

Orthopäden als Herzchirurgen?

Diese Frage drängt sich auf, wenn man den Entwurf zum Lehrerdienstrecht liest! In der Chirurgie wird Pfusch zur Lebensgefahr. Zu Recht wird der Anspruch auf höchste Professionalität gestellt. Wer als Arzt oder Ärztin nicht nach dem aktuellen Stand der Medizin, nicht *lege artis*, (be)handelt, verletzt die ärztliche Sorgfaltspflicht und hat mit Konsequenzen zu rechnen. Vielerlei Kompetenzen werden im Medizinbereich verlangt, menschliche wie fachliche.

Nicht anders ist der Beruf einer Lehrkraft zu sehen. Lehrende haben nicht nur Jugendliche in der Schulzeit zu begleiten, sondern entsprechend dem Stand der Lehrkunst die Entwicklung der ihnen Anvertrauten zu mündigen Menschen zu unterstützen. Vielleicht hat es bei den Neandertalern genügt, bei einem Meister der Mammutjagd zu lernen – was bei der erreichten Kulturstufe doch nicht ausgereicht haben mag, um in der Sippe Ansehen zu haben und zum Überleben der Gruppe beizutragen.

Heute sind die Anforderungen an die Menschen weit komplexer und eine Ausbildung durch die Eltern- und Großelterngeneration auf dem Wissenstand von Durchschnittsbürgern wird die Jugendlichen nicht zum Verständnis der Welt ermächtigen und nicht auf die Zukunft vorbereiten.

Unter Schiffbrüchigen auf einer einsamen Insel mag es optimal sein, wenn Ältere aus ihrer Lebenserfahrung heraus die Jüngeren unterrichten, aber auf Dauer wird es zu wenig bringen. Die Absicht, Lehrkräfte fachfremd in allen Altersstufen bei Bedarf einzusetzen, zeigt das Unverständnis und verantwortunglose Handeln der Verantwortlichen. Die Misere der Kleinkinderbetreuung in Kindergärten durch eine zu geringe Zahl an gut ausgebildeten Elementarpädagoginnen und dazu bemühte Helferinnen wird damit in die Sekundarstufen weitergetragen. Langsam setzt sich – aber kaum bei unseren Politikern – die Einsicht durch, dass alle Volkschullehrkräfte mit den Kindern singen und musizieren (können) sollten, und dass man für einen sinnvollen Sachkundeunterricht auch fachliche und fachdidaktische Fähigkeiten braucht. Dies gilt umso mehr für den Unterricht in allen Fächern der Sekundarstufen!

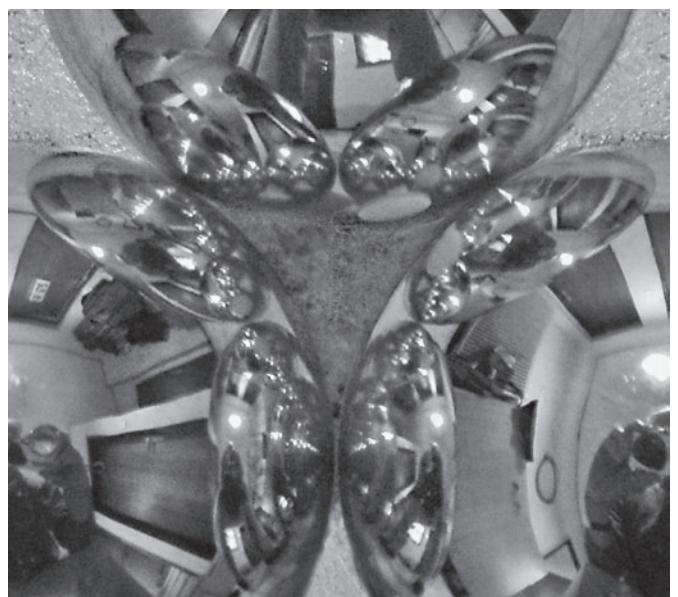
Daher zeigt der Dienstrechtsentwurf, dass die Schule offensichtlich bisher bei unseren Politikern und –innen versagt hat: Den derzeit vom Reformeifer getriebenen Politikern und Ministerialbeamten ist der Sinn der Schule nicht vermittelt worden. Bei den besten Lehrern zu lernen bringt optimalen Fortschritt, individuell und der Klasse insgesamt! Dies sollten die neue LehrerInnen-Bildung und ein modernes Dienstrecht unterstützen. Die Forderung an eine neue

Erinnerung an Werner Rentzsch

Der Tod von Werner Rentzsch hat mich besonders erschüttert. Immer lebensfroh und tatenlustig hat Werner uns nach kurzer Krankheit verlassen. Als kleines persönliches Andenken möge die Abbildung dienen. Als ich ihn einmal fragte, ob er für eine Demonstration der Abbildungsverhält-

nisse an Kugelspiegeln Rosenkugeln habe, verspiegelte er mir 3 Rundkolben. An ihnen lässt sich eindrücklich die unendliche Spiegelung an gekrümmten Flächen studieren. Für mich sind sie eine schöne Erinnerung.

Danke Werner!



Lehrerbildung, an ein neues Dienstrecht hat ein anonymer Beitrag in der „Presse“ (11.10.2013, online) auf den Punkt gebracht: „Nach 30 Jahren Überengagement in der Schule kann ich nur sagen: jede Lehrperson, die nicht weiß, wovon sie redet, und nicht das Profil hat, das authentisch zu vermitteln, ist verloren.“ Und dem bleibt nur hinzuzufügen: „... und wertvolle Jugendzeit wird in der Schule vergeudet.“

Mehr zur Bedeutung einer exzellenten fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung ist in Beiträgen der Tageszeitungen „Die Presse“ und „Der Standard“ über Ergebnisse internationaler Studien zur Lehrerbildung anlässlich von Referaten von Prof. Sigrid Blömeke (Berlin) (online: 31.1.2011 und 11.10.2013) zu finden.

Sehe ich die Zukunft zu düster? Die erste Nummer von PLUS LUCIS im Jahr 1993 enthielt die Frage „Ende des naturwissenschaftlichen Unterrichts an berufsbildenden Schulen?“ und Professor Nachtigalls „Krise des Physikunterrichts“. Seither gab es TIMSS- und PISA-Schock. Heilsame Schocks, denn nun wurde bewusst, dass in Österreich mehr auf die Qualität des Lernens geachtet werden sollte. Das – dank der Überzeugungsarbeit des unermüdlichen Konrad Krainer – immer wieder vom Unterrichtsministerium finanziell unterstützte Programm IMST führt in Schritten zu interessanten Unterrichtsentwicklungen, die alljährlich vergebenen IMST-Preise zeigen erfreuliche Beispiele von fachlich exzellentem und zugleich motivierendem Unterricht. Dass Lehrkräfte trotz bürokratischer Hürden und öffentlichem Schlechtmachen von Lehrkräften und Schulen sich weiterentwickeln möchten und dabei wachsen, zeigen die erfolgreichen PFL-Lehrgänge. Also doch Hoffnungsschimmer am Horizont?

In eigener Sache

Vor zwanzig Jahren erschien PLUS LUCIS zum ersten Mal mit der Frage „Eintagsfliege oder Dauerrenner“ und hat nun rund 40 Ausgaben erreicht. Als aufmerksame Leser/innen werden Sie den Eindruck gewonnen haben, dass diese Ausgabe überfällig ist. Leider haben Sie Recht. Es wird Zeit, dass die Pferde gewechselt werden. Daher kümmern sich ab der nächsten Ausgabe, die bereits vorbereitet wird, Prof. Martin Hopf, Prof. Anja Lembens, Prof. Leopold Mathelitsch und weitere Kolleginnen und Kollegen um PLUS LUCIS. Dem Trend der Zeit folgend werden künftig alle Abbildungen farbig gedruckt, ein erster Schritt erfolgt mit dem Umschlag dieser Nummer.

Auch in Zukunft werden die Ausgaben online verfügbar sein, und dies ohne Einschränkung für alle, die Interesse am Inhalt haben. Ausständig ist ein Gesamtverzeichnis. Immer wieder wurde aus dem deutschsprachigen Ausland angefragt, ob einzelne Beiträge im Unterricht verwendet oder verlinkt werden dürfen. Wenn ich eine ältere Ausgabe zur Hand nehme, bin ich immer wieder überrascht, welche größeren und kleineren Schätze hier zu heben sind. Ich möchte an dieser Stelle Allen, die in den 20 Jahren Beiträge geliefert haben, herzlich danken.

Hier möchte ich auch des treuen Mitarbeiters Werner Rentzsch gedenken, der vor 20 Jahren die Herausgabe einer Zeitung des Vereins gefordert hat, „Plus lucis“ – den Wahlspruch von Auer v. Welsbach – als Namen vorgeschlagen hat und immer Beiträge geleistet hat. „Mehr Licht“ in den Unterricht und die Ideen von Kolleginnen und Kollegen stärker ins Licht zu rücken ist weiter die Aufgabe von PLUS LUCIS.

Auf ein Wiedersehen bei der Fortbildungswoche 2014!

Ihr Helmut Kühnelt

Administratives

In Kürze werden wieder die Zahlscheine, nun „Zahlungsanweisung“ genannt, ausgesandt. Wie sicher schon fast zum Überdruss bekannt ist, sind statt der Kontonummer und Bankleitzahl künftig der/die/das IBAN zu verwenden, auf den ausgesandten Formularen sind sie bereits aufgedruckt. Alte Zahlscheine sind nach dem 31.1.2014 ungültig.

Zwei Bitten:

- Bei **Internet-Überweisungen** geben Sie bitte in das Feld „Zahlungsreferenz“ die 12-stellige Kennzahl ein, die am Formular vorgedruckt ist.
- **Adresskorrekturen** am Zahlschein werden erst gegen Ende des Vereinsjahr bearbeitet, da die Belege nur quartalsweise von der Bank zugeschickt werden. Bitte Adressänderungen UNBEDINGT schriftlich oder per E-Mail direkt an vfpca@thp.univie.ac.at mitteilen.

E-Mail-Adressen: Wenn Sie eine E-Mail-Adresse haben und Ihre E-Post lesen, ersuchen wir Sie, uns Ihre E-Mail-Adresse an vfpca@thp.univie.ac.at zu senden, dies auch nach Änderungen. (Eine größere Anzahl Accounts auf schule.at und aon.at sind nicht mehr gültig!)

Über die Mailing-Liste erhalten Sie in unregelmäßigen Abständen kurze Nachrichten zu aktuellen Anlässen. Zusätzlich mögen Sie Ihre Daten auf der Anmelde-Website zur Fortbildungswoche kontrollieren und korrigieren. Diese Daten sind aus Sicherheitsgründen nicht mit anderen Daten verknüpft, daher individuell und gesondert zu korrigieren.

Mündliche Matura in Physik

Martin Hopf

Momentan bewegen uns tiefgreifende Änderungen im Bildungssystem. Besonders die seit dem schlechten Abschneiden Österreichs in Studien wie PISA, TIMSS, etc. immer mehr in den Blick genommene Kompetenzorientierung verändert viele Dinge. Dazu zählt auch die Matura. In Zukunft soll die Reifeprüfung kompetenzorientiert gestaltet werden. Es geht also im modernen Physikunterricht nicht vorrangig um das Abarbeiten von Themenkatalogen (Lehrzielen). Der Fokus richtet sich auf die Kompetenzen der Schülerrinnen und Schüler, also diejenigen Fähigkeiten und Fertigkeiten, die im Unterricht erworben wurden und aktiv zur Verfügung stehen.

In einer vom BMUKK beauftragten Arbeitsgruppe (Martin Hopf, Manfred Andorf, Martin Apolin, Ilse Bartosch, Ronald Binder, Gabriele Graninger-Pohle, Josef Gröchenig, Claudia Haagen-Schützenhöfer, Susanne Neumann, Erich Reichel und Hildegard Urban-Woldron) wurde daran gearbeitet, wie sich die Rahmenbedingungen der neuen Matura am ehesten in die Schulpraxis umsetzen lassen. Das Ergebnis dieser Arbeitsgruppe steht online als Leitfaden zur neuen, kompetenzorientierten mündlichen Matura zur Verfügung: http://www.bmukk.gv.at/medienpool/22244/reife-pruefung_ahs_lfph.pdf

In aller Kürze sollen im Folgenden wesentliche Aspekte zusammengefasst werden, der Leitfaden diskutiert alle Aspekte detailliert. Für die Naturwissenschaften hat sich ein dreidimensionales Kompetenzmodell bewährt. Es besteht aus den drei Bereichen

- W Innerphysikalisches Fachwissen
- E Der Prozess, in dem physikalisches Fachwissen generiert wird, also z.B. durch Experimentieren, und
- S Über innerphysikalische Zusammenhänge hinausgehende Aspekte.

Dieses Kompetenzmodell liegt den Bildungsstandards der Unterstufe zu Grunde und wird nun auch für die Oberstufe und die kompetenzorientierte Matura maßgebend. Schülerrinnen und Schüler sollen in allen drei Bereichen Kompetenzen erwerben.

Die Themen der Oberstufe werden in Zukunft in der Matura in der Form von Themenpools zusammengefasst werden. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, die Themenpools in übergreifenden Themen zu formulieren.

Mögliche Themen könnten dabei sein:

Univ. Prof. Dr. Martin Hopf, AECC Physik, Universität Wien, ersucht um Rückmeldungen unter martin.hopf@univie.ac.at

• Astronomie, Astrophysik und Kosmos
• Berühmte Experimente
• Energie und Nachhaltige Energieversorgung
• Erhaltungsgrößen
• Felder
• Information und Kommunikation
• Modelle und Konzepte
• Modellierung und Simulation
• Möglichkeiten und Grenzen der Physik
• Naturkonstanten, ihre Bedeutung und Anwendung
• Naturphänomene
• Paradigmenwechsel in der Physik/ Entwicklung der Weltbilder
• Physik als forschende Tätigkeit, Physik als Beruf
• Physik des 18. und 19. Jahrhunderts
• Physik und Alltag
• Physik und Biologie/Medizin
• Physik und Philosophie
• Physik und Sport
• Physik und Technik
• Physik vom Ende des 19. Jahrhunderts bis heute
• Strahlung
• Teilchen
• Vereinheitlichungen in der Physik
• Vermessung des Mikro- und Makrokosmos
• Von der Naturphilosophie der Antike zur Naturwissenschaft der Neuzeit
• Voraussagekraft von Theorien
• Wellen
• Wetter, Klima, Klimawandel
• Zufall in der Physik

Im Leitfaden ist danach exemplarisch dargestellt, wie die Inhalte der Oberstufe diesen Themen zugeordnet werden könnten. Zudem werden einige Vorschläge für Matura-beispiele gemacht. Wir hoffen, dass der Leitfaden die Diskussionen in den Fachkollegien der Schulen unterstützt, und freuen uns über Rückmeldungen.

Kann Physik populär unterrichtet werden?

Leo Ludick

Dass Physik „per se“ als unbeliebt und zu „schwer“ gilt, kann streng genommen nicht vertreten werden. Zum einen freuen sich die meisten Schülerinnen und Schüler in der zweiten Klasse der Sekundarstufe I auf das neue Fach Physik, zum andern gehen Hunderttausende in Science Center und war ein Millionenpublikum von der Fernsehsendung „clever! - Die Show, die Wissen schafft“ begeistert. Andererseits gibt es aber auch unzählige Befunde, dass die Schüler in den nächsten Jahren, ja schon in den ersten Monaten der 2. Klasse, diese Freude an Physik verlieren.

Gesellschaftlich wird es durchaus akzeptiert, von Physik nichts zu verstehen. Man entschuldigt dieses Defizit dadurch, dass man Physiker für „äußerst gescheit“ hält. Etwa nach dem Motto: „Ich verstehe Physik nicht, also musst du, der du Physik verstehst, sehr gescheit sein.“

Physikalische Erklärungen kommen sowohl bei TV-Wissenschaftsshows wie auch in Science Center bestens an, obwohl sich beide grundlegend unterscheiden: Hier reiner, passiver Konsum und dort notwendige Selbsttätigkeit.

In Wissenschafts-TV-Sendungen werden Showeffekte, Trickfilmsequenzen, Zeitraffer- und Zeitlupenaufnahmen eingesetzt und es wird oft mit Alltagsgeräten gearbeitet. Ein weiterer entscheidender Punkt ist, dass Wissen nicht aufgebaut wird, sondern dass man stets von einem beobachteten Phänomen ausgeht, das – wenn möglich – verblüffend sein soll. Man geht also von Fragestellungen aus. Es ist das Experiment, das verblüfft, und nun will der Zuschauer wissen, wie es funktioniert.

Ein wichtiger Aspekt dabei ist: Die Experimente sind einfach und übersichtlich gestaltet, oder es wird das Phänomen mit der Kamera überdimensional gezeigt.

Und noch etwas muss festgehalten werden: Bei den erfolgreichen Wissenschaftssendungen kommt dem Erklärer oder dem Moderatorenteam eine entscheidende Bedeutung zu: Sie sprechen eine klare, einfache Sprache frei von Fachbegriffen.

HR Mag. Leo Ludick, AHS-Lehrer für Physik, Mathematik und Chemie seit 1971. Fachdidaktiker an der JKU-Linz von 1987 bis 2000. Direktor des BRG Wels von 1992 – 2010, pädagogischer Berater des Science Centers WELIOS in Wels. Er wurde 2011 mit dem Roman-Ulrich-Sexl-Preis ausgezeichnet. E-Mail: leo.ludick@eduhi.at

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen nur eine Geschlechtsform gewählt. Dem Autor ist es ein besonderes Anliegen darauf hinzuweisen, dass dies keine Diskriminierung des nicht explizit erwähnten Geschlechts bedeutet.

Sehen wir uns nun die Didaktik der Science Center an: Es sind drei herausragende Bedingungen, dass aus dem Zuschauer ein aktiv Arbeitender wird:

- 1) Man darf selbst etwas tun. Selbsttätigkeit führt den Besucher direkt ins Experiment hinein. Und wenn Laotse formuliert hat, dass man etwas dann aufnimmt, wenn man es selbst getan hat, so hat er vollkommen Recht. Lernt man Schwimmen dadurch, dass einem ein Lehrer sagt, wie es geht, oder indem man jemandem beim Schwimmen zusieht? Nein, das Schwimmen lernt man durch Tun!
- 2) Im Science Center bestimmt nicht der Lehrer sondern der Besucher selbst, wie tief er in die Materie eindringen will. Ob er sich nur am Phänomen erfreuen will oder ob er auch die Hintergründe erfahren möchte.
- 3) Science Center bieten zumeist einladende Räume, in denen man sich wohlfühlen kann. Wir wissen aus der Lernpsychologie: Wenn man sich wohlfühlt, lernt man leichter.

Bedeutet dies für den Unterricht, dass man diesen „science-center-artig“ gestalten und als Entertainer oberflächlich über die Physik huschen soll? Kann man so den Lehrplan erfüllen und Studierfähigkeit erreichen? Physikunterricht als reines Entertainment ist nicht anzustreben. Es wäre zu wenig, wenn die einzige Erinnerung der Schüler an den Physikunterricht durch die Aussage, „des waren immer klasse Stunden“, abgedeckt wäre. Trotzdem müssen sich Physiklehrer und Fachdidaktiker die Frage stellen, was man denn von Science Center und TV-Wissenschaftsshows in den Unterricht übernehmen kann. Und das ist doch einiges!

Zu Beginn dieser Auseinandersetzung muss wohl klarlegt werden, für wen der Physikunterricht an den Schulen, insbesondere an den Gymnasien, sein soll. Da gibt es eine klare Priorität: Nicht künftige Physikstudenten müssen im Fokus stehen. Der Unterricht im Regelfach Physik muss jene im Blick haben, für die der Physiklehrer der letzte Physiker ist, mit dem sie es im Leben zu tun haben. Wenn heute in der Gesellschaft das Image der Physik schlecht ist, dann hat unser Physikunterricht versagt. Denn alle haben bereits in der Sekundarstufe I mehrere Jahre Physikunterricht genossen. Für künftige Studenten der Physik ist Raum genug in Begabtenkursen, Wahlpflichtgegenständen, Olympiade-kursen und ähnlichen zusätzlichen Angeboten.

