sieht. Damit der Schüler weit vor den Spiegel zurück treten kann, hält der Lehrer den Spiegel. Der Lehrer beugt sich über den Spiegel und behauptet: **„Siehst du! Du kannst nicht von Kopf bis Fuß im Spiegel abgebildet werden!“** Nicht jedem Schüler erscheint das Eitelkeitsprinzip der Natur plausibel. Diese Schüler suchen nach einer anderen Erklärung, warum sie sich selbst nicht in einem 30 cm x 40 cm großen Spiegel sehen können.

Kernpunkt:

- Definitionen zu den Begriffen: Beobachter, Spiegelbild, Gegenstand

Details:

Spiegel: 30 cm x 40 cm

Beispiel 7:

Titel: Der unzerstörbare Luftballon

Materialaufwand:

- Mehrere Luftballons
- Eine lange Nadel

Herausforderung: „Wie kann man in einen Luftballon eine Nadel stecken, so dass dieser nicht sofort zerplatzt?“

Ablauf:

Lehrer: „**Mit etwas Fingerspitzengefühl kann man einen Luftballon mit einer Nadel durchstechen. Wichtig hierbei ist, dass man die Nadel gleichmäßig bewegt. Um ruckartige Bewegungen zu vermeiden, muss man die Nadel zuvor einölen.**“ Der Lehrer bläst einen Luftballon auf und durchsticht den Ballon, so dass die Nadel gegenüber der Einstichstelle wieder aus dem Luftballon herausragt (Skizze 5.1). Lehrer: „**Wird der Luftballon zerplatzen, wenn ich die Nadel wieder herausziehe?**“ Der Lehrer fordert die Schüler heraus, dieses Experiment zu wiederholen.

Kernpunkt:

- Oberflächenspannung

Hinweis 1: Um das Zerplatzen des Luftballons zu vermeiden, wählt man als Einstichstelle einen Punkt nahe dem Mundstück. Die Nadel sollte an der gegenüberliegenden Ballonwand wieder austreten. An dieser Stelle ist die Ballonwand nur gering gespannt (dunkler Fleck).

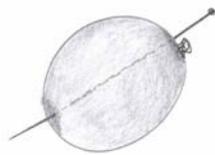
Hinweis 2: Da die Schüler die Bedeutung der Einstichstelle und der Austrittsstelle nicht so schnell erkennen, ist ein entsprechender Vorrat an Luftballons notwendig.

Hinweis 3: Die Schüler kennen vielfach ein ähnliches Experiment, bei welchem die Einstichstelle bzw. Austrittsstelle zuvor mit einem Stück transparentem Klebestreifen manipuliert wurde. Mit dem Klebestreifen kann man einen beliebigen Punkt der Ballonoberfläche auswählen.

Details:

Nadel: Die Nadel wurde aus einem Schweißdraht (2 mm Durchmesser) angefertigt. Hierzu wurde lediglich eine Spitze auf das Drahtende geschliffen. Länge der Nadel: 50 cm.

Skizze:



Skizze 5.1

Beispiel 8:

Titel: Lichtpanscherei

Materialaufwand:

- Farbfilter: Rot, Blau, Grün
- Drei Diaprojektoren
- Overheadprojektor
- Projektionsleinwand

Herausforderung: „Farbige Lichtflecken auf der Leinwand erfordern eine Erklärung.“

Ablauf:

Der Lehrer legt die drei Farbfilter (rot, grün, blau) nebeneinander auf den Overheadprojektor. Die Schüler sehen einen roten, einen grünen und einen blauen Fleck auf der Leinwand. Lehrer: „**Was werden wir auf der Projektionsleinwand sehen, wenn ich zwei Farbfilter am Overheadprojektor übereinander lege? Was werden wir auf der Projektionsleinwand sehen, wenn ich drei Farbfilter übereinander lege?**“ Lehrer: „**Verwenden wir nun an Stelle des Overheadprojektors drei Diaprojektoren.**“ Der Lehrer montiert die Farbfilter auf die Projektoren und wieder sehen die Schüler drei Farbflecke auf der Leinwand. Lehrer: „**Was werden wir auf der Leinwand sehen, wenn ich einen Projektor leicht verdrehe, so dass zwei Farben übereinander liegen? Was werden wir auf der Leinwand sehen, wenn der rote Fleck, der grüne Fleck und der blaue Fleck auf eine gemeinsame Stelle projiziert werden?**“

Kernpunkte:

- Die Funktion eines Farbfilters
- Mischen von Wasserfarben

Beispiel 9:

Titel: Wer trägt die Last?

Materialaufwand:

- Wasserbecken
- Waage
- Stein und Binfaden
- Stativstange

Herausforderung: „Kräfte rund um einen Stein in einem Wasserbecken“

Ablauf:

Der Lehrer stellt ein Wasserbecken auf die Waage und fragt: „**Ändert sich die Anzeige der Waage, wenn ich den Stein an einer Schnur halte und ins Wasser tauche, so dass der Stein den Boden des Beckens nicht berührt** (Skizze 7.1)? **Was ändert sich, wenn ich den Stein nicht festhalte, sondern an einer Stativstange anbinde** (Skizze 7.2)? **Was ändert sich, wenn ich den Stein an einem Kantholz befestige und dieses quer über das Wasserbecken lege** (Skizze 7.3)? **Was ändert sich, wenn ich die Schnur nun aufwickle, so dass der Stein über der Wasseroberfläche hängt** (Skizze 7.4)?“

Kernpunkte:

- Auftriebskraft
- $F(2,1) = -F(1,2)$

Details:

Wasserbecken: 1 Liter Gefäß, Durchmesser: 10 cm.