Daraus ergibt sich eine erste Forderung an die Physiklehrer:

- **Nehmen Sie Verantwortung wahr, dass Sie für einen Großteil der Bevölkerung das Bild des Physikers und der Physik prägen!**

Den vorhin dargestellten Institutionen gelingt es, dass Physik positiv bewertet wird. Daraus kann etwas Wichtiges gelernt werden: Der Unterricht soll von den Fragestellungen der Schüler ausgehen. Nicht zuerst die Dispersion des Lichts erklären, um dann zu sagen, dass wir den Regenbogen damit erklären können. Bis zu diesem Ziel haben einen die Schüler in ihrer Aufmerksamkeit schon längst verlassen. Warum nicht von der Frage ausgehen, weshalb der Regenbogen gebogen ist, oder ob man unter einem Regenbogen durchgehen kann? In einem offenen Unterricht kommen auch von den Schülern viele Fragen, an denen man Physik „aufhängen“ kann.

- **Der Unterricht in Physik sollte, so oft es geht, von Fragestellungen ausgehen!**

Man hört oft, dass der Physikunterricht deshalb unbeliebt sei, da man zu wenig Alltagsbezug findet. In der Tat glaubt einem Physiklehrer kaum jemand, dass alle Körper gleich schnell fallen, denn das tun sie ja auch nicht im „wirklichen“ Leben. In den Köpfen der Schüler haften die sogenannten „Präkonzepte“. Darunter versteht man Vorstellungen, die man sich als Kind zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene zurechtgelegt hat. Und solche Präkonzepte sind extrem langlebig. Ich staunte immer wieder über die Antworten, die Lehramtsstudenten auf die Frage „Warum die Astronauten schwerelos sind?“, gaben. Zu oft wurde da die Erdanziehungskraft durch die Fliehkraft kompensiert. Also selbst Lehramtsstudenten führen noch falsche Präkonzepte mit sich.

Der Satz, dass die im Schmelzpunkt zugeführte Wärme die Temperatur eines Körpers nicht erhöht, wird zwar als Merksatz bei Prüfungen richtig wiedergegeben, geglaubt wird er allerdings nicht, wie ich selbst in meinem Unterricht feststellen konnte. Nachdem am Beginn der Unterrichtsstunde der Merksatz „abgeprüft“ und richtig von Schülern formuliert wurde, folgte das Experiment: Es wurden mehrere Bechergläser mit Schnee und Eis gefüllt. In Schülergruppen wurde nun mittels Brenner bzw. Kerzen Wärme zugeführt und nach Umrühren die Temperatur abgelesen. Nach drei oder viermaligem Ablesen rief eine Schülerin plötzlich: „Das wird ja wirklich nicht wärmer!“. Merksätze, die einem Präkonzept widersprechen, werden gelernt, aber nicht verinnerlicht!

- **Falsche Präkonzepte lassen sich durch Erfahrung leichter verändern!**

Von den Science Centers kann man noch etwas anderes lernen: Die Eindringtiefe in ein Gebiet bestimmt der Besucher selbst. Natürlich gehört zur physikalischen Ausbildung in der Oberstufe die Mathematisierung, aber dass aus dem Physikunterricht zwei oder drei weitere Mathematikstunden

werden, ist mit aller Schärfe abzulehnen. Brauchen das wirklich alle Oberstufenschüler? Der Lehrplan gibt dazu nicht die Legitimation. Dort heißt es in den didaktischen Grundsätzen „Die individuell verschiedene Leistungsfähigkeit ist durch differenzierte Aufgabenstellungen zu berücksichtigen. Neben dem kognitiven Bereich sind Handlungsfähigkeit und Problemlösungskompetenz zu berücksichtigen. Geeignet sind dafür beispielsweise Interpretation fachbezogener Medienberichte, Planung, Durchführung, Auswertung und Protokollierung von Experimenten, Fragenformulierung und Hypothesenbildung.“

Natürlich soll man, um richtig verstanden individuell zu unterrichten, exemplarisch das eine oder andere Mal in die Tiefe und auch in die Mathematisierung eindringen.

Aber: Ist es nicht auch eine sehr gute Leistung, wenn ein Schüler das Phänomen der Lichtbrechung sauber mit eigenen Worten erklären kann. Muss man von jedem Schüler das Snelliussche Brechungsgesetz in mathematischer Form verlangen? Verstecken nicht Physiklehrer manchmal die Physik hinter mathematischen Formulierungen?

Zum individuellen Unterrichten gehören auch individuelle Leistungsanforderungen. Am Ende des Artikels stelle ich zwei Modelle vor, die in Pflichtleistungen und Kürleistungen aufgefächert sind, mehrfach erprobt wurden und mit denen ich gute Erfahrungen gemacht habe.

- **Es sollen individuelle Leistungsanforderungen gestellt werden, die den Schülern Freiräume der Beschäftigung geben!**

Dass eine zentrale Vermittlungsform im Physikunterricht das Experiment sein soll, müsste eigentlich nicht erwähnt werden. Ich habe allerdings bei Unterrichtsbesuchen als Fachdidaktiker zu oft die Erfahrung machen müssen, dass der frontale Kreideunterricht erschreckend verbreitet ist.

- **Im Mittel sollte in jeder Unterrichtsstunde zumindest ein Experiment vorkommen!**

Damit die Lehrer diesen Forderungen nachkommen können, muss sich in der Ausbildung an den Universitäten einiges ändern.

Lernt man im Studium, wie man Sachverhalte einfach und klar erklärt? Damit man einen Sachverhalt mit einfachen Worten erklären kann, braucht man den Durchblick. Man muss selbst über den Dingen stehen, um etwas einfach ausdrücken zu können. Es darf nicht weiterhin der Satz gelten, den ich in einer Studienkommissionssitzung von einem ausgezeichneten Universitätslehrer gehört habe: „Wer nicht gut genug für technische Physik ist, kann ja immer noch Lehrer werden!“ Es liegt an den Universitätslehrern, wie die zukünftige Lehrergeneration ausgebildet in die Klassen geschickt wird. Es sollte nur jemand Physik unterrichten, der im Fach top ist und didaktisches Geschick mitbringt. Also nur jene, denen es ein Anliegen ist, zur Popularisierung von Physik etwas beizutragen.

- Nur die besten Fachphysiker, die auch didaktisch-methodisch vorgehen können, dürfen an die Schulen entlassen werden!

Um das didaktisch-methodische Geschick zu testen müssen die Lehramtsstudenten vor realen Klassen stehen. Es ist ihnen zuzumuten, mehrmals kurze Unterrichtssequenzen „in freier Wildbahn“ absolvieren zu müssen.

Man kann auch Schulklassen, die an die Universität kommen, mit Lehramtsstudenten zusammenbringen. Im heutigen Internetzeitalter lassen sich Partnerschaften zwischen Schulen bzw. Klassen und den Lehramteinrichtungen etablieren. Motto: „Schüler fragen Lehramtsstudenten“. Die Antworten könnten, ebenso wie die Fragen, auf einer Internetplattform aufscheinen.

- Im Rahmen der Lehramtsausbildung ist die Praxiserprobung so weit wie möglich zu berücksichtigen!

Den Lehramtsstudierenden ist im Rahmen der universitären Ausbildung das nötige Rüstzeug mitzugeben, um einfache Schulexperimente erfolgreich durchführen zu können!

- Den Wert des einfachen Experiments müssen die zukünftigen Lehrer erfahren!

Es ist klar, dass im Rahmen dieses Artikels das Thema der Attraktivitätssteigerung von Physik nicht erschöpfend behandelt werden kann. Ich habe nur einige, mir zentral erscheinende Schlaglichter gesetzt. Diese sollen weitergehende Diskussionen anregen.

Dazu zwei Zitate:

Der Erfolg der Erziehung liegt nicht in der Gedächtnisleistung eines Schülers sondern in dessen Lebensführung.

Michel de Montaigne (1533 – 1592)

Ein Physiker zeichnet sich nicht dadurch aus, dass er mehr physikalische Formeln kennt als der Nichtphysiker; es zeichnet ihn aus, dass er anders an Aufgabenstellungen herangeht.

Herbert Pietschmann

Individualisierte Leistungsbeurteilung / Pflicht und Kür

Leistungsbeurteilung im Fach Physik in der 8. Klasse

Zielsetzung: Durch die individuelle Gestaltung der geforderten Leistungen soll mehr Freude an Physik entstehen.

Grundzüge: Die Gesamtbeurteilung ergibt sich aus Pflichtleistungen und aus individuellen Leistungen.

Pflichtleistungen:

- Fragen zum Stoff der letzten (ca. 5) Unterrichtsstunden beantworten können - Initiative geht vom Lehrer aus. Kurzwiederholungen können auch in schriftlicher Form gegeben werden.
- Rechnungen nachvollziehen können
- Verlangtes bringen (z.B. HÜ)
- Mitarbeit in den Arbeitsformen

Individuelle Leistungen:

Im Laufe des Jahres sind mindestens drei der folgenden Leistungen zu erbringen (geschieht dies nicht, wird die Note um 1 Grad schlechter; durch besonders gute bzw. viele Leistungen aus diesem Bereich kann die Note auch verbessert werden) - Initiative geht vom Schüler aus.

Rahmenbedingung: Die Leistungen müssen aus mindestens zwei verschiedenen Bereichen stammen.

- Ein Gesetz herleiten und Schritt für Schritt erklären können.
oder
- Kurzreferat (maximal 10 Minuten) zu einem Thema, das zum Stoff passt, und vom Schüler selbst ausgewählt wurde, halten.
oder
- die Inhalte der letzten Physikstunde werden frei wiederholend vorgetragen, wobei Unklarheiten angesprochen werden und Fragen der Mitschülerinnen und Mitschüler sowie der Lehrkraft beantwortet werden sollen.
oder
- zum Thema passende Zeitungsartikel bzw. Buchbesprechungen exzerpieren (maximal 1 DIN A4 Seite) oder vortragen (maximal 10 Minuten).

Leistungsbeurteilung mit Portfolio

Unter Portfolio (im Unterricht) versteht man eine Sammlung von Arbeiten, die der Schüler selbst verfasst / angefertigt hat bzw. schriftlich vorliegende Rückmeldungen vom Lehrer bzw. schriftliche Protokolle über Lehrer / Schülertgespräche. Ziel des Portfolios ist es, Schüler zu selbsttätigem und kritischem Arbeiten anzuregen.

Portfolios als Leistungsbeurteilungsgrundlage gestatten, individuell auf die einzelnen Begabungen eingehen zu können.

Was versteht man unter Portfolio?

Portfolios sind eine Auswahl von Schülerarbeiten, die zeigen, wie gut der Schüler die Lernziele beherrscht.

Portfolios enthalten:

- Schulische Arbeitsergebnisse
- Außerschulische Dokumente
- Lehrerrückmeldungen
- Schülerreflexionen

Im Portfolio sollen/können enthalten sein:

• Schulische Arbeitsergebnisse

Versuchsauswertungen – Internetrecherchen zu vorgegebenen Themen – ausgearbeitete Referate – Mitarbeitserüberprüfungen - ...

• Außerschulische Arbeitsergebnisse

Exzerpte – sämtliche freiwilligen Arbeiten aus dem Bereich Physik (z.B. Berichte von einem Besuch in einem Science Center/Ars Electronica Center/ ...) ...

• Lehrerrückmeldungen

Schriftliche Lehrerrückmeldungen ...

• Schülerreflexionen

Eigenbeurteilung von Arbeiten ...

Äußere Form des Portfolios:

Das Portfolio ist die „Visitenkarte“ des Schülers. Deshalb sollen die Ergebnisse und Protokolle ein durchgängiges, aber für jeweils passendes Design haben. Praktisch ist eine Ringmappe, die entsprechend beschriftet ist.

Die Beurteilungskriterien orientieren sich an der Rückmeldung. Die Umsetzung in eine Ziffernote erfolgt in einem Lehrer-Schüler-Gespräch am Ende des Beurteilungszeitraumes.

Meine Rückmeldung zu Deiner Portfolioarbeit

• Ich habe dein Portfolio und die darin enthaltenen Materialien und Arbeiten

- angesehen.
- teilweise gelesen.
- sorgfältig gelesen.

• Besonders gut gefallen hat mir an dem Portfolio,

- dass es alle wesentlichen Elemente beinhaltet.
- dass es insgesamt übersichtlich angelegt ist.
- dass es über ein einheitliches Layout verfügt.
- dass es eingehende Selbstbeurteilungen enthält.
- dass es ...
- dass es ...

• Weniger gut gefallen hat mir an dem Portfolio,

- dass die Materialien und Arbeiten offensichtlich nicht vollständig sind.
- dass es insgesamt ziemlich unübersichtlich angelegt ist.
- dass es kein einheitliches Layout hat
- dass es wenig aussagende, nur einzelne oder keine Selbstbeurteilungen enthält.
- dass es ...
- dass es ...

• Ansonsten ist mir noch aufgefallen:

• Ein Tipp für Dich

Datum

Mag. Leo Ludick, Physiklehrer

Experimente bei Physik-Schularbeiten

Michael Schwarzer

Die Grundidee

Das Experiment spielt im Physikunterricht seit jeher eine große Rolle. Früher waren es meistens Demonstrationsexperimente, die von der Lehrkraft vorgeführt und erklärt wurden. Das hat sich vor etwa 25 Jahren schlagartig geändert, als in Österreich flächendeckend Schülerversuchsgeräte für die AHS angeschafft wurden. Vorher wurden praktische Aufgabestellungen im Regelunterricht nur in einzelnen Schulen und meist in Form von Laborunterricht als unverbindliche Übung bzw. Freifach durchgeführt. Mit diesen Experimentiergeräten konnten die Schülerinnen und Schüler erstmals eigenständig Versuche auf vielen wichtigen Gebieten der Physik (Mechanik, Optik, Wärmelehre und Elektrizität) durchführen. Dabei arbeiten sie in maximal acht Gruppen.

Im Jahre 2004 ist für die Oberstufe ein neuer Lehrplan in Kraft getreten. In Physik wird in diesem Lehrplan erstmals die Durchführung von Schüler-Experimenten ein Teil des Lehrstoffes. Damit wurde diese Art von Experimenten aus den allgemeindidaktischen Empfehlungen in den Kernstoffbereich gerückt.

Lehrstoff der 5. und 6. Klasse (9. und 10. Schulstufe):

Die Schülerinnen und Schüler sollen folgende physikalische Bildungsziele erreichen:

- mittels einfacher Schülerexperimente insbesondere die Fähigkeit zum Beobachten, Beschreiben und Berichten sowie Planen, Durchführen und Auswerten entwickeln. [Lehrplan 2004]

Wenn man also den Lehrplan der Oberstufe erfüllen will, kann man auf Schüler-Experimente nicht verzichten. Diese Änderung ist eine deutliche Aufwertung der Bedeutung der Experimente im Physikunterricht. Außerdem wurden auch jene Fähigkeiten formuliert, die bei der Durchführung von Experimenten im Unterricht erworben werden: Beobachten, Beschreiben, Berichten, Planen, Durchführen und Auswerten.

Als logische Folge des veränderten Kernstoffs wurde 2007 auch die Reifeprüfungsverordnung für die schriftliche Klausurarbeit aus Physik angepasst. Es können auch experimentelle Aufgaben gestellt werden. Um die Lösung des theore-

Mag. Dr. Michael Schwarzer unterrichtet am BG/BRG Reutte Physik und hält den Physikolympiadekurs. Im Rahmen des IMST-Projekts untersuchte er, wie Experimente in Schularbeiten und Matura eingebaut werden können. E-Mail: m.schwarzer@tsn.at

tischen Teiles einer solchen Aufgabe auch dann zu ermöglichen, wenn der praxisorientierte oder experimentelle Teil der Aufgabe falsch oder nicht gelöst wurde, müssen fiktive Messergebnisse angegeben werden, durch welche die eigenständige Leistung beim Ablauf des Experimentes keine Beeinträchtigung erfahren darf. [BGB 2007]

Damit ist erstmals die Durchführung von Experimenten bei schriftlichen Klausurarbeiten gesetzlich geregelt. Dieser Teil wird auch in der neuen Reifeprüfungsverordnung zur Zentralmatura enthalten sein. Im Jahre 2007 wurde am BRG Reutte ein Projekt gestartet, um die Durchführung von Experimentalaufgaben im Rahmen der schriftlichen Matura 2009 vorzubereiten. Um den Lernenden eine Übungsmöglichkeit zu geben, wurden ab der 7. Klasse Schularbeiten mit Experiment durchgeführt. Das Projekt wurde vier Jahre lang durch IMST unterstützt. [Schwarzer 2008 bis 2011] Im Folgenden sollen die Erfahrungen aus dem Projekt kurz dargestellt werden.

Didaktische Vorbemerkungen

Experimente im Unterricht lassen sich nach verschiedenen Kriterien einteilen. Man kann sie nach der Organisationsform (Wer experimentiert?) oder nach der Art der Datenerfassung (Qualitativ oder Quantitativ?) unterscheiden. Häufig werden Experimente auch nach der Unterrichtsphase, in der sie eingesetzt werden, unterteilt. Es gibt Einstiegs-, Erkenntnis- und Wiederholungsexperimente.

Berge und Volkmer haben eine Einteilung für Experimente in Testsituationen entwickelt. Dabei unterscheiden sie drei Stufen, die sich in der Bindung an das Unterrichtsthema, im Schwierigkeitsgrad und in der Komplexität unterscheiden [Berge, Volkmer 2002]. Diese Einteilung hat sich für das Projekt als sehr hilfreich erwiesen. Während man im Unterricht alle Schwierigkeitsstufen einsetzen kann, ist es bei einer Lernkontrolle im Rahmen einer Schularbeit wegen der begrenzten Arbeitszeit sinnvoll, bekannte bzw. geführte Experimente mit linearer Struktur einzusetzen [Tabelle 1].

Erwähnt sollte werden, dass in allen Kompetenzmodellen praktische Fähigkeiten als Kompetenz explizit angeführt werden. Im Kompetenzmodell zur neuen Reifeprüfung wird bei der Handlungsdimension Erkenntnis gewinnen das Experiment explizit angeführt: „*E1 zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen und/oder Messungen durchführen und diese beschreiben.*“ [Leitfaden zur neuen Reifeprüfung für Physik, BMUKK 2012].

Stufe	Bindung an das Unterrichtsthema	Schwierigkeitsgrad	Komplexität der Aufgabe
I	Wiederholendes Experimentieren Ein aus dem Unterricht bekanntes Experiment wird von den SchülerInnen wiederholt. Beispiel: Bestimmung der Federkonstanten einer Schraubenfeder.	Bekannter Versuchsaufbau mit genauer Anleitung Beispiel: Bestimmung der Dichte verschiedener Hohlkörper.	Experiment mit linearer Struktur Dem Experiment liegt nur ein eng begrenztes Thema zugrunde. Beispiel: Die Stromstärke für ein, zwei, drei ... gleiche in Reihe geschaltete Widerstände bestimmen.
II	Weiterführendes bzw. vertiefendes Experimentieren Beispiel: Im Unterricht ist der Widerstand metallischer Leiter bestimmt worden. Im Text ist der Widerstand einer Glühlampe im kalten und heißen Zustand zu messen.	Geführtes Experimentieren Die Arbeitsschritte sind vorgegeben und mit Teilaufgaben verknüpft. Beispiel: Es soll geprüft werden, ob ein Eisendraht dem ohmschen Gesetz gehorcht.	Experiment mit verzweigter Struktur Im Versuch spielen zwei oder mehr Variable eine Rolle. Beispiel: Untersuchung des Auftriebs bei einem ganz in Wasser eintauchenden Körper. Außer dem Volumen könnte auch die Masse den Auftrieb beeinflussen.
III	Themenunabhängiges Experimentieren Eine bekannte Methode wird auf ein im Unterricht nicht behandeltes Thema angewendet. Beispiel: Wie schnell bewegt sich eine Luftblase in einem mit Wasser gefüllten Rohr bei verschiedenen Neigungswinkeln?	Selbständiges Experimentieren Es wird nur die Aufgabe gestellt, die SchülerInnen übernehmen die Planung des Versuchs, den Aufbau, die Durchführung und die Interpretation der Ergebnisse. Beispiel: Stelle fest, mit welcher Winkelgenauigkeit eine vorgegebene Wasserwaage arbeitet.	Experiment mit komplexer Struktur Das Experiment bezieht sich auf unterschiedliche Themen. Beispiel: Ermittle die Werte der Heizwiderstände und Leistungsstufen einer Kochplatte mit 7-Takt-Schaltung.