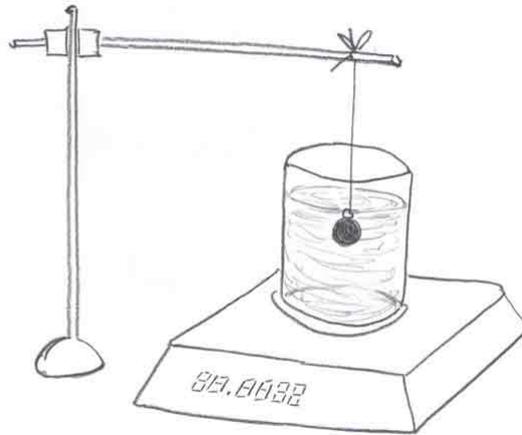
Der Stein ist kein Stein, sondern eine 50 g Masse (aus Metall) mit Aufhängevorrichtung.

Waage: Messgenauigkeit 0,1 g (Anmerkung: Messgenauigkeit von 1 g wäre ausreichend).

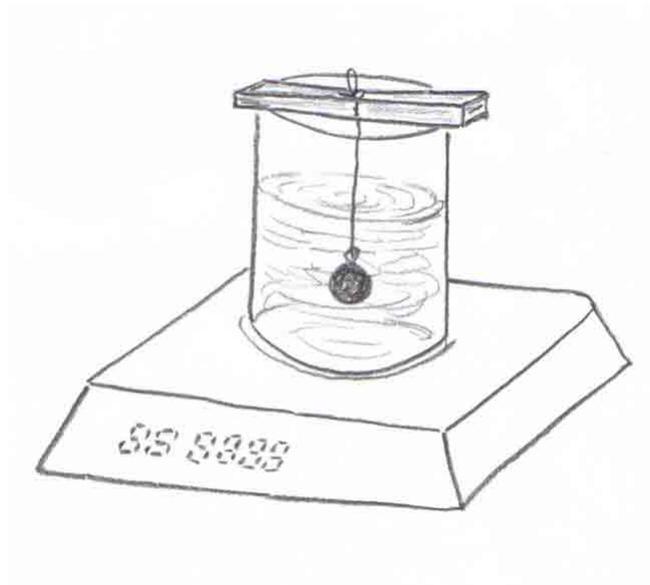
Skizzen:



Skizze 7.1



Skizze 7.2



Skizze 7.3



Skizze 7.4

Beispiel 10:

Titel: Geteiltes Gleichgewicht

Materialaufwand:

- Holzstab Länge = 1,5 m
- Kleiderbürste und Gummiband
- Säge
- Waage

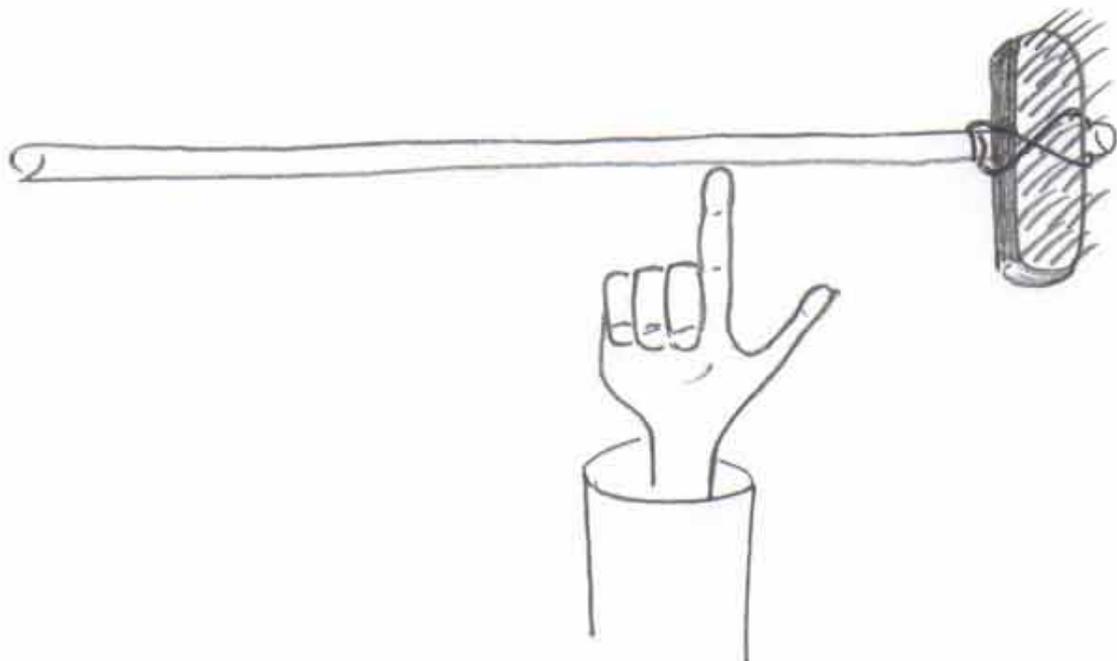
Herausforderung: „Gleichgewicht bedeutet ‚gleiches Gewicht‘“