Tabelle 1

Daher nimmt die Bedeutung von Schüler-Experimenten im Unterricht zu. Die Frage ist aktueller denn je, wie Experimente im Rahmen von schriftlichen und praktischen Leistungsfeststellungen durchgeführt und beurteilt werden. Eine ausführliche Analyse dieser Frage findet man im IMST-Newsletter Nr. 29 [EBERT, 2009]

Protokollen waren eine wichtige Voraussetzung für die Durchführung des Projektes.

Ein weitere wichtige Voraussetzung ist die Teilnahme an der Physikolympiade. Im Rahmen der Wettkämpfe bei der Physikolympiade gibt es seit 30 Jahren immer eine experimentelle Aufgabe. Die Erfahrungen aus der Erstellung und Bewertung von Experimenten aus der Olympiade erleichterten den Einstieg in das Projekt.

Das Projekt

Voraussetzungen

Am BRG Reutte gibt es einen realgymnasialen und einen gymnasialen Zweig. Im RG können die Schüler der 7. Klasse zwischen Darstellender Geometrie und verstärktem Unterricht in Biologie und Physik – jeweils mit Schularbeiten – wählen. Die Zahl der Schularbeiten wird schulautonom festgelegt. Am BRG Reutte sind es drei einstündige Schularbeiten in der 7. Klasse und eine 2- und eine 3-stündige Schularbeit in der achten Klasse. Die schriftliche Matura dauert 240 Minuten, im Rahmen der neuen Reifeprüfung 270 Minuten. Am BRG Reutte gibt es meist zwei eher kleine RG-Klassen, es ergeben sich Schularbeitsgruppen von 10 bis 15 Schülern und Schülerinnen.

Am BRG Reutte ist der Einsatz der klassischen Schülerversuche seit Jahren Routine. Erfahrungen mit der Beschreibung von Experimentieranleitungen, der Durchführung von Experimenten im Unterricht und der Erstellung von

Ziele

Die Ziele des Projektes haben sich im Laufe der vier Jahre verändert. 2007 war das Ziel die Durchführung einer schriftlichen Matura mit Experiment, wie sie in der Reifeprüfungsverordnung ermöglicht wird. Dieses Ziel wurde bereits in der siebten Klasse in Angriff genommen, damit jene Schüler und Schülerinnen, die in Physik maturieren wollen, genug Übungsmöglichkeiten haben. Dadurch wurde es möglich, bis zu fünf Schularbeiten mit Experiment als Vorbereitung durchzuführen.

Nach der erfolgreichen ersten Matura [Schwarzer, 2009] war das nächste Ziel die Verbesserung der Übungsmöglichkeiten zu Hause durch eine Hausübungsbox, weil in der Evaluierung die mangelnden Übungsmöglichkeiten beklagt wurden. Momentan wird daran gearbeitet, die Anzahl der sinnvollen Experimente für die Übung im Unterricht und zu Hause zu vergrößern und die Lernziele noch exakter zu

formulieren, was auch eine Umstellung des Unterrichts in Richtung mehr Versuche bedeutet! Gleichzeitig sollen die Experimente besser in den Unterricht eingebaut werden, damit die praktische Leistungsfeststellung nicht ein auf Hausübungen und Schularbeiten beschränkter Teil der Note wird.

Durchführung

Das Projekt startete nach einer Vorlaufzeit mit der ersten Schularbeit im Frühjahr 2008. Das Experiment bei der ersten Schularbeit war eine Spannungsmessung an einer Kartoffel, wofür 12 Minuten Zeit geplant waren (siehe Anhang 5.1). Schon bei den ersten Besprechungen mit den Schülern äußerten sie den Wunsch nach einer Übungsmöglichkeit zu Hause als Vorbereitung auf die Schularbeit. Die Übungsstunden allein waren ihnen zu wenig, vor allem, wenn sie eine versäumt hatten. Der Wunsch war berechtigt, weil sie sich ja auch auf Rechen- und Theorieaufgaben gezielt vorbereiten können. Im Jahr 2008 wurde daher eine erste Sammlung von Geräten für zu Hause erstellt. Sie enthielt vor allem Versuche zum Stoff der 7. und 8. Klasse (Magnetismus und Halbleiter).

In der achten Klasse wurde dann die Box in Richtung Mechanik, Optik, Wärme und Elektrizität erweitert. Das war notwendig, da jene Schüler, die schriftlich maturieren wollten, im Rahmen der Matura ein Experiment aus dem Oberstufenstoff bearbeiten müssen.

Die Hausübungsbbox enthält nun zehn Experimente aus allen Bereichen der Physik. Bei der Auswahl hielten wir uns an die Empfehlungen von Martin Volkmer [Volkmer 2002]. Ein Moodlekurs auf der Schulhomepage unterstützt die Schüler bei der Durchführung der Experimente. Die gesamte Box kostet 20 Euro und wird auf Kautionsbasis ausgegeben. Damit können alle wichtigen Messmethoden auch zu Hause geübt werden.

Die Box enthält folgende Materialien:

- Plastiklinse
- Kugelschreiber (Federkonstante)
- Gummischnur (dynamische Bestimmung der Federkonstante)
- Lineal (Balkenwaage)
- Multimeter
- Gitterbrille mit 200 Strichen/mm,
- Widerstände, Diode, Potentiometer, Kabel
- NTC-Widerstand (T-Messung)

Die Experimente im Rahmen der 2- und 3-stündigen Schularbeiten wurden länger, aber nicht schwieriger. Sobald die Schüler mehr Zeit haben, kann man auch eine etwas aufwändigere Auswertung erwarten (Tabelle, Mittelwerte, Graphen). Immerhin 6 der 13 Schüler der Schularbeitengruppe 2009 traten zur schriftlichen Physikmatura an. Im Rahmen der Matura mussten diese Schüler die Eigenschaften einer Gummischnur untersuchen (Anhang 5.2). Nach Rücksprache mit dem LSR wurden die für das Experi-

ment notwendigen Materialien nicht mit dem Vorschlag im März eingereicht, sondern an der Schule vorbereitet. Als wichtig erwies sich die Tatsache, dass jeder Schüler für das Experiment im Rahmen der schriftlichen Matura einen großen ebenen Labortisch benötigt.

Nach diesem im Rahmen von IMST evaluierten ersten Durchgang wurde im zweiten Durchgang auf eine Verbreitung in der Schule gesetzt. Das führte zur Zusammenarbeit aller Kollegen, die in einer Schularbeitengruppe unterrichten. Momentan gibt es in allen Gruppen experimentelle Schularbeiten, im Mai 2012 gab es die zweite Matura mit Experiment. Dabei mussten die drei Kandidaten die Wärmekapazität von Zuckerwasser möglichst genau bestimmen.

Erkenntnisse im Rückblick

Im Vergleich zu den erreichten Zielen des ersten IMST-Projektes sieht man, dass sich einiges an Erfahrung angesammelt hat und dass einige Ziele auch verändert bzw. genauer formuliert wurden. Entscheidend war dabei, dass jedes IMST-Projekt von Experten betreut wird und evaluiert werden muss. Ohne diese Unterstützung wäre das Projekt so nicht möglich gewesen.

Lernziele

Im Rahmen des Projektes kamen wir immer wieder auf die Frage nach den Lernzielen zurück, die wir erreichen wollen. Studien in Deutschland zeigen, dass Schüler und Schülerinnen durch selbst durchgeführte Versuche nicht mehr Physikwissen im Sinne von reproduktivem Wissen erwerben [Winkelmann 2011; Tesch 2002]. Das kann also nicht das Ziel sein. Das Ziel solcher Projekte kann nur das Erlernen von praktischen Fähigkeiten und die Vermittlung der Arbeitsweise und die Art des Erkenntnisgewinns in der Physik sein, wie es im Lehrplan 2004 festgehalten wird.

Im Rahmen dieses Projektes formulierten wir die praktischen Fähigkeiten als Lernziel. Als Folge davon wurden die Experimente so ausgesucht, dass im Rahmen der HÜ die wichtigsten Messgeräte und Messverfahren geübt und bei Schularbeiten wirklich nur diese Fähigkeiten geprüft werden. Das bedeutet, dass man Experimente mit möglichst wenig theoretischem Hintergrundwissen oder möglichst genaue Anweisungen verwenden muss. Daher müssen bei der Mitteilung des Schularbeitstoffs die erwarteten praktischen Fähigkeiten exakt formuliert werden. (Resümee)

Beurteilung der Schularbeitenexperimente

Die Bewertung von Experimenten ist prinzipiell der Bewertung von Theorie- und Rechenaufgaben sehr ähnlich. Für verschiedene Teile werden einzelne Punkte vergeben (Volkmer 2002; Anhang 5.1 und 5.2). Für einzelne Teile (Messung, Darstellung, Versuchsaufbauskizze, ...) gibt es Punkte und Abzüge bei Fehlern. Die Bewertung des Experi-

ments erfolgt nicht während des Unterrichts, wie dies bei manchen Praktika gemacht wird, sondern erst im Nachhinein. Der Lehrer hat während der Korrektur nicht die Möglichkeit, sich zu erkundigen, was genau gemessen wurde, und ist daher auf das Protokoll angewiesen. Daher müssen die Schüler sehr genau darlegen, was und wie gemessen wurde. Der Aufbau des Versuchs, eine genaue Angabe aller Messwerte und Annahmen sind das Minimum. Die Lehrperson muss also neben dem Messergebnis und der Messgenauigkeit auch die Protokollführung beurteilen.

Auswahl der Experimente

Die Auswahl der Experimente für die Schularbeit ist sehr begrenzt. Es ist unmöglich, nur Experimente zum jeweiligen Lehrstoff zu geben. Beispielsweise sind in der 7. Klasse in den Gebieten Elektromagnetismus und Quanten nur beschränkt Experimente möglich. Außerdem werden immer wieder Messgeräte aus anderen Stoffgebieten benötigt. Wenn man zum Beispiel einen Versuch zum Thema Halbleiter (8. Klasse) durchführt, muss man wissen, wie ein Multimeter zu verwenden ist (6. Klasse). Wenn man die Wellenlänge einer Diode bestimmen will, sollte man über Gitterbeugung (7. Klasse) Bescheid wissen.

Die Lösung sind hier themenunabhängige Experimente [Tabelle 1], die auf die Überprüfung der experimentellen Fähigkeiten und nicht des Lehrstoffs abzielen. Oft wird die Leistungsbeurteilungsverordnung als Hindernis gesehen, wonach man keinen Stoff prüfen dürfe, der schon länger zurückliegt. Wenn man aber die Experimente im Unterricht oder im Rahmen einer Hausübung durchführen lässt und die praktischen Fähigkeiten und den theoretischen Hintergrund, der aus dem Stoff einer früheren Klasse stammen kann, wiederholt, dann ist es rechtlich kein Problem.

Da die Schularbeiten in der 7. Klasse einstündig sind und nur ein Experiment durchgeführt werden soll bzw. kann, ist die Dauer mit etwa einer Viertel Unterrichtsstunde (ca. 12 Minuten) beschränkt. Der Schüler hat also nur 12 Minuten Zeit, das Experiment durchzuführen und die Messdaten korrekt zu protokollieren. Damit ist klar, dass es keine Experimente mit verzweigter Struktur und kein selbstständiges Experimentieren geben kann. Im Rahmen einer Schularbeit kann man bestenfalls themenunabhängige, geführte, lineare Experimente durchführen. In den ersten Jahren wurden hier meist Multimeter verwendet, mit denen Schüler einen Widerstand vermessen sollten. Auch die Bestimmung der Dichte eines Steins oder die Wellenlänge einer Diode sind solche einfache Experimente. Erst bei den mehrstündigen Schularbeiten gibt es längere Experimente wie die Kennlinie einer Diode oder das Verhalten eines Linsensystems. Trotzdem bleibt die Auswahl von themenunabhängigen, kurzen und einfachen Experimenten mit wenig theoretischem Grundwissen das größte Problem des laufenden Projektes.

Übungsstunden im Unterricht

Die Materialien der Schülerversuchskästen sind für Gruppenunterricht ausgelegt. Bei Schularbeiten gibt es keine Gruppen. Alle Schüler und Schülerinnen müssen eigenständig das Experiment aufbauen und durchführen. Daher versuchen wir am BRG Reutte vermehrt, einfache Versuche als sogenannte Einzelplatzexperimente zur Verfügung zu stellen. Dafür werden billige elektronische Bauteile (LED, Widerstände, Lampen, Krokodilkabel), Multimeter, Papiermessbänder (Möbelmarkt), NTC-Widerstände, Plastiklinsen u.s.w. in Klassenstärke angeschafft. Der Preis dieser Bauteile liegt meist unter einem Euro. Daher ist es möglich, Versuche in Klassenstärke zusammenzustellen. Seit dem Schuljahr 2011/12 werden nun auch in der Unterstufe einfache Einzelplatzexperimente im Rahmen von Laborunterricht durchgeführt. Auch der Einsatz von Experimentierkästen bietet eine gute Alternative zu den teuren Schülerversuchsgeräten. Ein Elektronikexperimentierkasten für zu Hause kostet so viel wie zwei Steckbausteine der klassischen Schülerversuche! Der Einsatz solcher Experimentierkästen für Halbleiterschaltungen wurde bereits erprobt und hat sich bewährt.

Mehraufwand

Nicht zu vergessen ist auch der organisatorische Mehraufwand für die Lehrerkraft und die Schule. Man muss für jede Schularbeit ein passendes Experiment in Klassenstärke vorbereiten und testen. Während der Schularbeit benötigen die Schüler und Schülerinnen eigene Tische, was bei größeren Gruppen zu einem echten Problem wird. Am BRG Reutte wurde daher in den letzten Jahren für die Schularbeitengruppe die Teilungszahl 11 für Laborunterricht angewandt. Außerdem wurden alle Schularbeiten im Physiksaal geschrieben. Während der Matura sollte auch eine Physiklehrerkraft Aufsicht führen, um eventuelle Probleme mit den Versuchsgeräten lösen zu können. Die Schulleitung hat alle diese Anliegen immer unterstützt, was eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen des Projektes ist.

Was lernen Schüler wirklich?

Die Ergebnisse der Schularbeiten sind zum Teil ernüchternd. Schüler passen sich der neuen Herausforderung sehr schnell an und lernen die Experimente genauso schlampig auswendig und nur für das Kurzzeitgedächtnis wie vieles andere. Man muss die praktischen Fähigkeiten, auf die man Wert legt, wie bei allen anderen Stoffgebieten ständig wiederholen und üben. Die Bedienung eines Multimeters wird genauso vergessen wie die Funktionsweise eines Transformators. Die Protokolle der schlechten Schüler sind so schlecht, dass man manchmal nicht weiß, was sie gemessen haben. Auf der anderen Seite gibt es auch jene Schüler, die sehr interessiert sind und aus dem praktischen Unterricht viel für ein späteres Studium mitnehmen.

Wenn man aber am Lernziel praktische Fähigkeiten festhalten will, muss der gesamte Unterricht umgestellt werden.

Wie bei jedem anderen Unterricht muss man sich immer wieder fragen: Was genau sind meine Lernziele und wie kann ich sie erreichen? Grob gesagt, die Schularbeit sollte dem Unterricht entsprechen. Wenn ein Viertel der Schularbeit aus einem Experiment besteht, dann sollte man sich auch zu einem Viertel im Unterricht damit beschäftigen. Man muss sich also im Unterricht für die Vorbereitung der Experimente bei Schularbeiten Zeit nehmen und andere Themen kürzen, damit Aufbau und Durchführung von Experimenten geübt werden kann. Auch das Verfassen eines Protokolls mit allen wichtigen Daten, muss geübt werden. Das Erstellen eines Protokolls aus den Rohdaten der Messung im Unterricht kann auch als Hausübung ausgeführt werden.

Die Durchführung der Schularbeit

Da die Materialien für das Schularbeitenexperiment nicht erst in der Stunde verteilt werden können, hat es sich als günstig erwiesen, wenn der Saal in der Stunde vor der Schularbeit frei ist. Bei kurzen Experimenten kann man alle Teile auf einem Rolltisch aufbauen und in der 5-Minutenpause verteilen. Wichtig ist auch die Vorbereitung von Ersatzteilen, vor allem von Ersatzmultimetern. Nach der Schularbeit lagern die Schüler die Materialien wieder auf dem Rolltisch, damit der Lehrer nicht zu lang für das Aufräumen benötigt.

Schüler können den Aufbau des Experiments beim Nachbarn abschauen. Das kann kaum verhindert werden, stellt aber kein großes Problem dar, weil bei den meisten Experimenten (z. B. Stromkreis mit einfachen Kabeln) der Aufbau aus der Ferne nicht erkennbar ist. Zur Sicherung der Eigenleistung der Schüler kann man die Experimente leicht variieren. Man teilt einfach Material mit unterschiedlichen Eigenschaften aus, z. B. Widerstände mit unterschiedlichen Werten, Linsen mit verschiedenen Brennweiten, u.s.w.

Resümee

Auch wenn die Erfahrungen der ersten vier Jahre teilweise ernüchternd sind, so stellt das Projekt einen möglichen Weg in Richtung Kompetenzorientierung und Nachhaltigkeit dar. Es ist bedenklich, wenn Schüler nach mehrmaliger Besprechung des Hebelgesetzes eine einfache Balkenwaage aus Lineal und Bleistift nicht verstehen, wenn Schüler nach mehreren Monaten Optik in der 4. Klasse und Wiederholung in der Oberstufe sich nicht merken, wo und wie man die Gegenstandsweite misst oder Schüler nach der Elektrizitätslehre in der 3. und 6. Klasse nicht wissen, warum man ein Multimeter für die Strommessung in Serie schalten muss, weil sie schon längst vergessen haben, was Stromstärke eigentlich ist.

Das Projekt zeigt aber, dass das Durchführen von Experimenten im Rahmen von Schularbeiten das Grundverständnis für die Arbeitsweise der Physik fördert und die Nachhaltigkeit von Wissen verbessert. Ganz nebenbei werden Kompetenzen wie genaues Arbeiten, Bedienen von Geräten, Graphische Darstellung von Ergebnissen, Protokollführung

u.s.w. geübt. Wenn man die heute geforderte Kompetenzorientierung ernst nimmt, kommt man um verstärktes Experimentieren in Einzelplatzversuchen und die Überprüfung von praktischen Fähigkeiten im Rahmen von Schularbeiten und Tests nicht herum. Die Erfahrungen dieses Projektes zeigen einerseits die Durchführbarkeit von Experimenten im Rahmen von Schularbeiten, andererseits wurde durch die Unterstützung von IMST ein tragfähiges Konzept mit klar formulierten Lernzielen entwickelt.

Seit 2008 gibt es am BRG Reutte Physikschararbeiten mit Experiment. Das Projekt hat gezeigt, dass Experimente bei Schularbeiten machbar und sinnvoll sind – sinnvoll im Sinne der Nachhaltigkeit und Kompetenzorientierung. Die Schüler lernen die Arbeitsweise von Physikern kennen, zeigen höhere Leistungen bei Transferaufgaben und lernen Experimente aufzubauen und durchzuführen. Ganz nebenbei lernen sie auch noch genaues Arbeiten und das Führen von Protokollen. Das sind Fähigkeiten, die auch abseits vom Physikunterricht wichtig sind.

Literatur

- Berge Otto E., Volkmer Martin 2002: Lernerfolgskontrolle mit Experimenten in: Unterricht Physik Nr. 71/72
Berge Otto E., Volkmer Martin 2002b: Schülerexperiment als Testsituation in: Unterricht Physik Nr. 71/72
BGB für die Republik Österreich, 123. Verordnung; ausgegeben am 12. Juni 2007. Teil II
BMUKK 2012: Die kompetenzorientierte Reifeprüfung aus Physik. Richtlinien und Beispiele.
Ebert Veronika u.a.: IMST-Newsletter: Labor-und Werkstattunterricht; Jahrgang 8 Nr. 29.
Hepp Ralph, 2002: Experimente im Unterricht bewerten in: Unterricht Physik Nr. 71/72
Lehrplan 2004: BGBl. II Nr. 277/2004 v. 8. 7. 2004
Schwarzer Michael 2008: Experimente bei Physikschararbeiten: IMST-Projekt 2007/08; <http://imst3plus.aau.at/imst-wiki/index.php/Hauptseite>
Schwarzer Michael 2009: Experimente bei Schularbeiten durchführen und bewerten, IMST-Projekt 2008/09; <http://imst3plus.aau.at/imst-wiki/index.php/Hauptseite>
Schwarzer Michael, Tschauko Otto 2010: Experimente bei Physikschararbeiten und Tests; IMST-Projekt 2009/10; <http://imst3plus.aau.at/imst-wiki/index.php/Hauptseite>
Schwarzer Michael, Tschauko Otto, 2011: Hausübungsmöglichkeiten für Experimente bei Tests und Schularbeiten; IMST-Projekt 2010/11; <http://imst3plus.aau.at/imst-wiki/index.php/Hauptseite>
Tesch Maike, Duit Reinders, 2002: Zur Rolle des Experiments im Physikunterricht; Vortrag im Rahmen der Didaktik der Physik Frühjahrstagung Leipzig 2002.
Volkmer Martin 2002: Einstieg in die Lernkontrolle mit Experimenten in Unterricht Physik Nr. 71/72
Winkelmann Jan, Erb Roger; 2011: Fachwissenszuwachs durch Schüler- und Lehrerexperimente im gymnasialen Physikunterricht; Didaktik der Physik Frühjahrstagung 2011 Münster.

Anhang

Erstes Schularbeitenexperiment 2009

Experiment: Erdäpfelbatterie gesamt 14 Punkte

- a) Für die 3 vorliegenden Metalle gibt es 3 mögliche Kombinationen. Miss jeweils die Spannung, die zwischen den verschiedenen Metallen entsteht. **5 Punkte**

WICHTIG: Gib an, welche Metalle du verwendest hast!

[Eisen: rostig; Zink: silbern; Messing: goldig;
Kupfer: braungold; Blei: weich; Kohle: schwarz]

- b) Schließ den Widerstand an und miss die Stromstärke für alle 3 Kombinationen! **7 Punkte**

- c) Berechne für eine Kombination den Widerstand und die Leistung! **2 Punkte**

2 Punkte



d) Parallelschaltung

Befestige die zwei zusammengebundenen Gummibänder parallel am Stativ!

Bestimme die Federkonstante aus der Dehnung.

Wie ändert sich die Federkonstante gegenüber der Aufgabe „a“ und wie kann man das erklären?

2 Punkte



Maturaexperiment 2009

Experiment: Das Gummiband gesamt 13 Punkte

ACHTUNG: Die angegebenen Massenempfehlungen sollten eingehalten werden, da sonst das Gummiband überdehnt werden könnte. Die Länge des Gummibandes ist ohne Masse nicht genau bestimmbar, daher ist es sinnvoll, die Messungen mit 10g (Masse der Halterung!) zu beginnen.

a) Die Federkonstante **6 Punkte**

Befestige das einzelne Gummiband am Stativ und miss die Dehnung für mindestens fünf verschiedene Massen (10 g – 60 g)! Zeichne ein Kraft-Dehnungs-Diagramm und ermittle daraus die Federkonstante!

Fiktive Messergebnisse:

Masse	Längenänderung gegenüber der Länge bei 10 g!
20 g	3,0 cm
30 g	6,1 cm
40 g	9,4 cm
50 g	12,7 cm

b) Schwingungsdauer **3 Punkte**

Belaste das Gummiband mit 60g und miss die Schwingungsdauer! [TIPP: Die starke Dämpfung bleibt unberücksichtigt!] Berechne daraus die Federkonstante und vergleiche das Ergebnis mit der Aufgabe „a“!

Wie groß ist der relative Fehler in Prozent?

Welche Ursache könnte der Fehler haben?

Fiktives Messergebnis: $t = 0,89\text{s}$

Messwerte:

	T1	T2	T3	T4	T5	Mittelwert
Gummischnur						
Pendel						

Ergebnisse:

- c) Berechne die Federkonstante der Gummischnur!
 $k =$

- d) Berechne die Erdbeschleunigung aus der Pendelschwingung!
 $g =$

iPod & Smartphone

Moderne Lernmedien im Physikunterricht?

Tobias Ziegelwanger, Hildegard Urban-Woldron

Moderne Lernmedien sind heutzutage in einer zeitgemäßen Physikdidaktik nicht mehr wegzudenken. Obwohl Smartphone (in diesem Beitrag iPhone und iPad) und iPod heute praktisch zur Grundausrüstung junger Menschen gehören, werden ihre Potenziale für den Unterricht noch kaum genutzt. Smartphone und iPod können aber nicht nur zum Telefonieren, SMS-Schreiben, Internet-Surfen bzw. zum Abspielen von Musik genutzt werden. Vielmehr stehen Apps zur Verfügung, die diese Geräte zu Werkzeugen sowohl für den Physikunterricht selbst als auch für das eigenständige Lernen machen. Ausgewählte Apps erlauben den Zugriff auf die in den Geräten eingebauten Sensoren und ermöglichen die unkomplizierte Durchführung interessanter Messungen auch außerhalb des Physiksaals. Darüber hinaus werden komplett Datenbanken zum Thema Physik teilweise zum Gratis-Download angeboten. Das potenzielle Einsatzspektrum dieser Geräte, deren fast selbstverständliche Verfügbarkeit bei den Schülerinnen und Schülern, sowie die Annahme, dass durch ihren Einsatz Lernmotivation und Interesse am Fach Physik geweckt werden könnten, waren ausschlaggebend, Nutzungsmöglichkeiten für den Physikunterricht unter Mitarbeit eines Schülers zu erarbeiten. Der Erstautor dieses Beitrags hat sich im Rahmen eines vierwöchigen Ferialpraktikums am AECC Physik mit der Suche nach Apps sowie deren Anwendungsmöglichkeiten zum Erfassen von Messdaten beschäftigt. Im Folgenden werden drei verschiedene Anwendungsbereiche dargestellt:

- **Messung der Beschleunigungen am Beispiel zweier gekoppelter Pendel,**
- **Erzeugung und graphische Darstellungen von Tonschwebungen und**
- **App „Physik“ zum selbstständigen Üben und Wiederholen.**

Das Smartphone als Beschleunigungssensor

Die meisten Funktionen bietet die App SPARKvue [1].



Abb. 1: Hauptmenü der App „Sparkvue“

Tobias Ziegelwanger, Polgargymnasium, Wien 22, machte im Sommer 2012 ein Ferialpraktikum am AECC Physik. Er wurde von PD Dr. Hildegard Urban-Woldron, AECCP, betreut.

Diese App benutzt die Beschleunigungssensoren des Smartphones und nutzt alle drei Achsen, für die Messpunkte erfasst werden können (Abb. 2). Zudem kann man auch die Resultierende aus allen Achsen messen. Die App kann dabei mit bis zu 100 Hz messen, also 100 Messungen pro Sekunde.

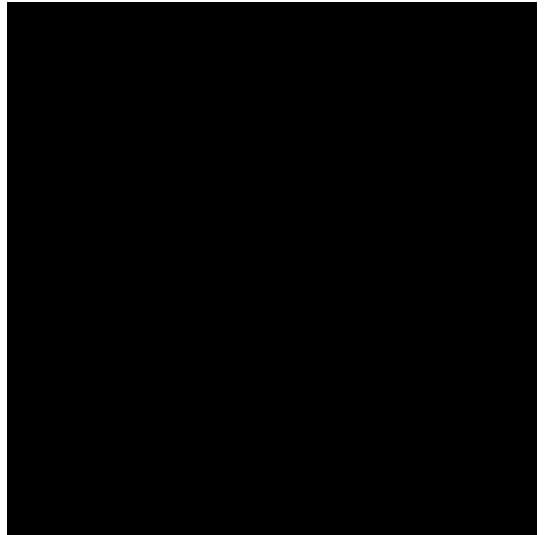


Abb. 2: Die drei Achsen des Beschleunigungssensors eines Smartphones

Die Messwerte werden in einem Graphen angezeigt (Abb. 3).

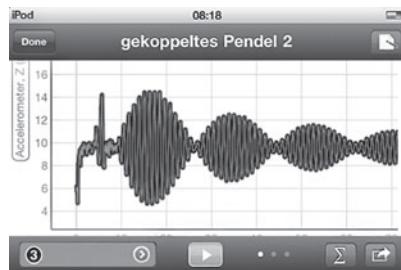


Abb. 3: Beschleunigungsgraph Pendel 2

Wenn man auf das mathematische Summenzeichen (Abb. 3 rechts unten) drückt, erhält man zusätzliche Informationen über spezifische Daten des Graphen, wie z. B. Maximum, Minimum und Mittelwert (Abb. 4).

3			
Min:	-1.687	Count:	736
Max:	14.436	Std Dev:	1.750
Mean:	9.505		

Abb. 4: Statistische Werte

Wenn man nun während des Messvorganges den Finger von rechts nach links über den Bildschirm bewegt, kann man die Beschleunigung auch auf einem Tachometer be-

obachten. Um die momentane Beschleunigung nur als Zahl zusehen, wiederholt man einfach die Prozedur. Äußerst praktisch ist, dass man in einem Experiment beliebig viele Messungen machen und abspeichern kann. Diese werden nummeriert und verschiedenfarbig im Funktionsgraphen angezeigt. Dies gilt allerdings nur für die letzten 4 Messungen. Die restlichen Daten kann man mit Hilfe eines Unter- menüs verwalten. Eine simple und doch nützliche Funktion bietet der Notizblock, mit ihm kann man Details zu den Experimenten angeben. Da die App von der Firma PASCO entwickelt wurde, kann man mittels „Airlink2“ auch jeden PASCO-Sensor an die App anschließen. „Airlink2“ bildet hier als Bluetooth-Adapter die Schnittstelle zwischen dem Sensor und dem iPod. Außerdem kann man die Messdaten jederzeit als „CSV“ oder „Zip“ Datei exportieren.

Beispiel: Gekoppelte Pendel

Experimenteller Aufbau

Zuerst werden zwei Federpendel aufgebaut (Abb. 5). Danach werden die iPods an den Federn angebracht.

Zur Befestigung wurden die iPods in Klarsichtfolien gelegt, die Folie mehrmals um das Gerät gewickelt und danach mit Klebeband zugeklebt. Dabei ist es von Vorteil, wenn sich der gelochte Folienrand an der Außenseite des iPod befindet, denn mit Hilfe dieser Löcher lässt sich das iPod einfach am Pendel befestigen. Die beiden Pendel wurden durch eine gespannte Schnur gekoppelt. Wichtig ist, die Schnur bei beiden Federn an derselben Windung zu befestigen. Hier eignet sich besonders gut die Mitte des Pendels.

Datenerfassung

Nun wird die App „SPARKvue“ aktiviert. Man stellt beide Handys auf die Achsen ein, welche gemessen werden sollen. Dabei empfiehlt es sich eine der drei Grundachsen zu nehmen und nicht die Resultierende, da diese sehr stark verfälscht wird. Am besten stellt man als Messfrequenz 20 Hz ein. Wenn man die Daten später auf den Computer exportieren will, empfiehlt es sich, die iPods nacheinander zu starten und dann kurz in eine synchrone Schwingung zu versetzen. Diese gemeinsame Schwingung kann man später

als Ausgangspunkt benutzen, um das Diagramm zurechtzuschneiden.

Dann versetzt man eines der Pendel in Schwingungen, während das andere möglichst nicht berührt wird. Die Schwingung wird sich nun langsam auf das zweite Pendel übertragen. Sobald der ganze Schwung auf das zweite Pendel übertragen wurde, sollte das erste Pendel in Ruhe verharren. Danach wird die Energie wieder auf das erste Pendel übertragen.

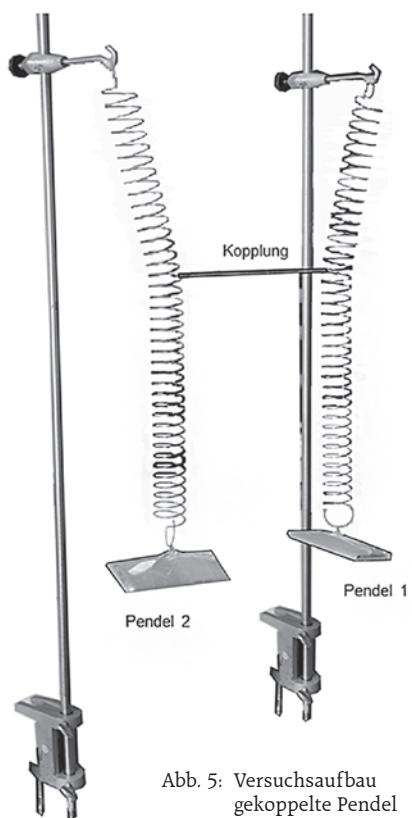


Abb. 5: Versuchsaufbau
gekoppelte Pendel

Tonfrequenzen und Schwebungen

Eine der vielen Möglichkeiten, ein iPod oder iPhone zu benutzen, ist die Erzeugung von verschiedenen Tonfrequenzen. Äußerst praktisch ist hierfür die App „Tongenerator“. Mit ihr kann man Frequenzen von 10 bis 25000 Hz erzeugen. Damit kann man zum Beispiel den Hörbereich der Schülerinnen und Schüler feststellen. Im Zuge dieses Experiments kann auch auf „Ultraschall“ und „Infraschall“ eingegangen werden.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist die Erzeugung einer Tonschwebung mit Hilfe zweier Smartphones (Abb. 7).

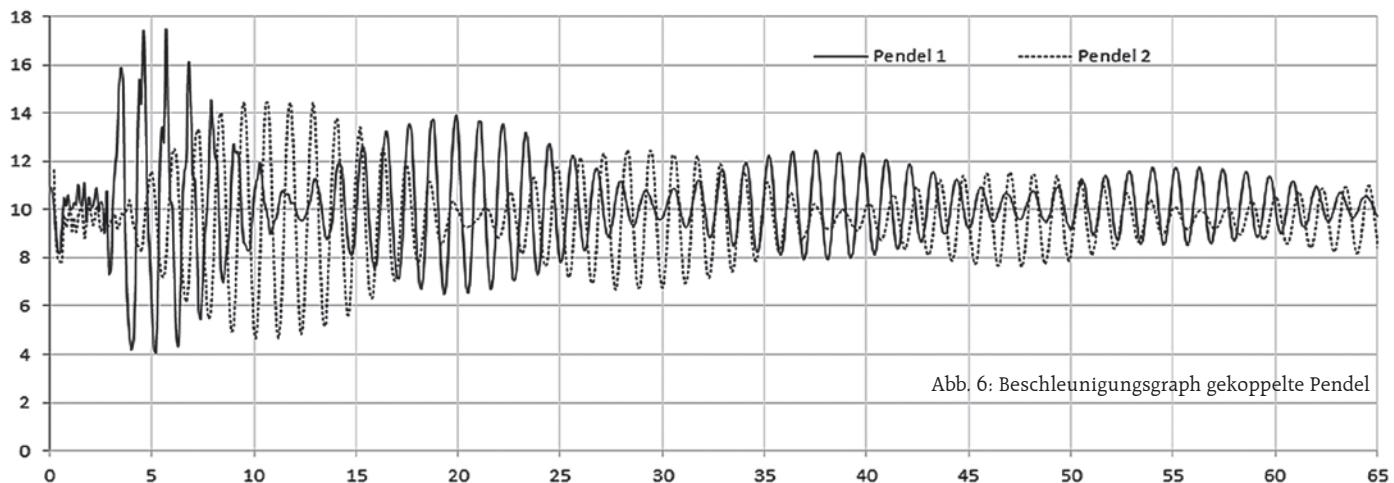


Abb. 6: Beschleunigungsgraph gekoppelte Pendel

Dazu werden beide Smartphones auf verschiedene Frequenzen eingestellt. Der Unterschied sollte dabei nur wenige Hertz betragen. Empfohlen werden die Frequenzen 396 und 400 Hz, da diese eine gut erkennbare Tonschwebung erzeugen. Zudem sind diese Töne angenehm für das Ohr.

Abb. 7: „Tongenerator“

Wenn man noch ein drittes Smartphone besitzt, kann man mit der App „iAnalyzer-Lite“ die Frequenz der Tonschwebung auch aufzeichnen und abspeichern (Abb. 8).

Abb. 8: „iAnalyzerLite“

Applikation „Physik“ zum selbstständigen Lernen

Die Applikation „Physik“ ist gratis im iOS-Store für iPod und iPhone erhältlich und stellt physikalisches Fachwissen und dazu passende Übungsaufgaben für Schülerinnen und Schüler übersichtlich dar (Abb. 9).

Insgesamt gibt es 6 Themengebiete:

Bei der Gratis-Version ist aber nur der Bereich „Optik“ freigeschaltet. Die restlichen Themengebiete müssen gekauft werden (1,79 EUR). Bei den einzelnen Aufgaben gibt es eine Vorderseite und eine Rückseite, ähnlich einer Karteikarte. Auf der Vorderseite steht die Aufgabe. Wenn man rechts oben auf den Knopf mit dem Blatt und dem Pfeil drückt, er-

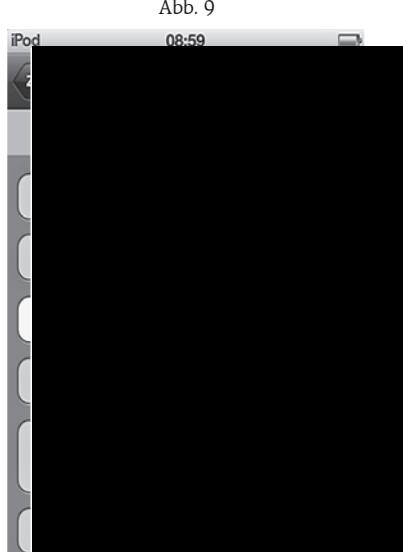


Abb. 9

scheint die Rückseite mit der Lösung. Danach kann man entweder den Knopf „Gelernt“ oder „Wiederholen“ drücken. Im Hauptmenü erscheinen alle Fragen, die mit „Wiederholen“ markiert wurden, in einer eigenen Spalte.

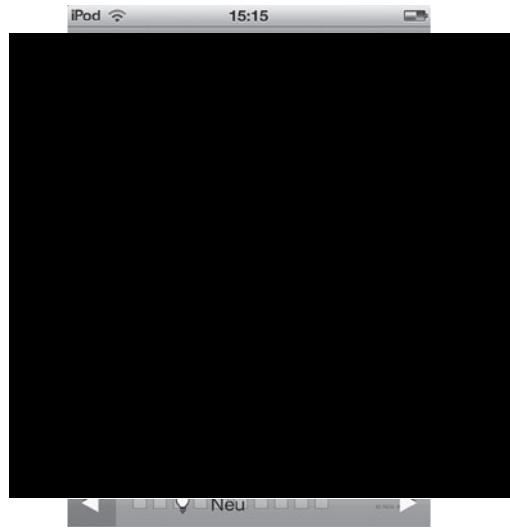


Abb. 10: Frageseite

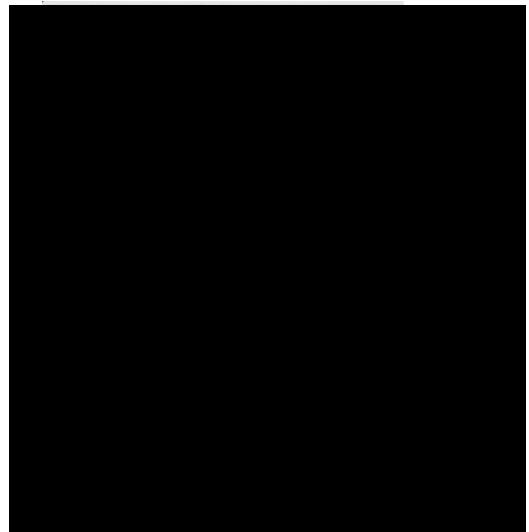


Abb. 11: Antwortseite

Diese App kann einerseits selbstständig von Schülerinnen und Schülern zur Wiederholung und Überprüfung des eigenen Wissens genutzt werden. Andererseits könnten aber auch Lehrkräfte gezielt die konkrete Nutzung dieser App für die Vorbereitung auf Tests und Prüfungen anregen [2].

Anmerkungen

[1] SPARKvue wurde vom Lehrmittelhersteller PASCO für iPad, Android-Tablets, Windows- und Mac-Geräte entwickelt. Die Software unterstützt in den Tablets vorhandene Sensoren und ca. 70 PASCO-Sensoren. (<http://www.pasco.com/sparkvue/>)

[2] Es wäre mit der Klasse zu diskutieren, ob die in Abb. 10 genannte Distanz zum Spiegel für die Aufgabe relevant ist.