Ablauf:

Die Kleiderbürste wird mit Hilfe des Gummibandes an einem Ende des Holzstabes befestigt. Der Lehrer hält den Stab horizontal und sucht eine Stelle längs des Holzstabes, so dass es ihm möglich ist, den Stab auf einem Finger zu balancieren (Skizze 8.1). Lehrer: „**Nun ist der Stab im Gleichgewicht. Ich werde die Stelle am Holz über meinem Finger markieren und den Holzstab an dieser Stelle zersägen. Zur Kontrolle werden wir die beiden Teile getrennt auf die Waage legen. Was wird diese Messung ergeben?**“

Kernpunkt:

- Drehmoment



Skizze:

Skizze 8.1

Beispiel 11:

Titel: Wasserstandsmessung

Materialaufwand:

- Wasserbecken
- Schale (Spielzeugboot)
- Stein
- Holz

Herausforderung: „Ändert sich der Wasserspiegel, wenn man die Schiffsladung über Bord wirft?“

Ablauf:

Der Lehrer lässt die Schale (bzw. das Boot) mit dem Stein im Wasserbecken schwimmen (Skizze 9.1). Der Wasserstand wird am Beckenrand markiert. Der Lehrer fragt: „**Wird sich der Wasserstand am Beckenrand ändern, wenn ich den Stein aus dem Boot nehme und in das Wasser werfe?**“ Das Experiment wird durchgeführt. Lehrer: „**Warum sinkt der Wasserspiegel? Der untergetauchte Stein müsste doch Wasser verdrängen und somit sollte der Wasserspiegel eigentlich ansteigen.**“ Nachdem sich in einer anschließenden Erörterung eine Lösung abzeichnet, fordert der Lehrer das gewonnene Verständnis der Schüler erneut heraus: „**Was wird passieren, wenn wir anstelle des Steines ein Stück Holz nehmen? Wird der Wasserspiegel nun wieder sinken?**“

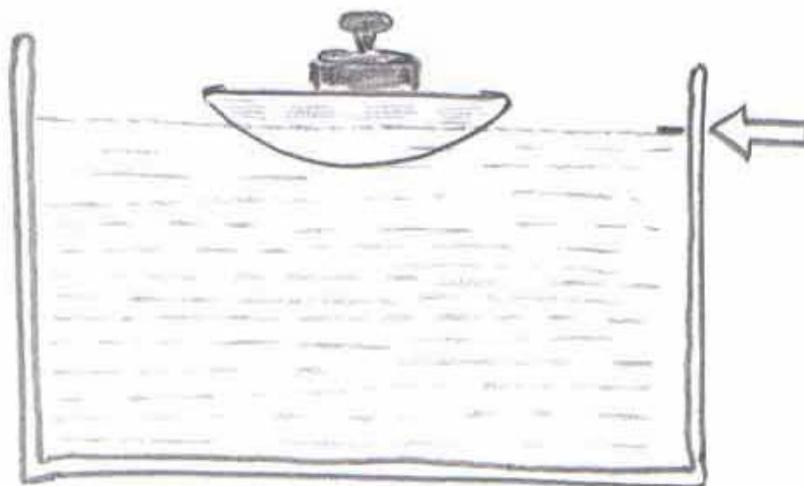
Kernpunkt:

- Auftrieb, Auftriebskraft

Details:

Wasserbecken: ca. 50 cm x 30 cm

Skizze:



Skizze 9.1

Beispiel 12:

Titel: Nagelschmelze

Materialaufwand:

- Transformator mit $N(1) = 600$ Windungen und $N(2) = 6$ Windungen
- Nagel (Anmerkung: der Nagel sollte die Sekundärseite des Transformators kurzschließen. Eine entsprechende Schraubverbindung sollte den Nagel sekundärseitig festhalten).
- Strommessgerät

Herausforderung: „Tödliche Stromstärken erhitzen den Lehrer nur wenig.“

Ablauf:

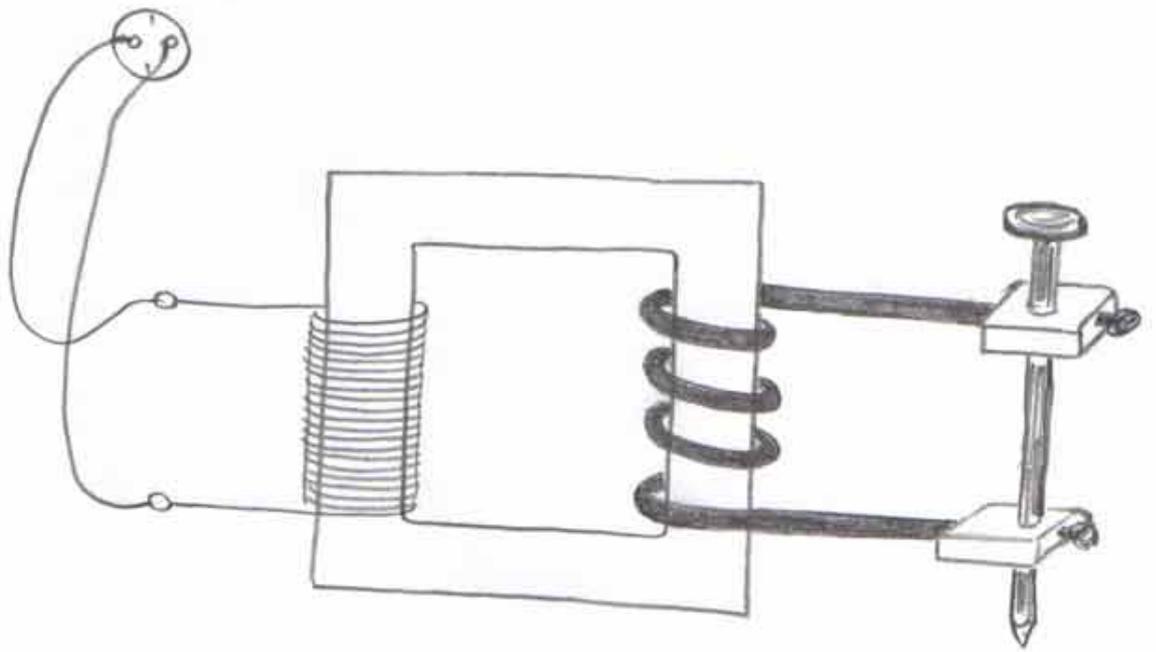
Der Transformator wird primärseitig ($N(1) = 600$ Wdg.) an die Netzspannung angeschlossen. Die Sekundärspule ($N(2) = 6$ Wdg.) wird durch den Nagel kurzgeschlossen (Skizze 10.1). Der Nagel beginnt zu glühen und schmilzt nach kurzer Zeit durch. Der Lehrer wiederholt das Experiment und stellt fest, dass der sekundärseitige Strom jenseits der für einen Menschen tödlichen Stromstärke liegt. Lehrer: „**Demzufolge müsste es entsprechend gefährlich sein, wenn ich die Enden des Nagels mit einem Stück Metall berühren würde.**“ (Skizze 10.2). Dennoch berührt der Lehrer die Enden des Nagels, zieht jedoch die Hände zurück, noch ehe der Nagel durchschmilzt. Der Lehrer denkt laut nach: „**Vermutlich fließt der tödliche Strom über den Nagel und nicht über mich.**“ Der Lehrer provoziert: „**Erst wenn der Nagel durchgeschmolzen ist und der tödliche Strom nicht mehr über diese Kurzschlussverbindung fließen kann, wird es für den Experimentator kritisch. Je besser die Nerven des Physiklehrers, desto länger kann er zuwarten, um im letzten Moment die Hände zurückzuziehen. Schmilzt der Nagel bevor der Lehrer die Hände wegzieht, dann würde der tödliche Strom über den Lehrer fließen. Nun wollen wir einmal meine Nerven testen!**“ Der Lehrer wiederholt das Experiment erneut und wartet furchtlos ab – bis der Nagel durchschmilzt.

Kernpunkte:

- Transformatorprinzip
- Widerstand

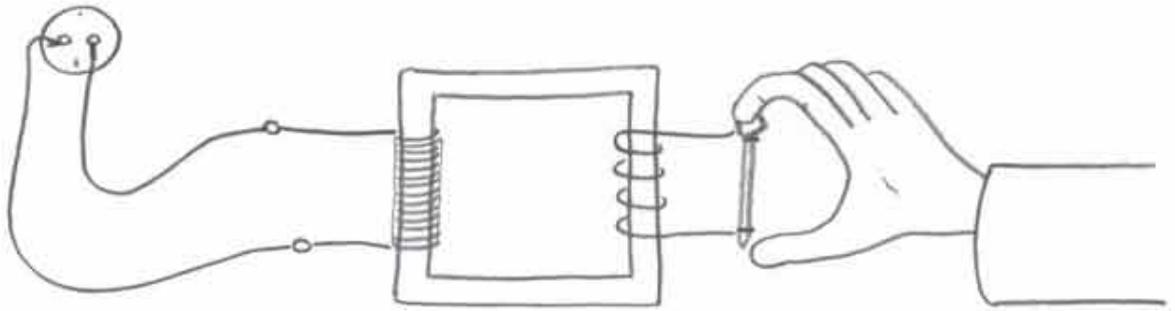
Allgemeine Sicherheitshinweise:

Die Experimentbeschreibung erfolgt ohne Hinweise auf die vielfältigen Vorsichtsmaßnahmen, welche die Sicherheit des Experimentators garantieren. Jeder, der diese Experimente wiederholen möchte, ist für sich selbst verantwortlich – die vorliegende Beschreibung hat lediglich Informationscharakter. Die Risiken sind teilweise erheblich, außer man weiß genau, was man tut.