Der ESA Teachers Summer Workshop 2011

Olivia Fischer

„Develop new skills and network with teachers from across Europe.“ Mit diesem Satz bewarb die European Space Agency ihren Teachers Summer Workshop in Noordwijk (Niederlande) und was so eine Ankündigung bei der ESA bedeutet, durfte ich in fünf Tagen mit Hands-On-Workshops, Vorträgen, Führungen und sozialen Aktivitäten erfahren. In diesem Bericht möchte ich einerseits einen groben Überblick über das Workshop-Programm geben und andererseits auf drei der Unterrichtsideen, die von der ESA vermittelt wurden, detaillierter eingehen.

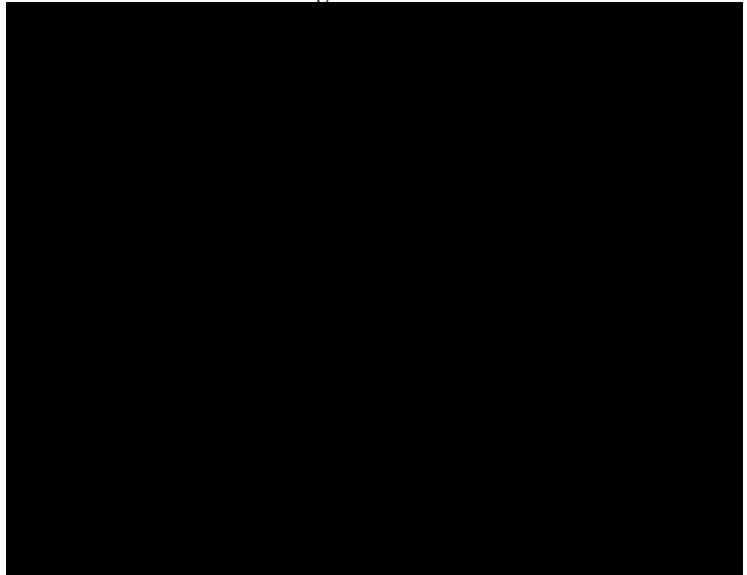
Als ich Anfang Mai 2011 die Ausschreibung der ESA bzw. der ESERO (European Science Education Ressource Offices) las, wusste ich sofort, dass ich bei diesem Workshop dabei sein musste, hatten mich doch Raumfahrt und Astronomie schon von Kindheit an interessiert. Auch wenn die Ankündigung relativ kurzfristig und der Bewerbungszeitraum mit einem Monat ziemlich eng bemessen war, war die Bewerbung an sich jedoch relativ unkompliziert – ein ausgefüllter Fragebogen zu Motivation, ein Unterrichtsvorschlag und Ähnliches, ansonsten kein bürokratischer Aufwand.

Mitte Juni erfuhr ich, dass meine Bewerbung akzeptiert worden war und bereits einen Monat später ging es dann zum ESTEC (European Science and Technology Research Center) in Noordwijk. Das ESTEC ist die größte Niederlassung der ESA und ihr „technisches Herz“. Hier werden nicht nur alle ESA-Missionen geplant und betreut, der ESTEC Campus beherbergt auch das Environmental Test Centre for Spacecraft und mehrere Labore, die sich in die vier Zweige Software, Mechanik, Elektrotechnik und Sicherheit gliedern. So wird hier unter anderem an Antennen, Energieversorgungssystemen, Avionik, Lebenserhaltungssystemen und der Steuerung von Raumfahrzeugen geforscht. Nicht selten können Entwicklungen aus diesen Bereichen auch zur Verbesserung des Alltagslebens genutzt werden, zum Beispiel wurde erst vor kurzem auf der ESA-Website ein Bericht über die Entwicklung einer wasserfesten, flexiblen Antenne veröffentlicht, die in Schwimmwesten zum Einsatz kommen soll. Wer sich genauer über die Arbeit im ESTEC informieren möchte, dem will ich die ESTEC-Website ans Herz legen: <http://www.esa.int/esaMI/ESTEC/> – auf dieser englischsprachigen Seite findet man viele, leicht verständliche Kurzberichte, Bilder und eine virtuelle Tour durch das Testzentrum.

Nun aber zurück zum Summer Workshop. Nach einigen einführenden Informationen und einer Vorstellungsrunde der 40 teilnehmenden Naturwissenschafts- und Techniklehrkräfte aus 19 europäischen Ländern hatten wir gleich am ersten Tag die Möglichkeit, einen waschechten Astronauten Mag. Olivia Fischer unterrichtet am Lise Meitner-Realgymnasium, 1010 Wien. E-Mail: fischer@brg1.at

kennenzulernen. Leopold Eyharts, der 2008 eineinhalb Monate auf der internationalen Raumstation verbracht hatte, berichtete von seinen Erfahrungen während der Zeit auf der ISS und stand für Fragen und persönliche Gespräche zur Verfügung. Noch am selben Tag erhielten wir auch eine Tour durch das ESTEC-Testzentrum und durften den Wissenschaftlern und Technikern kurz bei der Arbeit zusehen.

Der nächste Tag begann mit einer Demonstration des Eurobots, des neuen Erkundungsroboters der ESA.



Das zukünftige Einsatzgebiet des Eurobots wird die Untersuchung des Mars sein. Dabei soll er entweder von einem Astronauten gesteuert werden oder eigenständig verfahren. Vom Eurobot ging es weiter zu einer virtuellen 3D-Tour durch die ISS und zu einem Vortrag über den Status quo in der kosmologischen Forschung. Am Nachmittag erwarteten uns dann auch schon die ersten Hands-On-Workshops mit den Themen „Bau eines Radiowellenempfängers“ und „Kometen“.

An dieser Stelle möchte ich etwas näher auf den Kometen-Workshop eingehen, da der Vortragende hier neben allerhand interessanten Informationen zwei spannende Möglichkeiten präsentierte, wie man dieses sonst eher trockene Thema im Unterricht behandeln kann. Um den Zusammenhang zwischen dem Orbit eines Kometen und dem Gravitationsfeld eines Himmelskörpers zu verdeutlichen und nebenbei auch gleich noch etwas über die Flugplanung von Raumsonden zu lernen, reichen ein Hula Hoop-Reifen, ein Stück Spandex oder Lycra, das sich über den Reifen spannen lässt, ein paar Klemmen und zwei Marmeln. Zuerst wird das Stoffstück straff über den Reifen gespannt und mit den Klemmen befestigt, dann halten vier Personen die entstandene Stoff-

Kreisfläche parallel zum Boden. Eine der Personen fasst von unten in die Mitte des Kreises und zieht den Stoff fest nach unten: Fertig ist unser Modell, in dem der Zusammenhang zwischen Potential V und Feldstärke E im Gravitationsfeld ($E = -\text{grad } V$) sichtbar gemacht wird.

Betrachten wir einen beliebigen Punkt auf der Stoffoberfläche, so wird V durch den Normalabstand des Punktes zur gedachten Horizontalen dargestellt und E wird durch die Neigung der Stoffoberfläche repräsentiert.

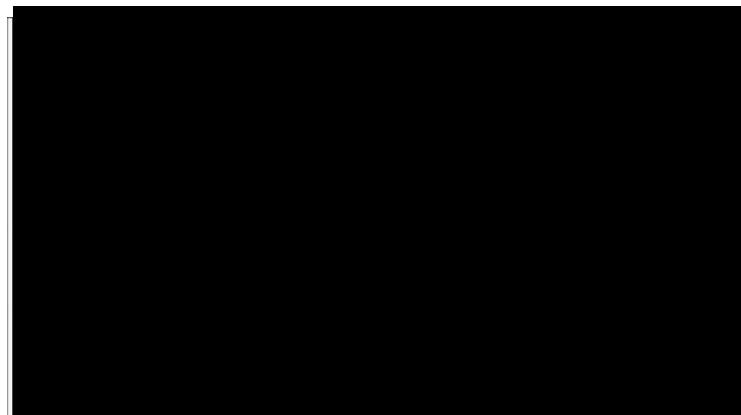
Zuerst wird der Reifen gehalten, ohne das Stoffstück in der Mitte nach unten zu ziehen, so dass einfach eine horizontale Kreisscheibe vorliegt. Nun wird eine Murmel über die Stofffläche gerollt. Die Bahn der Murmel zeigt die Bahn eines Körpers ohne Einfluss eines Gravitationsfeldes. Als nächstes wird zu dem vorher besprochenen Modell übergegangen. Während die Mitte des Stoffkreises verschieden stark nach unten gezogen wird, werden wieder Marmeln über den Stoff gerollt. Man sieht, wie sich die Bahn der Murmel „unter dem Einfluss von verschiedenen starken Gravitationsfeldern“ verändert. Mit diesem einfachen Modell können unter anderem elliptische Umlaufbahnen, das zweite keplersche Gesetz, die Präzession von Umlaufbahnen und der Slingshot-Effekt veranschaulicht werden. Zieht man den Stoff noch an einer zweiten Stelle nach unten, kann auch mit dem Gravitationsfeld von zwei Massen experimentiert werden.

Nachdem wir nun schon einiges über die Visualisierung von Orbits im Gravitationsfeld gelernt hatten, stand Kometenkern-Kochen auf dem Plan. Um die Zusammensetzung eines Kometenkerns nicht nur auf einem Blatt Papier zu sehen, stellten wir aus einigen relativ leicht erhältlichen Zutaten selbst unseren Kometenkern her. Kometen bestehen zu einem Großteil aus Wasser, weitere Bestandteile sind Kohlenstoff, Silizium, Kohlendioxid, Ethanol und andere Alkohole sowie Aminosäuren. Ein guter Ersatz für diese Materialien sind: 1 Eßlöffel Kohlepulver, 1 Eßlöffel Sand (besteht zu einem guten Teil aus Siliziumdioxid), 1500 ml Trockeneis (gefrorenes CO₂), ein Schuss Wein, und ein Schuss Worcester Sauce (für die organischen Komponenten). Um Verletzungen vorzubeugen, werden Schutzbrillen, Gummihandschuhe und Kälteschutzhandschuhe verwendet. Zuerst wird ein Müllsack in einen kleinen Kübel gelegt (Achtung, der Kübel kann beschädigt werden!), dann werden 750 ml Wasser eingefüllt. Nach und nach werden alle Zutaten mit einem großen Holzkochlöffel eingerührt, wobei das Trockeneis den Abschluss mit Nebel-Showeffekt bildet. Nun wird vorsichtig mit den Händen (Achtung, Kälteschutzhandschuhe tragen!) von außen im Müllsack ein Klumpen geformt. Der Müllsack darf hierbei nicht verschlossen werden, damit CO₂ entweichen kann. Der „Nebel“, den man während der Verwendung des Trockeneises sieht, bildet sich, indem gasförmiges Wasser aus der Luft am sublimierenden CO₂ kondensiert. Sublimation ist übrigens auch verantwortlich für die Bildung der Koma eines Kometen.

In den nächsten Tagen folgten neben sozialen Aktivitäten noch ein Überblick über aktuelle ESA-Schulprojekte, ein Vortrag über die Suche nach Exoplaneten und weitere interessante Workshops, unter anderem zu den Themen Erdebeobachtung, Vakuum, Verwendung einer Wii-Remote im Physikunterricht, Planung eines Marstrips und Nutzung des ESA-SOHO-Datenarchivs für den Unterricht. Die Entscheidung, von welchem dieser fantastischen Workshops ich genauer berichten möchte, fiel mir schwer, da alle äußerst interessant, unterhaltsam und auf die Umsetzbarkeit im Unterricht zugeschnitten waren. Ich habe mich jedoch letztendlich für das SOHO-Archiv entschieden, da ich die Arbeit mit echten Daten immer sehr spannend finde.

SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) ist ein gemeinsames Projekt von ESA und NASA und dient der Sonnenbeobachtung. Wichtige Forschungsthemen sind hierbei unter anderem Struktur und Vorgänge des Sonneninneren: Wie entstehen Sonnenwinde, warum gibt es eine Korona und wie wird sie auf Temperaturen von 1 Mio °C aufgeheizt?

Um das SOHO Archiv im Unterricht zu verwenden, benötigt man eine Internetverbindung und eine aktuelle Java-Version. Auf <http://soho.esac.esa.int> findet man neben vielen Informationen, Bildern, Videos und Unterrichtsplänen zum Thema Sonne und SOHO auch den direkten Link zum SOHO-Archiv. Im Archiv kann man zwischen verschiedenen Quellen wählen.



EIT ist zum Beispiel das "Extreme Ultraviolet Imaging Telescope" und zeigt die heißesten Gebiete der Sonnenatmosphäre. LASCO C2 und C3 sind "Large Scale Spectroscopic Coronographs" und konzentrieren sich auf Details in der Umgebung der Sonne – das Licht, das von der Sonne direkt kommt, wird dabei ausgeblendet. Interessante Daten findet man unter anderem für den 12. März 2010 von 8:18 bis 20:00 bei LASCO C3 oder für 29. Oktober 2003, 17:00, bis 30. Oktober 2003, 5:00 bei mehreren Beobachtungsinstrumenten.

Zur Verwendung des Archivs benötigt man zwar vielleicht etwas Zeit, um sich in die Handhabung einzuarbeiten, aber diese kleine Mühe lohnt sich auf jeden Fall. Läßt man sich zusätzlich auch noch die kostenfreie Visualisierungssoftware Aladin herunter (<http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl?frame=downloading>), so kann man zum Beispiel mit Hilfe von Daten aus dem Archiv die differentielle Rotation der Sonne untersuchen. Dies geschieht, indem man

einen polnahen und einen äquatornahen Sonnenfleck über einen bestimmten Zeitraum hinweg beobachtet. Geeignete Daten für den polnahen Sonnenfleck erhalten wir aus dem Archiv, indem wir den Zeitraum von 27. Dezember 2009, 6:24, bis 2. Jänner 2010, 18:42 und als Beobachtungsinstrument MDI (Michelson Doppler Imager) Continuum wählen. Die Daten für den äquatornahen Fleck liefert auch MDI Continuum, allerdings von 9. Jänner 2005, 6:24, bis 17. Jänner 2005, 16:00. Die Daten werden aus dem SOHO Archiv heruntergeladen und in Aladin importiert.

Für beide Flecken werden Start- und Endkoordinaten auf dem zweidimensionalen Bild in Aladin notiert. Aus diesen Koordinaten werden dann Längen- und Breitengrade der Flecken auf der Sonnenoberfläche berechnet. Nun berechnet man für jeden Sonnenfleck die Rotation pro Tag in Grad (d.h. die Differenz von Start- und Endlängengrad) und die Zeit, die für diese Rotation benötigt wird (d.h. die Differenz zwischen Startzeit und Endzeit). Aus der Rotation pro Tag kann man die Dauer einer vollen Rotation der Sonne (360°) berechnen. Vergleicht man die Ergebnisse für die beiden Sonnenflecken, erkennt man, dass die Photosphäre der Sonne näher am Äquator mit größerer Geschwindigkeit rotiert.

Wie man sieht, hatte die ESA für jeden Geschmack etwas zu bieten – sei es nun Computer gestütztes Unterrichten, Fachvorträge, Hands-On Experimente oder lebensgroße Nachbauten von Raketen, Satelliten, einem Modul der ISS u.v.m.

Neben diesem großartigen Programm kam natürlich auch der Austausch mit Naturwissenschaftslehrkräften aus anderen Ländern nicht zu kurz – eine Erfahrung, die ich nicht missen möchte. Zu sehen, wie an bestimmte Lehrinhalte in anderem Ländern herangegangen wird, von internationalen Projekten zu erfahren und selbst neue kleine Projekte mit Kolleginnen und Kollegen aus anderen Ländern zu planen, ist einfach eine fantastische Möglichkeit, um sich selbst beruflich weiterzuentwickeln.

Abschließend möchte ich mich noch einmal bei der ESA bedanken, die nicht nur zu diesem Workshop eingeladen hat, sondern auch noch den Großteil der Kosten für Anreise, Unterkunft und Verpflegung gesponsert hat. An dieser Stelle möchte ich auch allen Nawi-KollegInnen – insbesondere den PhysikerInnen – ans Herz legen, sich für einen der nächsten ESA-Teachers Workshops zu bewerben. Liebe KollegInnen, nutzt diese Chance!

Ihr werdet es nicht bereuen.

Quellen:

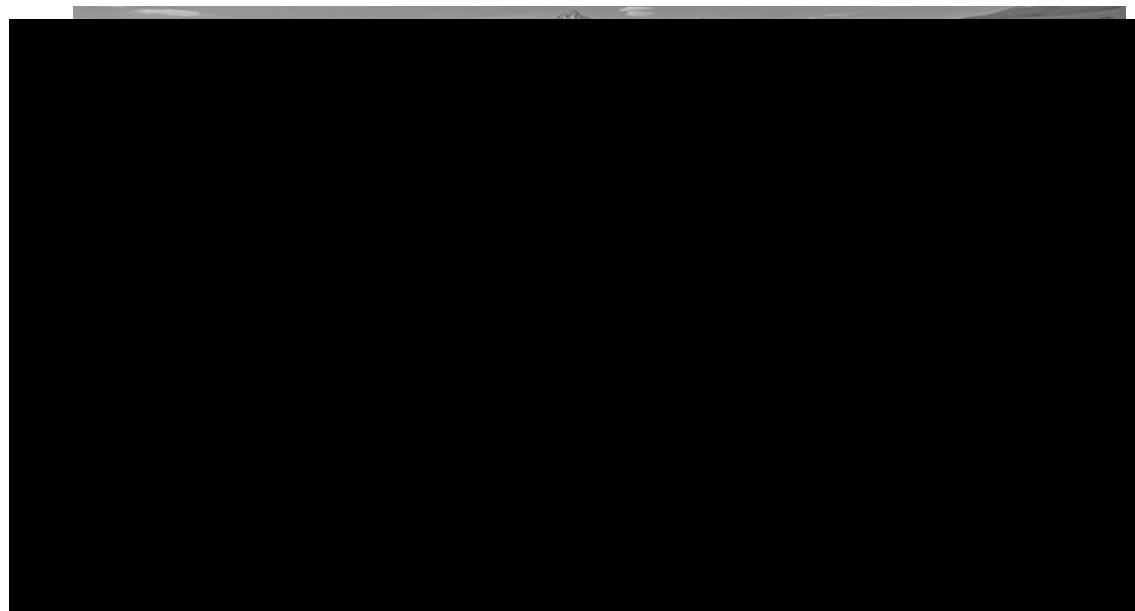
www.esa.eu, <http://soho.esac.esa.int>

Anu Ojha (National Space Center, UK): Workshops „The ESA SOHO data archive in the classroom“ und „Comets: harbingers of doom or agents of life“. Siehe das Workshop-Angebot unter: http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/Forms_Letters/2011Wkshp/2011TeachersWorkshopProgramme.pdf

Alma

Alma, das Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, ist das derzeit größte Observatorium der Europäischen Südsternwarte (ESO). Im Endausbau wird es aus 66 Radioteleskopen bestehen, die im Atacama-Hochland (Chile) in 5000 m Höhe auf einer Hochebene verteilt aufgestellt werden. Zusammengeschaltet entsprechen sie einem Radioteleskop von 16 km Durchmesser. Die Eröffnung fand im März 2013

statt. Österreich ist seit 2009 Mitglied und trägt jährlich 3,35 Mio EUR bei. Laut der ESO-Website (<http://www.eso.org/public/about-eso/memberstates/austrianinvolvement/>) sind bis Ende 2012 etwa 7 Mio EUR an österreichische Firmen gegangen. Forschungsgruppen des ÖAW-Weltraum-Instituts und der Universitäten Innsbruck und Wien sind erfolgreich in die ESO-Programme eingebunden.



Radioteleskope des Alma-Observatoriums können mit einem Spezialtransporter bewegt werden.

67. Fortbildungswoche – Physik

Martin Hopf

Vom 25. Februar bis zum 1. März 2013 fand in Wien die 67. Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts statt. In enger Kooperation mit den Österreichischen Kompetenzzentren für Didaktik der Chemie und Physik und mit Unterstützung des BMUKK, der PH Wien und der Universität Wien war es erneut möglich, diese Fortbildungsveranstaltung durchzuführen. Insgesamt wurden in diesem Jahr 16 Hauptvorträge, 31 Workshops, 18 Exkursionen und Laborführungen angeboten. 310 Teilnehmer/innen waren für die Veranstaltungen angemeldet. Die ersten Angebote waren bereits wenige Stunden nach Beginn der Voranmeldung ausgebucht.