Skizzen:

Skizze 10.1



Skizze 10.2

Beispiel 13:

Titel: Alles nur (Ein-)bildung

Materialaufwand:

- Spule $N = 500$ Windungen mit Eisenkern
- 4,5 V Batterie
- Verbindungskabel

Herausforderung: „Mit einer 4,5 Volt Batterie kann man sich nicht elektrisieren – oder?“

Ablauf:

Lehrer: „Manche hypersensible Menschen sagen, sie könnten den Stromfluss einer 4,5 Volt Batterie wahrnehmen, wenn sie nur die beiden Kontakte der Batterie in den Händen halten. Natürlich ist dies reine Einbildung. Der Kontaktwiderstand der Hände ist viel zu groß, um einen Sinnesreiz auszulösen. Man müsste schon die Kontakte der Batterie mit der Zunge kurzschließen, um ein schwaches Kribbeln zu spüren. Erstaunlicherweise ist die menschliche Wahrnehmung derart manipulierbar, so dass einige Leute beteuern, sie könnten den Stromfluss einer 4,5 Volt Batterie dennoch mit den Händen bemerken. Fordert man die Leute auf, sich auf die Wahrnehmung in den Händen zu konzentrieren, so bestätigt sogar jeder Dritte, er könne ein leichtes Kribbeln wahrnehmen. Aus physikalischer Sicht ist dies jedoch völlig unmöglich.“ Der Lehrer fordert die Klasse heraus: „Wir wollen einmal sehen, ob ihr auch derart leicht zu beeinflussen seid.“ Der Lehrer bittet einen Schüler heraus und gibt ihm die Kabel in die Hände. (Skizze 11.1). Der Lehrer fragt den Schüler, ob er ein Kribbeln in den Händen spürt. Im Allgemeinen wird der Schüler diese Frage verneinen. Der Lehrer zieht zufrieden das Kabel von der Batterie. Die Reaktion des Schülers (ausgelöst durch die induzierte Spannung) kommentiert der Lehrer: „Das ist sicherlich nur Einbildung. Wir haben hier nur eine 4,5 Volt Batterie.“ Zuversichtlich bittet der Lehrer nun den nächsten Schüler heraus.

Hinweis 1:

Nach einigen Wiederholungen werden die Schüler hoffentlich misstrauisch und vermuten, dass die Elektroschocks doch nicht reine Einbildung sind. Fragt sich nur, wo die Ursache zu suchen ist.

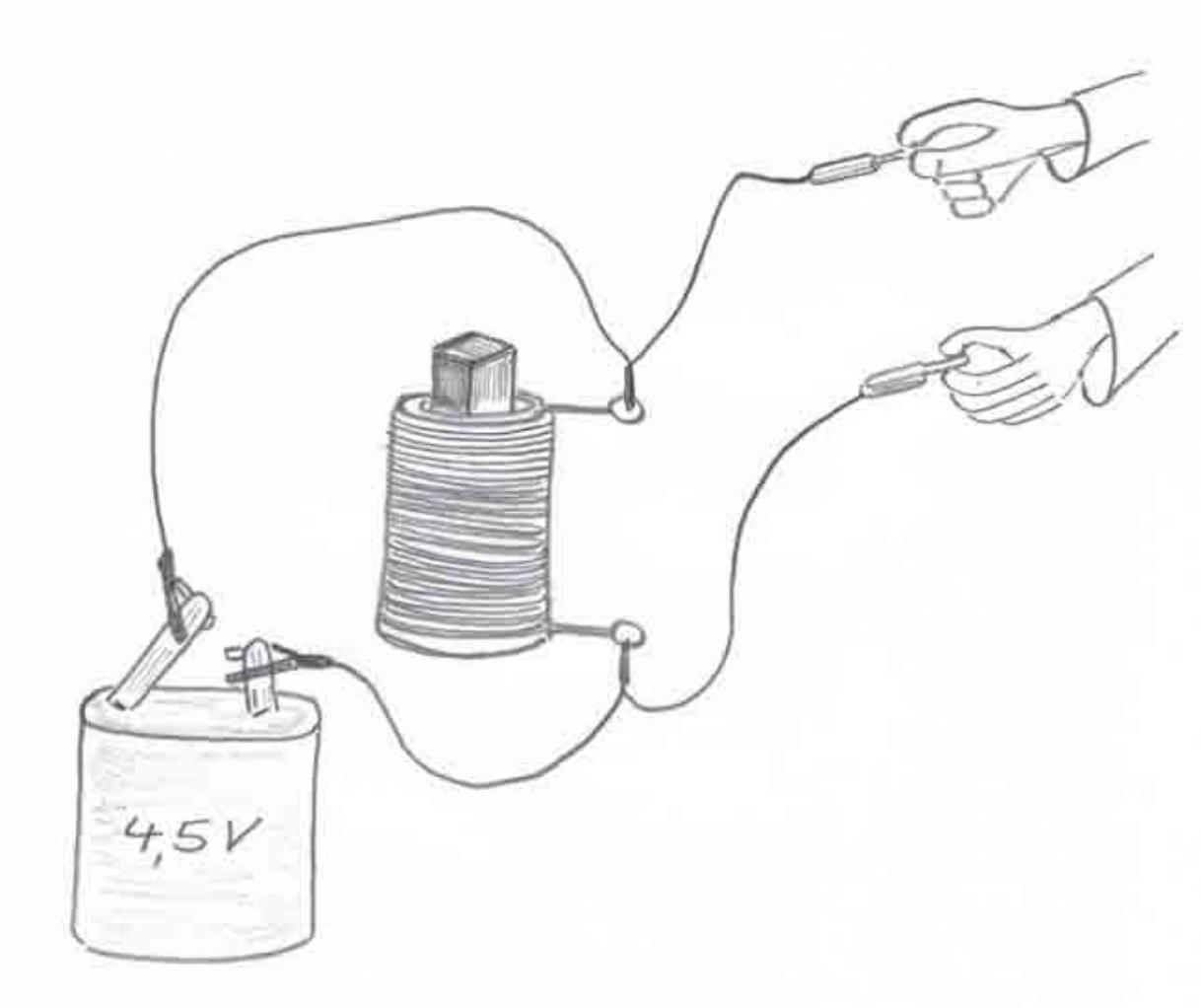
Hinweis 2:

Wird der Lehrer noch vor der Versuchsserie auf die Bedeutung der Spule angesprochen, so lenkt dieser ab und stellt lapidar fest: „Die Spule hat lediglich die Aufgabe den Strom aufrecht zu erhalten – ansonsten könnten wir ja sowieso nichts spüren.“

Kernpunkt:

- Induktion

Skizze:



Skizze 11.1

Beispiel 14:

Titel: Lichterkette

Materialaufwand:

- Zwei 40 Watt Glühbirnen und eine 100 Watt Glühbirne mit Fassung
- Verbindungskabel

Herausforderung: „Warum leuchtet ausgerechnet die stärkste Glühlampe nicht auf?“

Ablauf:

Der Lehrer baut eine Serienschaltung mit den drei Glühbirnen auf. Lehrer: „**Ich habe hier drei Glühlampen – zwei 40 Watt und eine 100 Watt Lampe – in Reihe geschaltet. Was wird passieren, wenn ich diese Reihenschaltung an die Netzsteckdose anschlieÙe?**“ (Skizze 12.1). Der Lehrer führt das Experiment durch und fragt: „**Warum leuchtet eine Glühlampe nicht? Könnte es sein, dass eine Lampe kaputt ist?**“ In der anschließenden Erörterung erwartet sich der Lehrer schlüssige Argumente und Adaptionen des Experimentes für die individuellen Behauptungen. So zum Beispiel könnte man die Glühlampen einzeln an die Netzspannung anschließen und herausfinden, dass keine der drei Lampen defekt ist.

Kernpunkte:

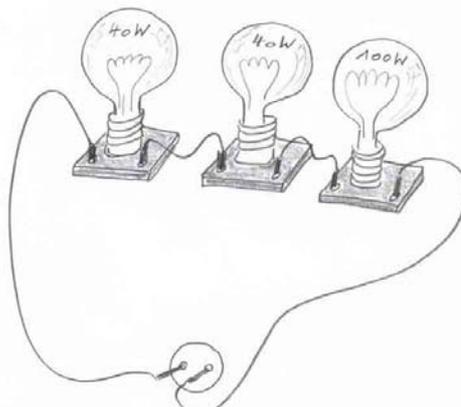
- Serienschaltung
- Elektrische Leistung
- Spannung, Strom, Widerstand

Hinweis 1: In der ursprünglichen Versuchsanordnung sollte sich die 100 Watt Lampe an einem Rand der Serienschaltung befinden. Dies führt meist zum Schülerargument, dass der Strom schon verbraucht ist, ehe er die letzte Lampe erreicht.

Hinweis 2: Prinzipiell lässt sich diese Herausforderung mit nur zwei Glühlampen (40 Watt und 100 Watt) realisieren. Verwendet man jedoch drei Lampen, so können Schüler durch einfache Intensitätsvergleiche die beiden 40 Watt Lampen leichter von der 100 Watt Lampe unterscheiden.

Hinweis 3: Das Experiment fordert zu einer Unzahl von Variationen heraus. So werden die Schüler hoffentlich vorschlagen, einzelne Glühbirnen herauszudrehen, die Reihenfolge und die Anzahl der Lampen zu ändern oder die Lampen in einer Parallelschaltung zu betreiben.

Skizze:



Skizze 12.1

Bedenken bezüglich des Arbeitsmaterials:

Teilweise sind die von mir angeregten Experimente innerhalb der Physiklehrergemeinschaft umstritten. Kritik an einigen der obigen Experimenten veranlassten mich das Arbeitsmaterial nicht im Internet zu veröffentlichen. Um den Disput zu den Experimenten offen zu legen, füge ich die Kritik eines Kollegen und die Stellungnahme von mir an:

A) Kritik eines Kollegen an den Experimenten:

Ich hab´ mir den Artikel "Physik provozieren" näher angeschaut und muss dazu Folgendes feststellen:

- * "Grundgedanken und Absichten" bzw. "Umsetzung ": An sich gut und richtig. Aber wie immer steckt der Teufel im Detail! Auf keinen Fall würde ich vor Schülern Bananenstecker in eine Steckdose stecken!! (So weit ich weiß ist das sogar verboten, aber ich hab´ keine Vorschrift gefunden, in der´s definitiv steht).
- * "Der Tod in der Badewanne": siehe oben; zusätzlich: Trotz des Hinweises, dass jeder für sich selbst verantwortlich sei usw. halte ich die Veröffentlichung dieses Experimentes für gefährlich. Ich könnte sofort eine Namens-Liste von sowohl jüngeren als auch altgedienten und mir persönlich bekannten Kolleg/innen erstellen, die bei einem derartigen Experiment mit hoher Wahrscheinlichkeit zumindest zu Schaden kommen würden! Aus meiner Sicht ist das etwas zuviel an Provokation!
- * "Lehrer steht unter Strom": Bedenken wie oben. Würde ich auch nicht gerne publiziert sehen.
- * "Physikalische Therapie": Gegen diese Anregung ist nix einzuwenden. Der Erfolg hängt sicherlich vom schauspielerischen Talent der Lehrperson ab!
- * "Ungenügende Reflexion": wie oben
- * "Der unzerstörbare Luftballon": wie oben!
- * "Lichtpanscherei": übliches Schulexperiment; die Provokation hält sich in eher engen Grenzen.
- * "Wer trägt die Last?": gut durchdachte Experimentier-Abfolge zum Thema Auftrieb usw.
- * "Geteiltes Gleichgewicht": ebenso
- * "Wasserstandsmessung": ebenso
- * "Nagelschmelze": Möglich; nur würde ich unbedingt eine Netzspule verwenden, um nicht Bananenstecker in eine Steckdose plazieren zu müssen!
- * "Alles nur (Ein-)bildung": Ich hab´ ein tief empfundenes Misstrauen gegen alle Experimente, bei denen ein Schüler/eine Schülerin "den Strom spüren" soll! Ich hab´ auch was gegen das statische Aufladen einzelner Schüler/innen und erst recht ´was gegen Induktionsströme durch Schüler/innen-Körper. Der Grund dafür ist simpel: Vor Jahren hab´ ich von einem Kollegen erzählt bekommen, dass er seine Klasse als Schülerkette statisch aufgeladen hatte. Dabei ist eine Schülerin ohnmächtig geworden. Der Grund war ein verborgener Herzfehler, der sich erst bei diesem Experiment heraus gestellt hatte. Obwohl ich früher auch solche "Spielchen" gemacht hatte hab´ ich´s mir seither gründlich abgewöhnt. Der Teufel schläft nicht ! Und es gibt genügend andere Experimente, wie man sowohl statische Aufladungen als auch Induktionseffekte sowohl eindrucksvoll als auch "provokant" unterrichten kann!
- * "Lichterkerette": Ein klassisches Experiment ! Kann aber auch -ohne

Erkenntnisverlust - mit Niederspannung sogar als Schülerexperiment durchgeführt werden, etwa mit 6V/50 mA-, 6V/250 mA-, 6V/3W-, 6V/15W- und 6V/30W-Birn(ch)en.

Ich hoff', damit deine Frage nach der Publizierbarkeit erschöpfend beantwortet zu haben.

Der Denkansatz, Physikunterricht provokant zu gestalten, ist durchaus begrüßenswert, doch sollte man - glaube ich - die Kirche im Dorf lassen.

B) Meine Stellungnahme:

Wie vordergründig und scheinheilig sind unsere Ambitionen Schüler ernsthaft über die Zeitkonstante eines RC - Zweiges aufzuklären, wenn wir uns indirekt eingestehen, dass wir unsere Schüler nicht soweit bringen, einen einfacheren Sachverhalt (Gefahren des Wechselstroms im Haushalt) richtig, fachkundig und tief greifend verstehen zu können? Welchen anderen Grund könnte es geben bestimmte Experimente (z.B. „Tod in der Badewanne“) den Schülern „sicherheitshalber“ nicht zu zeigen? Offensichtlich sind wir uns nicht sicher, dass wir das entsprechende Verständnis für grundlegende Zusammenhänge im Unterricht so weit aufbauen können, dass die Schüler (der Oberstufe / Maturaniveau) sinnvolle, verantwortungsbewusste Rückschlüsse auf Phänomene ihrer Alltagswelt ziehen können (oder mit diesen verknüpfen können). Wie sonst könnte ich mir erklären, dass wir unseren Schülern nicht einmal zutrauen, kompetent und selbständig entscheiden zu können, ob der Lehrer auf eine „unter Strom stehende“ Metallplatte steigen kann („Lehrer steht unter Strom“)? Dies kommt einem Eingeständnis gleich, dass wir keine reife naturwissenschaftliche Haltung bei unseren Schülern bilden können. In Anbetracht der Lehrziele eines üblichen Physikunterrichts in der 7. Klasse stelle ich mir die Frage: Wie ist es möglich, dass Schüler zum Beispiel das Potential zweier unendlich langer, geradliniger, paralleler Linienladungen ausrechnen können, jedoch andererseits grundsätzliche Fähigkeiten (ein Gespür für die Aussagekraft des Ohmschen „Gesetzes“) nicht entwickeln?

Es ist zu befürchten, dass ich den Eindruck erwecke, die „Physik provozieren“ – Experimente verteidigen zu wollen. Ich bin jedoch sehr dankbar für die Überlegungen und Bedenken meines Kollegen. Man kann sich natürlich auf den Standpunkt stellen, es ist schieres Glück, dass ich noch nie für leichtsinnige Gefährdung eines Schülers vor Gericht zur Verantwortung gezogen wurde. Dennoch möchte ich festhalten, dass es sich bei den beschriebenen Experimenten nicht um Schülerversuche handelt. Und ich sehe keinen Grund, die Physiklehrerausbildung derart zu kritisieren, dass Physiklehrer (Zitat aus der Stellungnahme: „Ich könnte sofort eine Namens-Liste von sowohl jüngeren als auch altgedienten und mir persönlich bekannten Kollegen/innen erstellen, die bei einem derartigen Experiment mit hoher Wahrscheinlichkeit zumindest zu Schaden kommen würden“) durch die Experimente gefährdet wären.