Im Folgenden soll nun ein kurzer Überblick über die Veranstaltungen aus dem Bereich der Physik gegeben werden. Im Vortragsprogramm gelang es erneut, ein vielfältiges Angebot zu interessanten Themen anzubieten. So berichtete am Montag Prof. Dr. Rita Wodzinski (Universität Kassel) über *Aufgaben mit gestuften Hilfen*. Dabei gab sie einen Einblick in die Entwicklung und den Aufbau solcher Aufgaben, diskutierte einige Beispiele und empirische Ergebnisse zum Unterrichtseinsatz. Prof. Dr. Regina Hitzenberger (Universität Wien) berichtete im Anschluss über den *Zusammenhang von Feinstaub und Gesundheit*.

Am Oberstufennachmittag musste ein Vortrag zu Themen für vorwissenschaftliche Arbeiten leider aufgrund des Wetters am Flughafen Frankfurt entfallen, dafür gelang es, den Start des ersten Satelliten der Universität Wien live in den Hörsaal zu übertragen. Danach berichtete Dr. Christian Reimers (Universität Wien) über die Einrichtung des Arbeitskreises „Astronomy for Education, A4E“; Prof. Dr. Piotr Chrusciel (Universität Wien) gab einen interessanten Einblick in *Aktuelle Forschung über allgemeine Relativitätstheorie*. Zum Abschluss des Nachmittags trug Prof. Dr. Gunnar Friege (Universität Hannover) über die *Erfahrungen mit der Einführung experimenteller Aufgaben in die Reifeprüfung* vor.

Ein Highlight der Fortbildungswoche war sicherlich die Abendveranstaltung: Edi Schittelkopf, Hans Eck, Haimo Tentschert, Fabian Kren und Erich Reichel begeisterten die Besucher von Pub Science im Cafe Einstein mit kleinen Experimenten, Vorträgen und Knalleffekten.

Am Dienstag berichtete zunächst Prof. Dr. Wolfgang Püschl (Universität Wien) über die *Physik des Segelns* und erklärte zum Beispiel, wie ein Boot schneller als mit Windgeschwindigkeit segeln kann. Prof. Dr. Gorazd Planinišić (Universität Ljubljana) begeisterte die Zuhörerinnen und Zuhörer mit seinem Vortrag über *Scientific Thinking*.



Abb.1: PubScience im Cafe Einstein. Hochspannung rund um einen Tesla-Transformator.

Zum Abschluss referierte Dr. Peter Klimek (MedUni Wien) über *Wahlstatistiken* und erläuterte, wie anhand veröffentlichter Daten Wahlfälschung nachgewiesen werden kann.

Wir bedanken uns bei allen Vortragenden sowie allen Leiterinnen und Leitern von Workshops, Exkursionen und Laborführungen für ihr Engagement. Gleichzeitig dankt der Verein herzlich allen Menschen, die zum Gelingen der Fortbildungswoche beigetragen haben, insbesondere Silvia Feischl, Ines Hödl, Claudia Haagen-Schützenhofer, Anja Lembens, Susanne Neumann, Christine Felgenhauer-Neumann und den studentischen Helferinnen und Helfern.

Wie auch in den Vorjahren stehen wieder Unterlagen zu einigen Vorträgen auf der Webseite des Vereins zum Download bereit.



Abb. 2: Haimo Tentschert (links) bei PubScience. Gorazd Planinsic (rechts) erläutert wissenschaftliches Vorgehen mittels Coladosen.

Wir freuen uns auf die 68. Fortbildungswoche, die vom 24. bis 28. Februar 2014 stattfinden wird.

67. Fortbildungswoche – Chemie

Anja Lembens

Der Chemie Schwerpunkt wurde wie in den letzten Jahren vom AECC Chemie organisiert und gestaltet. Geboten wurde eine anregende Mischung aus fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Vorträgen, Workshops, Exkursionen und Laborführungen.



Einblick in die Plenarvorträge

Die „Chemietage“ begannen im übertragenen Sinn mit einer Tasse Kaffee am Morgen. Univ.-Prof. Dr. Veronika Somoza von der Universität Wien fragte danach, ob und wie viel Kaffee gesund ist. Ihre Arbeitsgruppe erforscht die Biofunktionalität verschiedener Inhaltsstoffe des Kaffees. Der spannende Vortrag führte von der Vorstellung der gebräuchlichsten Kaffeesorten über ihre Verarbeitung, die unterschiedlichen Zubereitungsarten bis hin zur Chemie des Kaffees. Schnell wurde klar, dass Kaffee nicht gleich Kaffee ist, da sich nicht nur die Konzentration der Inhaltsstoffe der verschiedenen Sorten unterscheidet, sondern auch Verarbeitung und Zubereitung einen erheblichen Einfluss auf die Verfügbarkeit der Inhaltsstoffe haben.

Veronika Somoza klärte über Wirkungen und Mythen des Kaffees auf und stellte Zusammenhänge zu den dafür verantwortlichen Inhaltsstoffen her. Neben Daten aus der eigenen Forschung, z. B. wie man feststellt, welcher Kaffee magenfreundlich ist und woran das liegt, erhielten wir Einblicke in eine Vielzahl an internationalen Studien zum Kaffee. Die Studien zeigen, dass Kaffee positive und auch negative Wirkungen auf den Körper haben kann. Z. B. scheint ein moderater Konsum von zwei bis vier Tassen Kaffee am Tag das Risiko zu vermindern, an Dickdarmkrebs, Parkinson oder Diabetes zu erkranken. Andererseits sind z. B. Magenreizungen als Folge der sekretionsfördernden Wirkung des Kaffees

Univ. Prof. Dr. Anja Lembens, AECC Chemie – Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie, Universität Wien, E-Mail: anja.lembens@univie.ac.at



Veronika Somoza



Jürgen Menthe
Verena Pietzner



belegt. Dieses komplexe Forschungsfeld lässt jedenfalls noch viel Spielraum für vertiefte Forschung offen.

Jun.-Prof. Dr. Jürgen Menthe von der Universität Hamburg diskutierte in seinem Vortrag, warum Faktenlernen im Chemieunterricht nicht notwendigerweise zur Veränderung des Urteilens und Bewertens bei Schülerinnen und Schülern führt. Viele gesellschaftliche und lebensweltliche Fragen hängen eng mit fachwissenschaftlichen Fragen des Chemieunterrichts zusammen. Dies gilt es zu nutzen. Jürgen Menthe stellte mehrere Kontexte vor, die das Lernen von Naturwissenschaften für Schülerinnen und Schüler interessanter und relevanter machen können.

Als besonders wirksam haben sich Dilemma-Situationen erwiesen, die einerseits emotionale Reaktionen bei den Lernenden auslösen und andererseits ein reflektiertes Herangehen erfordern, um zu einer sinnvollen Lösung zu kommen. Anhand von Themen wie Nanopartikel in Lebensmitteln, Biotreibstoffe, Trink- und Mineralwasser etc. können nicht nur chemische Aspekte gelernt werden, sondern auch wie Argumente bzw. Urteile „funktionieren“. Dabei wird ein Bogen von der Posthoc-Reflexion zur Metareflexion gespannt und die Schülerinnen und Schüler erleben die Relevanz des Gelernten ganz unmittelbar.

Nach einer realen Tasse Kaffee in der Pause stellte Prof. Dr. Verena Pietzner das Projekt „Interaktiv Lernen“ vor, wobei es um die Computernutzung im Chemieunterricht jenseits

der Messwerterfassung ging. In ihrem Vortrag betonte Verena Pietzner, dass die kritisch reflexive Nutzung des Mediums im Vordergrund stehen sollte und damit die Frage nach dem Ziel, das man damit erreichen möchte. Es gibt Dinge, die mit dem Computer gemacht werden können, die mit anderen Methoden so nicht erreichen sind. Wir erhielten Einblicke in verschiedene einfache Programme, mit denen das Lernen auf mehreren Ebenen unterstützt und angeregt werden kann.

Der Bogen spannte sich von 2D- und 3D-Animationen zur Unterstützung des Modell-Lernens über Simulationen, um Reaktionsmechanismen verständlicher zu machen, bis hin zu Webquests, bei denen die Lernenden den Computer nutzen, um eigenständig Informationen aus vorrecherchierten Internetquellen zu entnehmen, zu verarbeiten und zu reflektieren.

Forschungen zeigen, dass durch das Arbeiten mit Computern im Chemieunterricht Mädchen und Burschen gleichermaßen angesprochen werden und dass das Gefühl, selbstbestimmt zu arbeiten steigt. Letzteres ist ein wichtiger Aspekt im Zusammenhang mit der Motivation, sich intensiv mit einer Sache auseinander zu setzen.

Der Donnerstagvormittag begann mit Einblicken in die faszinierende Welt der chemischen Kommunikation im Tier- und Pflanzenreich. Prof. Dr. h.c. mult. Wittko Francke von der Universität Hamburg stellte die erstaunlichen Strukturverwandtschaften von Botenstoffen vor, die bei der Partnerwahl, Abwehr von Feinden, Sozialverhalten, Räuber-Beute-Interaktionen und Tier-Pflanzen-Beziehungen wirksam sind. Interessant war es auch zu erfahren, dass der größte Teil des Cocktails an Stoffen, aus denen Pheromone zusammengen-



Wittko Francke

setzt sind, nicht zur unmittelbaren Kommunikation dient, sondern vielfältige Hilfsfunktionen, z. B. zur Stabilisierung, als Lösungsmittel, als Spreitmittel etc. haben. Manche Mischungen verhalten sich wie ein Barcode, der sich mit der Zeit verändert. Hummeln markieren Blüten, die sie besuchen mit einer spezifischen Mischung aus Substanzen, die unterschiedlich schnell „verduften“. So können die Hummeln später ablesen, wann sie zuletzt eine bestimmte Blüte angeflogen haben und ob es sich schon lohnt, ein zweites Mal nach Nektar zu suchen. Viele Substanzen werden auch von anderen Organismen zur Täuschung genutzt.

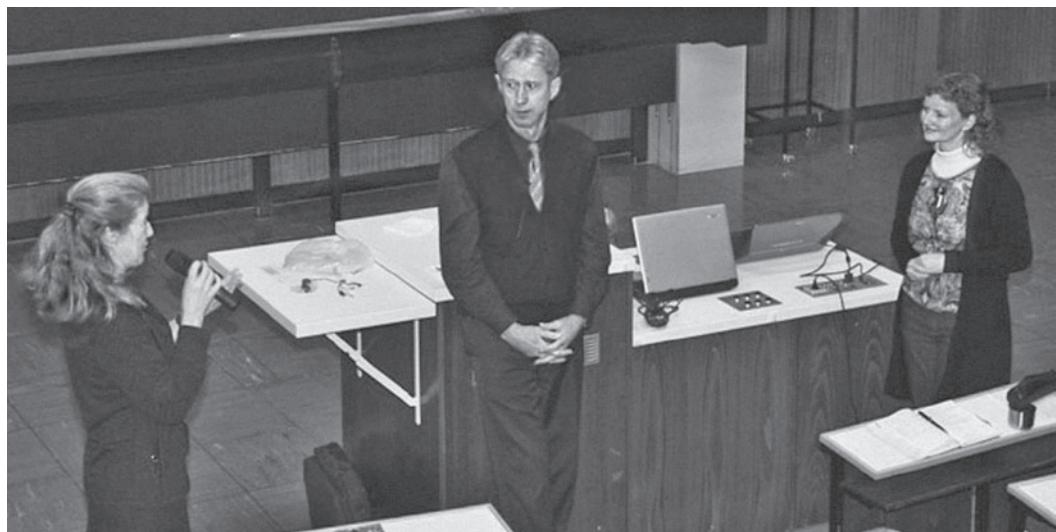
PD Dr. Nicole Marmé von der Pädagogischen Hochschule Heidelberg zeigte zunächst am Beispiel des 50-Euroscheines wie sehr wir bereits jetzt in unserem Alltag von Nanomaterialien umgeben sind.



Nicole Marmé

Anschließend stellte sie ein umfangreiches Projekt zur Förderung des Interesses von Mädchen an naturwissenschaftlichen Berufen vor. NOrA, die Nano-Orientierungsakademie ermöglicht es Schülerinnen und Schüler in einer Aktionswoche, Praxisluft zu schnuppern. In ausgewählten Unternehmen erhalten sie Einblicke in die Arbeit an und mit Nanopartikeln und können eigene Experimente auf diesem Gebiet durchführen.

Über die NOrA-Homepage sind darüber hinaus viele interessante Unterrichtsmaterialien für Projektunterricht verfügbar, mit denen wissenschaftliches Arbeiten an für Schülerinnen und Schüler interessanten Kontexten erfahrbar werden kann.



Mit Concept Cartoons zu kompetenzorientiertem Chemieunterricht

Mag. Rosina Steininger, Universität Wien, AECC Chemie, gab Einblicke in die Erkenntnisse aus einem zweijährigen Forschungs- und Entwicklungsprojekt. In Kooperation mit drei Chemielehrerinnen und SchülerInnen der Oberstufe wurden in diesem Sparkling Science Projekt Concept Cartoons für den Chemieunterricht entwickelt und deren Einsatz untersucht. Ausgehend von den gewonnenen Erfahrungen wurde anhand von konkreten Beispielen gezeigt, wie sich Concept Cartoons einsetzen lassen, welche Wirkungen sie entfalten und wie sie bei der Gestaltung von kompetenzorientiertem Unterricht hilfreich sein können.

Die zwölf TeilnehmerInnen arbeiteten unter anderem mit einem Concept Cartoon zum Thema: „Warum wird der Wein sauer, wenn er offen steht?“ Es zeigte sich wieder, dass Concept Cartoons Diskussionen und Argumentationen auf unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen anregen können. Sehr einfache Erklärungen mit Rückgriff auf Alltagsvorstel-



lungen. Grundkonzepte der Chemie und Physik bis hin zu komplexen biochemischen Fragen können Themen dieser Diskussionen werden.

Forschendes Experimentieren mit Indikatoren

Wenn SchülerInnen im Chemieunterricht selbsttätig Experimente durchführen, so ist in den Arbeitsanleitungen oft von der Fragestellung über die Wahl von Materialien und Methoden bis zum Ergebnis und der „richtigen“ Interpretation alles vorgegeben. In diesem Workshop von Dipl. Ing. Mag. Brigitte Koliander, Universität Wien, AECC Chemie, wurden zum Themenkreis Säure-Base-Indikatoren gemeinsam Experimente durchgeführt, in denen schrittweise die Interpretation und die Wahl der Methoden und Materialien in die Hand kleiner „ForscherInnengruppen“ übergeben wurden. Durch langsames Öffnen der Anleitungen wurden die Gruppen zuerst in das Themengebiet und einfache Methoden eingeführt.

Die 14 TeilnehmerInnen arbeiteten in vier Kleingruppen engagiert an den Aufgabenstellungen. Sie diskutierten angeregt über Indikatoren und Säure-Base-Theorien und entwarfen eigene Wege, um die offenen Fragestellungen zu beantworten.

Folgende Versuche wurden durchgeführt:

- Testen eines Lackmusindikators
- Herstellen von unterschiedlich konzentrierten basischen Lösungen und deren Unterscheidung mit Lackmusindikator und verdünnter Säure
- Testen von Farbstoffen auf ihre Eignung als Indikatoren (z. B. violette Usambaraveilchen, Fineliner, ...) ohne genaue Anleitung
- Lösen eines chemischen Eggrace (*Quelle: http://www.chemie-biologie.uni-siegen.de/chemiedidaktik/dokumente/service/fundgrube/chemrace.pdf*) zum Thema Säuren, Basen und Indikatoren
- Interpretieren eines Experiments (Mischen zweier farbiger Lösungen, blau und gelb ergibt eine gelbe Lösung) und Planung und Durchführung weiterer Versuche, die die Interpretation stützen könnten.

Naturwissenschaftsdidaktik

Summer School 2012

Johannes Ickelsheimer und Tamara Sengseis

Wo ist Spital am Pyhrn? Ja, genau mitten in Österreich. Gut zu erreichen aus dem Osten, Süden, Norden und Westen. Ein strategisch günstiger Platz also, um von überallher an der Summer School der Fachdidaktiker der Naturwissenschaften teilzunehmen. Das sind die fachdidaktischen Kompetenzzentren der Chemie, Physik und Biologie. Die Österreichischen Kompetenzzentren für Didaktik (AECC: Austrian Educational Competence Centres) verfolgen das Ziel, im Bereich des Lehrens und Lernens des jeweiligen Faches forschend, entwickelnd und beratend sowie durch Lehre und Weiterbildung tätig zu sein.



Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens eröffnet die Tagung.

Der Veranstaltungsort ist nicht nur strategisch günstig, sondern auch malerisch schön gelegen, wenn es einem gelingt, die Autobahn, die dem Ganzen etwas Abbruch tut, auszublenden. Hier fand im Juli 2012 unter der wohl gelungenen Organisation des Kompetenzzentrums Chemie wieder die nun vierte Tagung statt.

Im Rahmen der Summer School werden forschungsorientierte Diplomarbeiten, Dissertationen und Habilitationen präsentiert und Nachwuchswissenschaftler/innen bei ihrer Arbeit und der Auswahl und Anwendung fachdidaktischer Forschungsmethoden unterstützt. Dabei sind vertiefte Methodenkenntnisse nicht Voraussetzung, sondern Ziel der Veranstaltung.

Daher bot auch die heurige AECC Summerschool ein breit gefächertes Angebot, von welchem Forschende in allen fachdidaktischen Bereichen sehr profitierten. Unterstützt wurde die AECC Summerschool durch Experten wie Dr. Vernon Trafford, Dr. Vanessa Kind, Prof. Dr. Ilka Parchmann, und Mag. Wolfgang Wiedermann mit Vorträgen zu den Themen: *Making Thinking Visible in Doctoral Theses* (Vernon Trafford), *Perspectives from research on pedagogical content knowledge: perspectives and potential for development* (Vanessa Kind), *Modelling Competence – goals and demands* (Johannes Ickelsheimer und Tamara Sengseis studieren am AECC Chemie

for research and practice (Ilka Parchmann) und *Urteilsverzerrungen in Surveys: Quantifizierung mittels Präferenzmodellen* (Wolfgang Wiedermann).

Der Auftakt

Der gelungene Auftakt zur diesjährigen Summerschool gelang Vernon Trafford mit seinem Vortrag *Making Thinking Visible in Doctoral Theses*.

Trafford kann als Betreuer auf 100 Master- und 48 Doktorarbeiten zurückblicken. Diese Erfahrung spiegelte sich in seinem Vortrag wieder, in dem er Wege aufzeigte erfolgreich zu forschen. Außerhalb seines Vortrages machte Trafford es sich zur Aufgabe, mit jedem Teilnehmer der AECC Summerschool über dessen jeweilige Forschung zu diskutieren und hilfreiche Ratschläge zu geben.



Prof. em. Vernon Trafford

Die Postersession

Es folgte eine Postersession des AECC Chemie zu den derzeitigen Forschungsschwerpunkten. Hier wurden Poster vor allem zu den Themen *Concept Cartoons* und *Inquiry Based Learning* vorgestellt. Es schloss sich eine angeregte Diskussion an.



Mag. Rosina Steininger präsentiert mit einem Poster ihre Forschungsarbeit zum Thema *Concept Cartoons*

Fishbowl Inquiry

In der Fishbowl Inquiry wurden zunächst Einführungsreferate zu Inquiry Based Learning gehalten. Die Vortragenden (Brigitte Koliander und Sandra Puddu, Erika Keller, Martin Hopf und Christine Heidinger) repräsentierten hierbei unterschiedlichste Einstellungen gegenüber der Unterrichtsmethodik. Dadurch ergab sich ein guter Einblick in das Wesen von Inquiry Based Learning, dessen Vorteile, aber auch dessen Einschränkungen und Nachteile.

An die Vorträge schloss sich der eigentliche Fishbowl an, innerhalb dessen die Vortragenden miteinander ihre verschiedenen Zugangsweisen diskutieren konnten. Wie beim Fishbowl üblich, wurde in der Diskussionsrunde auch Platz für Außenstehende gelassen, die diese Chance nutzten und angeregt zur Diskussion beitrugen.

Durch die Vorträge und die anschließend folgende Diskussion konnten alle Beteiligten wertvolle Anregungen für ihre Arbeit gewinnen. Da hier auch neue Methoden kennengelernt oder für die eigene Arbeit vertieft werden konnten.



Prof. Mag. Dr. Franz Radits (AECC Biologie) leitet die Diskussion.

Die Präsentation der Forschungsarbeiten

Es fanden auch Vorträge von Personen der beteiligten Kompetenzzentren zu Themen aktueller fachdidaktischer Forschung in Österreich statt. So konnten etliche Vorträge von Dissertanten und einer Diplomandin angehört und diskutiert werden. Durch diesen Austausch war es möglich, fruchtbare Anregungen für die eigene Arbeit zu gewinnen.