KAPITEL 5: SCHÜLERBERICHTE

Bericht 1:

„Neuer Physikunterricht“

Die ersten Stunden in der 5. Klasse waren sehr ungewohnt, da wir drei Jahre lang den klassischen Unterricht gewöhnt waren. Es wurde jede Stunde geprüft,

Frontalunterricht und Diktate ins Heft. Wenn ich irgendetwas von diesem Stoff wiedergeben sollte, hätte / habe ich keine Ahnung mehr. Ich hab' jede Stunde auswendig gelernt, eine gute Note aufgesagt und sofort alles wieder vergessen. Das finde ich im Nachhinein sehr schade, weil ich eigentlich umsonst den Unterricht besucht habe. Dann der „neue Physikunterricht“. Am Anfang war eine enorme Umstellung, vor allem war ich nicht daran gewöhnt, eigenständig „physikalisch“ zu denken. Plötzlich war alles, was damals logisch erschien falsch. Die „Rätsel“, also die Fragen und die Experimente, erweckten meine Neugier für die Materie. Es gab endlich einmal lebensnahe Beispiele und spannende Diskussionen, was stimmt und was nicht. Meiner Meinung nach ist / war das genau der richtige Weg, um ursprüngliche „Physikmuffel“ zu interessierten „Physikern“ zu machen.

Das Austeilen von Zetteln – Fragen und Antworten machen – finde ich eine gute Art Noten zu machen. Denn man erkennt daran sehr wohl einiges. Meiner Meinung nach lässt sich zugleich das Wissen, das Verständnis des Stoffes und das Engagement des Schülers erkennen. Man hat weiters die Möglichkeit trotz Krankheit das Erlernete so nachzuholen.

Wichtig finde ich es außerdem, dass die „Physics for Fun“ - Aktivitäten am Anfang der Stunde erhalten bleiben. Sie sind spannende (Geschirr bzw. Tischtuch wegziehen) und lustige (Ei auf der Zimmerdecke; Ei am Dachboden; im Stromkreis stehen) Geschehnisse physikalischer Art, die das Interesse vieler Schüler haben. Teilweise verblüffend und total eigenartig erschienen mir diese Experimente, weshalb ich dann auch unbedingt die Erklärung dafür wissen wollte.

Was leider in den letzten Monaten etwas verloren ging, sind die kleinen Diskussionen bzw. die Diskussionen im kleinen Kreis, in denen die Fragen der Schüler diskutiert wurden. Das hat mich immer sehr interessiert und gefallen. Außerdem ist es super, dass man sich je nach Thema zum Mitmachen entschließen kann oder auch nicht. Dadurch ist das Interesse und der Wille zu lernen bzw. zuzuhören in der kleinen Gruppe schon gegeben; also auch viel höher / größer als bei Diskussionen mit der ganzen Klasse. Ich erinnere mich an die Diskussion, warum der Himmel blau ist; an die Diskussion, ob es stimmt, dass jede Sekunde zwischen Blitz und Donner einem Kilometer entspricht (falsch); die Diskussion warum die Fliege im Auto oder Zug nach vor fliegen kann und nicht schon an der Rückscheibe klebt, wenn das Auto oder der Zug fährt und an viele weitere – wenn ich sie alle aufschreibe, muss ich ein Buch veröffentlichen. Ich will also verdeutlichen, dass ich mich an diese Diskussionen und Ergebnisse noch erinnere und deshalb bei weitem mehr gelernt habe, als in der Unterstufe mit dem „alten Unterricht“. Ich denke, wir haben in der Oberstufe ein gewisses „physikalisches Grundverständnis“ bekommen. Und das finde ich persönlich viel wichtiger als 20 Formeln zu können, die man ja eh innerhalb eines Jahres wieder vergisst.

Abschließend muss ich sagen, dass ich vom „neuen Physikunterricht“ sehr profitiert habe. Es ist eine neue Form des Unterrichts, die – wie ich glaube – die Zukunft sein wird, da es (für mich) eine sichere Methode ist ohne viel Stress zu lernen, und zwar so, dass ich es nicht sofort wieder vergesse und es wirklich etwas bringt, für die Allgemeinbildung und das Leben. Lassen Sie sich nicht unterkriegen, ich bin absolut von diesem Unterricht überzeugt.

Eigener Kommentar zu diesem Bericht:

Bezugnehmend auf folgende Passage: „Was leider in den letzten Monaten etwas verloren ging, sind die kleinen Diskussionen bzw. die Diskussionen im kleinen Kreis, in denen die Fragen der Schüler diskutiert wurden.“

In diesem Zeitraum hatte ich die Relativitätstheorie und eine Einführung in die Quantenmechanik behandelt. Für die beiden Themenkomplexe eignet sich meiner

Meinung nach der Lehrervortrag am Besten.

Bericht 2:

„Physics“

For me, the best „Physics time“ in my life was the first year you were my teacher. I can remember almost every Physics for Fun you made with us, and I guess that's also the thing I am going to take with me for life. I loved to look at your experiments, think about it and then also draw conclusions out of them. This year, the thing about the theory of relativity isn't really the thing I like the most, but when I get to listen, it also seems interesting.

Eigener Kommentar zu diesem Bericht: Ich habe in dieser Klasse (Sprachzweig des Gymnasiums) den Physikunterricht bilingual abgehalten. Dies erklärt den englischsprachigen Bericht.