Die Workshops

Die diesjährigen Workshops hatten den Themenschwerpunkt Qualitative Analyse. In Workshop 1 unter der Leitung von Brigitte Koliander, Martin Scheuch & Simone Abels wurde die Methodik der Inhaltsanalyse diskutiert. Außerdem wurde eine Einführung in MaxQDA gegeben, welches ein hilfreiches Medium zur Bearbeitung und Kategorisierung von Texten ist.

Clemens Wieser übernahm die Leitung von Workshop 2 mit dem Themenschwerpunkt Grounded Theory Methodology:

Interpretative Analyse und Entwicklung von Konzepten. Hier wurde eine Einführung in die Arbeitsweise der Grounded Theory Methode gegeben. Der gelungene Workshop führte zu angeregten Diskussionen der Teilnehmer.

Das Fazit

Die AECC Summerschool ist für DissertantInnen sowie DiplomandInnen gleichermaßen zu empfehlen. Es wurden Einblicke in verschiedene Forschungen, und Methoden geboten. Beeindruckend ist sicherlich – und allein dadurch schon ist die Teilnahme lohnend und wertvoll – die wertschätzende Haltung derer, welche Rückmeldungen zu den einzelnen Beiträgen gegeben haben und konstruktive Kritik gegenüber denjenigen, die etwas präsentiert haben.

Im Rahmen der Vorstellung der Forschungsthemen war der Raum, der den wertvollen Verbesserungsvorschlägen der Tagungsteilnehmer gewährt wurde, von besonderer Bedeutung, da im Weiteren die Forschenden die Arbeit inhaltlich voranbringen und sie in einem weiteren Schritt außerhalb dieses geschützten Bereiches einer breiteren Öffentlichkeit präsentieren können. Gleichzeitig wurden neue Kontakte geknüpft und Freundschaften konnten entstehen. So gab es neben dem anstrengenden Tagungsprogramm die Möglichkeit zu einer gemeinsamen Wanderung – und viele folgten diesem Angebot trotz des kühlen regnerischen Wetters. Und von den Tagungsteilnehmern gab es einige, die es sich nicht nehmen ließen, angesichts dieser schönen Gegend diese Wanderung in ihrem Umfang noch auszudehnen. Für andere bot dieses – im Vergleich zum Rest Österreichs – zu kalte Wetter den Anreiz, sich in der wohlige warmen Sauna aufzuhalten.

Auch das abendliche Zusammensitzen nach einem intensiven Arbeitstag ließ die soziale Komponente bei einem Glas Wein nicht zu kurz kommen.



Das Wander-Team scharrt sich um Prof. Dr. Martin Hopf (AECC Physik)

Adi Hohenester

1936 – 2012

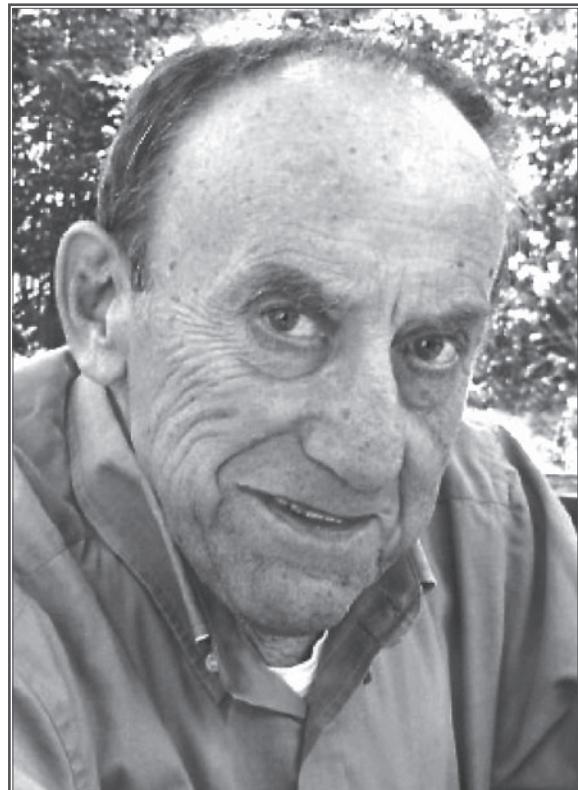
Wir trauern um einen Großen der Physikdidaktik

Von seiner Statur her zählte er ja nicht zu den „Großen“, und auch innerlich fühlte er sich eher den Kleinen verbunden, den Kindern und Jugendlichen. Eine seiner Lieblingsgeschichten handelte auch von einem spielenden Kind. Sie wird dem späteren Heiligen Aloisius von Gonzaga zugeschrieben, der in seiner Jugend begeistert mit Bällen spielte. Als er einmal gefragt wurde, was er tun würde, wenn er morgen sterben müsste, sagte er: „Weiter spielen“.

Spielen – das war auch eine der Maximen des Adi Hohenester. „Adi“ wollte er genannt werden, nicht „Adolf“, mit seinem Taufnamen. 1936, als er in München geboren wurde, war dieser Name modern. Die Zeit des Nazi-Regimes hatte aber nicht nur mit seinem Namen zu tun, sie raubte ihm seine Kindheit, die er im Graz des 2. Weltkriegs verbringen musste, oftmals allein auf sich gestellt. Die Aufarbeitung dieser Zeit hat sein Leben nachhaltig geprägt.

Im Gymnasium war er ein ausgezeichneter Schüler, der Literatur und Philosophie zugeneigt. Trotzdem studierte er Mathematik und Physik (Lehramt) an der Universität Graz. Nach seinem Abschluss 1964 unterrichtete er zuerst in Köflach, bald in Graz am traditionsreichen Akademischen Gymnasium. Die frühen Sechzigerjahre sahen auch die Hochzeit mit Gerlinde sowie die Geburt der beiden Söhne Erhard und Ulrich. Seitdem fiel manchem Besucher auf der Haustür der Hohenesters ein AUGE auf, ein Akronym für die Vornamen der Familienmitglieder. Beide Söhne sind mittlerweile erfolgreich in der naturwissenschaftlichen Forschung tätig.

Neben Familie und Unterrichtstätigkeit fand Adi Hohenester Zeit und Energie, um am Institut für Experimentalphysik an einer Dissertation zu arbeiten, mit dem Titel „*Untersuchung über die Beeinflussung der Ladungsträgerbeweglichkeit in Silizium bei der Bildung von Li-B-Ionenpaaren*“. Diese zeigte auch bereits eine didaktische Seite, denn in ihrem Rahmen entwickelte Adi einen Experimentiersatz zur Digitalelektronik (SIMULOG®) für eine Lehrmittelfirma. Hier verband er sein analytisches Denken mit seiner großen technischen Begabung und der Präzision handwerklicher Arbeit. Mit dieser Dissertation verfolgte er aber ein weiterreichendes Ziel: Sie sollte ihm den Weg an die Universität ermöglichen.



Schule und Universität – das waren damals strikt getrennte Welten, die Lehramtsstudien abgespeckte Fachstudien mit einigen Stunden Pädagogik und Didaktik. Diese wurden in den meisten Fällen von externen Lehrbeauftragten bestritten, so auch in Mathematik und Physik an der Universität Graz in den Siebzigerjahren. Adi Hohenester gelang es durch profunde Arbeit und Verhandlungsgeschick, dass am damaligen Institut für Experimentalphysik eine eigene Stelle für Fachdidaktik geschaffen wurde. 1974 wurde er als Bundeslehrer im Hochschuldienst für Didaktik der Physik und Mathematik ganz an der Universität angestellt.

Nun gab es also jemanden, der für das Lehramt zuständig war. Dieser „Jemand“ machte sich auch zunehmend bemerkbar im Institut, denn er dachte nicht daran, sich lediglich auf die Betreuung der Studierenden und die Vermittlung von Unterrichtsmethodik zu beschränken, ohne diese Aspekte jedoch zu vernachlässigen. Er verband seine fachdidaktische Arbeit mit seiner Liebe zu Büchern und baute eine entsprechende Bibliothek auf, die noch heute in Österreich einzigartig ist.

Dabei trat jenes Fachgebiet immer mehr in den Vordergrund, auf dem er seine größten wissenschaftlichen Leistungen vollbringen sollte – die Geschichte der Physik. Am Physikinstitut der Universität Graz hatten schon früher Forscher gewirkt, die sich auch mit didaktischen Fragen befasst hatten: Ernst Mach und Emil Karl Rosenberg. In der Nachfolge dieser beiden sah sich Adi Hohenester auch, insbesondere trug er zur Entdeckung von Ernst Mach als Didaktiker bei mit etlichen Vorträgen und Artikeln sowie durch die Mitarbeit an der Herausgabe von Ernst Machs populärwissenschaftlichen Schriften. Dieser betonte nicht zuletzt den

hohen Wert der Physikgeschichte im Unterricht, weniger historisch als vielmehr genetisch gesehen: Wie entwickelte sich das physikalische Wissen? Das genetische Lernen und das exemplarische Prinzip waren zentrale Interessensfelder auch für Adi Hohenester, hier anknüpfend an Martin Wagenseein.

Bei seinen Nachforschungen am Institut stieß er auf einige Schätze, zum Beispiel originale Vorlesungsmanuskripte von Ludwig Boltzmann. Vor allem aber entdeckte er eine große Zahl historischer Gerätschaften, die damals im Keller verstaubten und auf ihre Entsorgung warteten. Er erkannte den Wert dieser Geräte, die zum Teil von großen Physikern wie Leopold Pfaundler oder Ludwig Boltzmann für Demonstrationsexperimente oder auch im Einsatz für die Forschung verwendet oder entwickelt worden waren. In akribischer Arbeit recherchierte er Herkunft und Zweck der Geräte in historischen Katalogen und Werkstattskizzen und ließ diese nach und nach restaurieren. Dem folgte eine Reihe von Veröffentlichungen und Vorträgen sowie mehrere Ausstellungen im In- und Ausland, etwa in München und Rom. Diese Geräte bilden heute den Kern und die Glanzstücke des 2011 entstandenen Universitätsmuseums der Karl-Franzens-Universität.

Die Restauration erforderte eine exzellente feinmechanische Werkstätte, und die gab es am Institut, allerdings stark eingeschränkt durch mangelnde Räumlichkeiten. Adi Hohenester gelang es nicht nur, neue erweiterte Räume aufzutreiben, er half auch bei der Planung der Einrichtung bis ins Detail. Es folgte eine Reihe gemeinsamer Projekte und Aktivitäten, etwa die Wandlerkette Energie im Technischen Museum Wien.

Er selbst logierte zu Beginn seiner Anstellung in einem einzigen Raum – und dies mit einer expandierenden Bibliothek. Die Recherchen am Institut hatten ihn aber auch in den

Astronomischen Turm geführt, der in den Achtzigerjahren des 20. Jh. leer stand und dem Verfall preisgegeben schien. Mit diplomatischem Geschick erreichte er zuerst, dass der Turm unter Denkmalschutz gestellt wurde, und in der Folge, dass der Bereich des Erdgeschosses für die Fachdidaktik eingerichtet wurde. Die Renovierung und Einrichtung plante er akribisch. Als Möblierung für einen Rundraum ließ er etwa trapezförmige Tische anfertigen, die sich in unterschiedlicher Anordnung kombinieren ließen.

Inzwischen war Adi Hohenester zum Assistenz-Professor berufen worden mit der Berechtigung, Diplomarbeiten zu betreuen und Diplomprüfungen über Fachdidaktik abzuhalten – und dies in großer Zahl: Mehr als hundert Haus- und Diplomarbeiten entstanden unter seiner Leitung bis zu seiner Pensionierung im Jahr 2000.

Damals schon gesundheitlich beeinträchtigt, interessierte er sich nach wie vor für das Geschehen am Institut und beriet uns in vielen didaktischen Gesprächen. Sein kritischer Zugang, gepaart mit unglaublichem Fachwissen half uns nicht zuletzt beim Aufbau des ersten Regionalen Fachdidaktikzentrums in Österreich. Auch nach einem Kreislaufzusammenbruch im Jahr 2011, wonach er in seiner Beweglichkeit stark beeinträchtigt war, „spielte“ er weiter. In seinem Zimmer baute er einen meterhohen Baum aus Kabeln, Lampen und Schaltern, um von da aus die gesamte Technik des Zimmers zu steuern – etwa die Beleuchtung oder Musik. Mit der Familie und seinen beiden Enkeln durfte er noch das Weihnachtsfest feiern, bis er dann mit dem Jahreswechsel abermals ins Krankenhaus musste und am 3. Jänner 2012 verstarb.

Lieber Adi, wir gedenken Deiner und bemühen uns, die Fachdidaktik in Deinem Sinne weiter zu pflegen!

Leopold Mathelitsch, Gerhard Rath

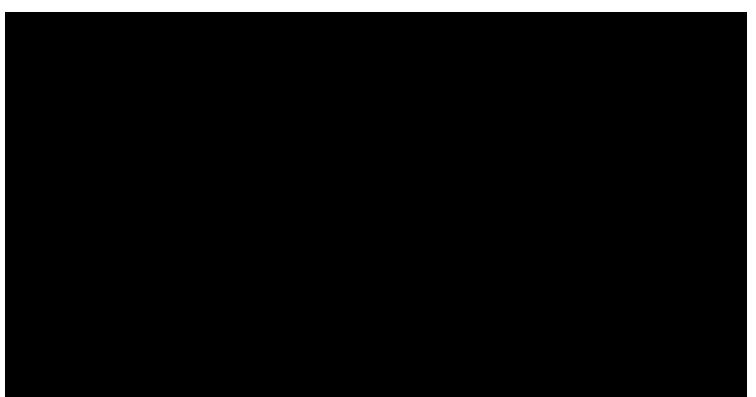
Historische physikalische Geräte

Das virtuelle Museum physikalischer Geräte der Universität Graz zeigt einige der von Adi Hohenester restaurierten Geräte (<http://physicbox.uni-graz.at/museum/museum.php>).

Die Zusammenstellung der Beschreibungen erfolgte zu einem großen Teil im Rahmen eines FWF-Forschungsprojektes „Physik an der Karl-Franzens-Universität Graz 1848 – 1938: Physikalische Instrumente und Apparate des 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts aus den ehemaligen Physik-, Physiologie- und Psychologie-Kabinettten der Grazer Universitäten und der Lehranstalt des Joanneums – eine wissenschaftliche Dokumentation“ (Projektleiter Walter Höflechner und Adolf Hohenester) im Jahr 1994 und wurde von Anton Dorfer durchgeführt.

Die Abbildung zeigt akustische Resonatoren, die im Gegensatz zu den bekannteren Helmholtzresonatoren abstimmbare sind. Hermann von Helmholtz erfand den kugelförmigen

Resonator 1859. Bis heute spielt er in der Akustik eine wichtige Rolle, z. B. in den Bassreflexboxen.



14 abstimmbare Resonatoren nach Koenig. Die Anregung erfolgt durch eine große Öffnung am Boden, mit der flaschenhalsförmigen Öffnung an der Oberseite kann der Resonanzton mit dem Ohr wahrgenommen werden. (Foto: A. Hohenester)

PLUS LUCIS – So schön ist Chemie

Werner Rentzsch

1949 – 2012

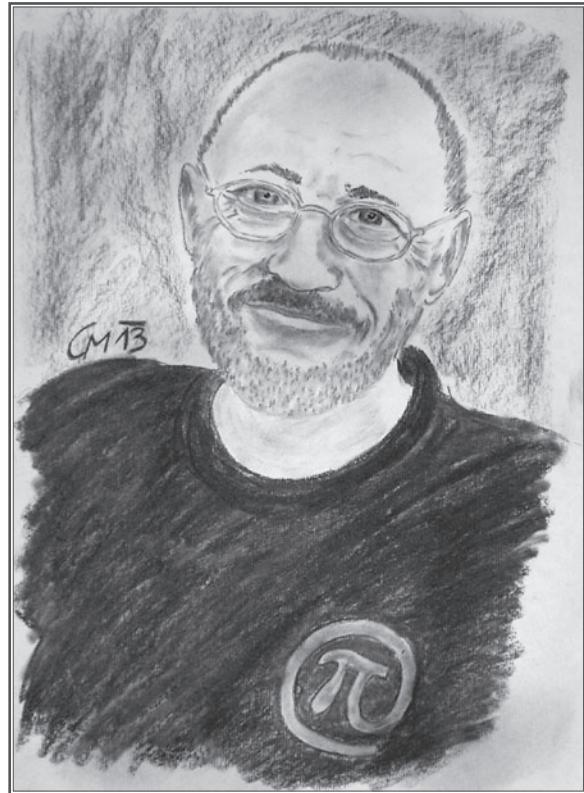
Geboren wurde Werner Rentzsch am 24.9.1949 in Wien. Er wuchs zwischen Türkenschanzpark, Währingerstraße, Peter-Jordan-Straße und dem Wienerwald auf. Sein Vater gründete ein Optiker-Geschäft in der Währingerstraße in Wien XVIII. Seine Mutter, eine künstlerisch sehr begabte und freudenkende Frau, zeichnete das dazugehörige, bis 2012 unveränderte Logo. Sie animierte ihn zum Lesen vieler Bücher und unterstützte ihn durch ihre liebevolle Zuwendung bei seinem Lausbubendasein, das er bis zu seinem Tode nie ablegen konnte. Am 22. 12. 2012 verstarb er nach kurzer Krankheit.

Als sehr junger Bub wurde Werner eines Tages von den Musen der Chemie und der Physik aufgesucht (Hermann Römpf, *Chemische Experimente, die gelingen*) und sie blieben ab nun immer bei ihm. So erfreute er seine Umgebung mit platzenden Zinkbadewannen und umfallenden Gartenzäunen. Tja – „So schön ist Chemie“. Sie half ihm oft während uninspirierender Unterrichtsstunden in vielen verschiedenen Schulen. Chemie macht Spaß.

Eine Anekdote nebenbei: Als er in den 80er-Jahren seine zweite Frau Elisabeth kennenlernte, erzählte sie ihm, da sie ebenfalls in Werners Gegend aufwuchs, dass sie sich noch an ihn erinnern konnte. Unter anderem deshalb, weil eine explodierende Rohrbombe nicht nur den Gartenzaun zerlegte, sondern auch die angrenzenden Blumenbeete – die Grundlage einer 27-jährigen Ehe.

In den mittlerweile legendären 60er-Jahren schloss Werner seine Optikerlehre ab. Die Freude am Spiel mit Licht und Farben, sowie die optische und ästhetische Gestaltung seiner Experimente wurden zu diesem Zeitpunkt in sein Herz gelegt. Ebenso resultiert aus dieser Zeit die akribische Beschäftigung mit einem Versuch, bis er endlich „perfekt“ zu sein scheint. „Man kann einen Versuch hunderte Male machen und man findet noch immer Dinge, die sich zu ändern lohnen.“

Ein wilder Werner war „on the road“ mit seinen Maschinen – mit dabei, es anders zu tun und anders sein zu wollen, weil es so viele Warums gab. Weil das Meiste anders gesagt und getan werden wollte, weil's anders nicht mehr ging. Die 68er hatten ihn bis heute beeinflusst. Diese Zeit, die durch ihre bunte Intensität eine neue Antike wurde. Vom



„How do you feel?“, „Dr. Robert“, „With a little help from my friends“, „Angie“, „Lola“ zu „Light my Fire“ und den Jeans im täglichen Leben. Das „Sentimento del Tempo“ (Gefühl der Zeit) war in ihm, trug ihn. Die damals geschlossenen Freundschaften dauer-ten bis an sein viel zu frühes Ende.

Nach der Lehramtsprüfung an der Pädagogischen Akademie Strebersdorf im Jahre 1977 übernahm er an der Hauptschule Staudingerstraße 6 im 20. Wiener Gemeindebezirk den Lehrsessel für Chemie und Physik. Die Wirkung seiner Lehrtätigkeit war nachhaltig begeisternd. Werner behandelte die ihm anvertrauten Kinder wertschätzend, freute sich über die multikulturelle Zusammensetzung seiner Schülerinnen und Schüler und unterhielt sie mit spektakulären Experimenten und spannenden Geschichten.

Man könnte jetzt einwenden, dass ein Mann mit 28 Jahren etwas alt wäre, um mit dem Lehrberuf zu beginnen. Doch weist Werners berufliche Laufbahn auch noch viele andere Tätigkeiten auf, die ihn vom Optikergesellen (1969) zum Lehrberuf führten: Büro- und Laborantentätigkeit am chemisch-physikalischen Institut (Prof. Breitenbach, Prof. Broda), Mikroanalyse und Bibliothekar am chemischen Institut (Prof. Zak), daneben Maturaschule mit Abschluss im Jahr 1971. Neben dem Chemiestudium (1. Studienabschnitt) arbeitete er als Buchhalter, im Jahre 1974 als Auslagen-dekorateur für Optikergeschäfte. Unnötig zu erwähnen, dass er bereits als Kind Gelegenheitsarbeiten annahm, z.B. als Ballschani auf einem Tennisplatz in Döbling.



Lustbetonte Neuinterpretationen der Chemie und Physik während zahlloser Vorträge an Unis und in Schulen waren und sind einzigartig. Versuche wie „die Brünzelpuppe“ (über eine Puppe wird „lulugell“ gefärbtes Wasser auf eine Windel mit Superabsorber geleitet) machten ihn berühmt und legendär. Die rastlosen Seminartourneen führten durch Österreich und sogar bis nach München. Seine Versuche begeisterten die Besucher der Science Days in Rust (D) von 2006 bis 2012 und des Science Festivals in Daejon (Südkorea) in den Jahren 2005 und 2006.

Terminlich waren diese Tourneeejahre ähnlich dicht wie die Tourneedaten der von ihm geliebten Beatles oder Rolling Stones. Viele Titel der Seminare klingen ja ähnlich einprägsam wie Rocksongs (z.B.: „Die Harten und die Weichen“, „Einen Porsche ins Klo gekotzt“ oder „Ohne Berührung“).

Seit 1987 hielt Werner im Rahmen der Fortbildungswöche des VFPC dreistündige Experimentalvorträge zu immer unterschiedlichen Themen, die eines gemeinsam hatten – sie waren immer überbucht! Es war immer ein Vergnügen, mit ihm in Kooperation bei diesen Veranstaltungen mitzuwirken. Chemie – von allen für alle – dieser ganz bekannte Seminartitel ist so „Dario Fo“, wie sich's der Literaturnobelpreisträger nur wünschen kann. Unter diesem Motto fand (und findet auch weiterhin) ein Fortbildungsseminar für ChemielehrerInnen in Wien seit 1994 statt.

Seine Arbeit als Autor (z.B.: *Experimente mit Spaß, Abenteuer Physik, So schön ist Chemie, Chemische Freihandversuche*) zeigte, dass seine formalen Bemühungen, seine Erneuerungen als Beschreiber und Änderer von Versuchsabläufen stets in eine Richtung zeigten – die des vollkommenen klaren Verstehens und der damit verbundenen Freude daran. Er war Mitinitiator der Zeitschrift des VFPC und gab ihr auch den Namen, der häufig zum Synonym des Vereins wurde – „Plus Lucis“.

Er reifte inmitten von außerordentlichen Ereignissen des Lebens, denen er nie fernstand. Er war einer der ersten Lehrer in der Väterkarenz, um seiner Tochter die Welt im wahrsten Sinn des Wortes begreiflich zu machen. Und so kommen wir zu seiner Stimme und Gesten, seiner Sprache.

Giornalmente con allegria! Echt – fast wirklich alle Tage.

„Allegria“ ist ein Wort im Italienischen. Hätten wir nur in der deutschen Sprache auch ein entsprechendes Wort, das ist: Heiterkeit, Munterkeit, Freude... eine Tempobezeichnung steckt auch darin; an das „Allegro“ in der Musik können wir denken. Aber allegro ist so selten in den Menschen, noch unter Menschen. Es ist vielen ein Fremdwort, doch bei Werner war das Wort in seiner ganzen lichten Bedeutungsfülle in seinem Sein. Freude mit einem hellen Ton gedacht, Freude, die einen gehend macht, lebendig macht – ein Geschenk an uns – ein Begeisterter und ein Begeisternder zugleich!

Uns gilt Werner weiter als der Chemie- und Physik-Pädagoge, der unermüdlich am Erforschen und Neugestalten war, um zu einer heiteren Frische, zu einer kindlichen Unmittelbarkeit und zu einem erstaunenden Gelingen zu kommen.

Er war und bleibt für uns eine „Voce vivente“ (lebendige Stimme). Mit dieser ihm eigenen Stimme begann er so oft mit leuchtend strahlenden Augen zu sprechen: „Also da...Gestern ist mir...du, ich muss dir da...“ Und bald fanden wir uns unstörrbar interessiert zuhörend und staunend mit dabei.

Bei ihm hing immer alles mit allem zusammen – natürlich oft mit naturwissenschaftlichem Kern oder ebensolcher Hülle.

Ist es schön, dann bleibt es.

So werden Werners schöne Experimente uns immer bleiben und die gemeinsam erlebte Zeit mit ihm wird uns allen stets ein freudiges Erinnern bringen.

Christian Mašin und Gerald Grois



Magnetisches Wasser und die Geburt von Sternen

Ein Bericht über die 43. Internationale Physik-Olympiade 2012 in Estland

Helmuth Mayr

In Linz beginnt's

Am Montag, dem 9. Juli 2012, trafen Oliver Edtmair und Tobias Karg aus Villach, Christoph Weis und Martin Stadler aus Graz und Maximilian Ruep aus Wels im Sommerhotel in Linz ein, um mit Prof. Stütz und dem Autor dieser Zeilen das Spezialtraining für die 43. Internationale Physik-Olympiade-2012 zu beginnen.

Im Laufe der nächsten Tage knackten die Kandidaten diverse experimentelle und theoretische physikalische Nüsse, die zum Großteil aus den IPHOs der vergangenen Jahre stammten. Dabei lernten sie nicht nur mit Physik umzugehen, sondern loteten auch ihre eigenen Grenzen aus, versuchten persönliche Strategien, wie sie am besten mit Stress umgehen sollten, welche „Punkte-Fallen“ beim Verfassen von Protokollen vermeidbar sind und vor allem, wie man aus gegebenen längeren Texten ein physikalisches System und dessen Eigenschaften erkennen und diese physikalisch-mathematisch korrekt beschreiben kann. Zum Abschluss beschäftigten sich die Schüler mit diversen Eigenschaften optischer Systeme und fertigten jeweils ein Hologramm an. So gerüstet flogen sie am 15. Juli 2012, gemeinsam mit ihren Betreuern Engelbert Stütz und Helmuth Mayr, nach Tallinn zur 43. Internationalen Physik-Olympiade 2012.



Tallinn und Tartu

In Tallin regnete es an diesem und dem nächsten Tag in Strömen, was der guten Stimmung aber keinen Abbruch tat. Die beiden Begleitlehrer wurden in einem anderen Hotel

OStR Mag. Ing. Helmuth Mayr hat am BRG Schmelz Wien Physik unterrichtet. Er betreut die Physikolympiade seit drei Jahrzehnten, wofür er 1994 zusammen mit Mag. Günther Lechner den Sexlpreis erhalten hat. Er ist derzeitiger Präsident der Federation of Physics Competitions.
E-Mail: helmuth.mayr@chello.at

untergebracht als die Schüler, und am nächsten Tag gab es zunächst die Eröffnungsfeier. Im „Nokia-Haus“ in Tallinn versammelten sich knapp 371 Schüler und Schülerinnen aus 86 Nationen und deren Betreuungslehrer und „guides“ sowie die wissenschaftliche und politische Spitze von Estland. Ein bemerkenswertes Rahmenprogramm estnischer Künstler sowie beachtenswerte Reden der anwesenden Honoratioren umrahmten die Begrüßung aller Delegationen. Die gesamte Eröffnungsfeier kann auf der Homepage der IPHO-2012 [<http://www.ipho2012.ee>] angesehen werden. Anschließend reisten die „contestants“ in die im Süden von Estland gelegene Universitätsstadt Tartu, wo sie die kommenden Tage verbrachten.

Bewegungen, Kelvin-Wassertropfer und Sternentstehung

Die Leader hingegen trafen sich zur Besprechung und Übersetzung der theoretischen Aufgaben dieser Olympiade. Die englischsprachige Original-Version dieser Aufgaben und deren Lösungen können auch auf obiger Homepage nachgelesen werden.



Die erste Aufgabe bestand aus mehreren, teilweise voneinander unabhängigen „kleineren“ Aufgaben – in Summe aus drei Teilen bestehend – und war insgesamt maximal 13 Punkte wert. Es waren elementare Bewegungen diverser Körper zu analysieren, das Strömungsverhalten von Luft zu verstehen und sowohl graphisch als auch mathematisch zu beschreiben und das magnetische Verhalten eines supraleitenden Rohres zu interpretieren und auch mathematisch zu erfassen.

In der zweiten Aufgabe wurde der so genannte Kelvinsche Wassertropf-Apparat thematisiert, bei dem tropfendes Wasser zur elektrischen Aufladung eines Systems führt. In einer Fülle von Detail-Aufgaben war das Systemverhalten zu analysieren und nachzurechnen. Diese Aufgabe war insgesamt maximal 8 Punkte wert.

In der dritten Aufgabe, die insgesamt maximal 9 Punkte wert war, musste die phasenweise Entstehung eines Sternes aus einer Gaswolke mit mehreren vorgegebenen Modellen schrittweise analysiert und modellmäßig berechnet werden.

Wie immer gab es lebhafte Diskussionen zu den einzelnen Aufgaben und deren Beurteilungsschemata, die bis Mitternacht dauerten. Dann übersetzten die Leader diese Aufgaben in die entsprechenden Landessprachen und schickten sie noch in der Nacht per Computer nach Tartu, wo die Texte ausgedruckt und kuvertiert wurden, so dass am Morgen für alle die richtige Version in dem wahrhaft babylonischen Sprachgewirr vorhanden war. Pünktlich um 9 Uhr begann dann der fünfständige Theoriewettbewerb.

Nach einem erquickenden Mittagessen konnten sich die Teilnehmer/innen aus aller Welt in einem Adventure Park von den Strapazen erholen.

Magnetisches Wasser und eine Black Box

Der nächste Tag, der 18. Juli, war für die Kandidaten/innen ein Erholungstag im Raum von Tartu, während sich die Leader zur Besprechung der experimentellen Wettbewerb-Aufgaben trafen. Statutengemäß gab es zwei unterschiedliche Experimente, die jeweils 10 Punkte wert waren.

Im ersten wurde das magnetische Verhalten von Wasser, das sich im Feld eines sehr starken Permanentmagneten befindet, untersucht und vermessen. Die durch das diamagnetische Verhalten von Wasser verformte Oberfläche musste mit einem schrägen Laserstrahl abgetastet und damit nicht nur die Verformung der Wasseroberfläche vermessen und berechnet werden, sondern auch die magnetische Suszeptibilität von Wasser (siehe Plus Lucis online).

Das zweite Experiment umfasste eine Black Box und ein zugehöriges, elektronisch gesteuertes Mess-System. In der Black Box befand sich u.a. ein nicht-linearer Baustein mit teilweise fallender Charakteristik. Durch entsprechende Messreihen waren diverse elektrische Größen bis hin zu Schwingungseigenschaften dieser Anordnung zu bestimmen (siehe obige Homepage). Natürlich gab es auch in diesem Fall – nach eingehendem Studium der zur Verfügung stehenden Anordnungen – stundenlange lebhafte Diskussionen. Die anschließende Übersetzung und deren Versendung per Computer dauerte bis zum Morgengrauen.

Für die Durchführung des experimentellen Wettbewerbes wurden die Schüler/innen in zwei Gruppen geteilt, von denen eine am Vormittag und eine am Nachmittag mit diesen Aufgaben konfrontiert wurde. Unsere Schüler empfanden es als angenehm, in die Vormittagsgruppe eingeordnet worden zu

sein, und so begannen sie am 19. Juli 2012 um 8 Uhr mit der Bearbeitung dieser beiden Aufgaben, die bis spätestens 13 Uhr fertig gestellt sein sollte. Es war ein schwüttreibendes Unterfangen, da wegen der vielen Messungen und deren Interpretationen die Arbeitszeit sehr knapp bemessen war.

Als dann um 20 Uhr auch die zweite Gruppe den Experimentalteil des Wettbewerbes abschließen konnte, hatten die Schüler/innen ihre Pflicht getan und konnten während der weiteren Zeit Exkursionen und Unterhaltungsprogramme genießen.

Tartu als Capital of Physics – „Thinking is dangerous“

Am 20. Juli fanden sich alle Teilnehmer/innen und Leader und viele weitere Personen am Hauptplatz von Tartu ein, wo mit einer feierlichen Zeremonie diese altehrwürdige Universitätsstadt für diesen Tag zum „Capital of Physics“ erklärt wurde. Es wurde gesagt, dass die Universität von Tartu die erste Universität Europas gewesen sei, in der die Newtonsche Physik bereits zu einer Zeit gelehrt wurde, in der im sonstigen Europa noch die Aristotelische Naturphilosophie das akademische Denken beherrschte.

Nach diesem Festakt, an dem auch eine große Anzahl Schaulustiger – Einheimische und Touristen – teilgenommen hatte, wurden für die Allgemeinheit allerlei Workshops und Informationsveranstaltungen abgehalten, die eine große Zahl an Interessierten anzog.



Zum krönenden Abschluss hielt der Nobelpreisträger und Entdecker der Fullerene – Sir Harold Kroto – einen fulminanten, mit humorigen Einlagen gespickten Vortrag über die Rolle von naturwissenschaftlichem Denken in unserer Gesellschaft, der durch den im Titel zitierten Satz charakterisiert werden kann. Dieser Vortrag ist auf der IPHO-home page als Video abrufbar.

Korrekturen und „moderations“

Wir Leader bekamen die Kopien der Arbeiten unserer Schüler und hatten diese dem vereinbarten Punkteschlüssel entsprechend zu korrigieren. Gleichzeitig machte sich ein Team von Korrektoren daran, alle Arbeiten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer unabhängig von uns zu korrigieren. Dann fanden die so genannten „moderations“ statt. Die Leader trafen sich mit jenen Korrektor-Teams, die die Arbeiten ihrer Schüler korrigiert hatten, um sich auf eine für alle faire Punkteanzahl zu einigen. Da im Vorfeld die gegenseitigen Punkteeinschätzungen per Computer übermittelt wurden, waren diese Punkteverhandlungen im Allgemeinen in geraffter Zeit möglich.



43. Internationale Physik-Olympiade 2012

Preisverleihung

Die feierliche Preisverleihung fand im „Nokia Haus“ in Tallinn (Estland) statt. Der riesige Festsaal quoll über von Teilnehmerinnen und Teilnehmern, Leadern, Staff und der wissenschaftlichen und politischen Spitze von Estland sowie dem Nobelpreisträger Sir Harold Kroto.

Zu Beginn überreichte der Verfasser dieses Berichts (Helmut Mayr) in seiner Eigenschaft als Präsident der World Federation of Physics Competitions den „Federation-Award-2012“ an die langjährige „IPHO-secretary“ Dr. Maija Ahtee aus Finnland für deren Verdienste im Bereich der „physics education“ im Allgemeinen und ihr Engagement für die Internationale Physik-Olympiade im Besonderen.



Anschließend wurden die Honourable Mentions sowie die Bronze-, Silber- und Gold-Medaillen von Honoriatoren der wissenschaftlichen Spitze überreicht, wobei die Übergabe der Goldmedaillen durch Sir Harold Kroto erfolgte.

Wir österreichische Teamleader waren sehr stolz und zufrieden ansehen zu können, wie alle unsere Schüler – mit kräftigem Applaus bedacht - ihre Medaillen in Empfang nahmen !

Ich bin sicher, dass diese IPHO allen Beteiligten nicht nur in lebhafter Erinnerung bleiben wird, sondern dass u.a. auch unsere Schüler einen wichtigen Schritt zur Gestaltung ihres weiteren Lebens gemacht haben.



Oliver Edtmair, 15 Jahre, Silber
BRG Villach St. Martin



Martin Stadler, 18 Jahre, Bronze
BRG Graz Keplerstraße



Maximilian Ruep, 17 Jahre, Bronze
BRG Wels Wallererstraße

Triumpf

Das österreichische Team 2012 war so erfolgreich wie noch kein anderes vor ihm:

Alle fünf Schüler errangen eine Medaille !

Herzliche Gratulation !



Christoph Weis, 18 Jahre, Bronze
BRG Graz Carneristraße



Tobias Karg, 19 Jahre, Bronze
BRG Villach Perau

Austria beim IYPT-Bewerb – 2011 & 2012

Hervorragender 2. Platz für das österreichische Team

beim 24. Internationalen Turnier 2011 in Teheran – unter 21 Konkurrenten hinter Korea.



Die erfolgreichen Turnier-Teilnehmer 2011 mit ihren BetreuerInnen.

(1. Reihe von links:) Christa Deinlein, Elahe Foomezhi (Guide), Maximilian Lasserus, Katharina Ehrmann, Martin Schnedlitz, Daniel Freidorfer, Thomas Kamencek, Georg Hofferek. (2. Reihe von links:) Timotheus Hell, Thomas Lindner, Dieter Winkler

Beim IYPT 2012 in Bad Saulgau (BRD) errang das österreichische Team den achten Rang unter 28 teilnehmenden Teams. Vielfältige gut entwickelte Kompetenzen – wie sie in den naturwissenschaftlichen Bildungsstandards dargestellt sind – müssen zusammentreffen, um in dem Wettbewerb

Erfolg zu bringen. In PLUS LUCIS 2011 bzw. 2008 wurde der Wettbewerb ausführlich beschrieben.

Aufgaben und dazugehörigem Unterstützungsmaterial findet man auf der IYPT-Website (<http://www.iypt.org>) und zum österreichischen Bewerb unter <http://www.aypt.at>.

Fachbereichsarbeiten Physik – 2012

Preisträgerin und Preisträger



v.l.n.r.: Stefan Mazuheli, Mag. R. Koch, Nadine Schmalzer, Mag. M. Hörmann, DI Dr. G. Haas, Thomas Kamencek, Thomas Mülleider, Dr. G. Rath

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft zeichnet alljährlich hervorragende Fachbereichsarbeiten aus, die von den betreuenden Lehrkräften als auszeichnungswürdig angesehen werden.

19 Arbeiten von durchgehend hohem Niveau wurden eingereicht. Nach Entscheid einer Jury wurden vier Arbeiten prämiert, eine davon wurde mit dem Industriepreis ausgezeichnet.

Prämierte Einreichungen

Die Teslaspule in Theorie und Experimenten
Stefan Mazuheli **BG/BRG Knittelfeld**
Betreuung: Mag. R. Koch

Halbleiter und Charakterisierung von Halbleiternanostrukturen
Thomas Kamencek **BG/BRG Leoben Neu**
Betreuung: DI Dr. G. Haas

Materiewelleninterferometrie
Nadine Schmalzer **BG/BRG Enns**
Betreuung: Mag. M. Hörmann

Industriepreis
des „Hans-Höllwart Forschungszentrum für Integrales Bauwesen“*) (verbunden mit einem einmonatigem bezahlten Praktikum):

Nanobeschichtungen. Nanotechnologie in Theorie und Praxis
Thomas Mülleder **BRG Kepler Graz**
Betreuung: Dr. G. Rath

*) DI Dr. Mario Müller leitet das Hans-Höllwart-Zentrum (<http://www.fibag.at>)

Weitere Einreichungen

Klassifikation von Sternen nach Spektral- und Leuchtkraftklassen
Baronyai Lukas **BG/BRG Wien 12 Rosasgasse**
Betreuung: Mag. H. Wittmann

Sternentstehung
Bauernfeind Tobias **BG/BRG Wien 23**
Betreuung: Mag. R. Pitzl-Reinbacher

Hochgeschwindigkeitssterne
Bußjäger Marc **BG Bludenz**
Betreuung: Mag. M. Salzgeber

Die Bedeutung der Zukunftsthematik „erneuerbare Energien“ mit physikalischen Hintergründen bezogen auf den Bezirk Murtal
Ehgartner Gernot **BG/BRG Judenburg**
Betreuung: MMag. T. Gach

Ausgewählte Grundlagenexperimente der Quantentheorie
Joos Wilhelm M. **Schottengymnasium Wien**
Betreuung: Mag. H. Linhart

CO₂ als Kältemittel. Zukunftstechnologie für effiziente und umweltfreundliche Kühlung
Hackstock Philip **BG/BRG Mödling**
Betreuung: Mag. L. Mastny

Neutronensterne
Leitgeb Clara **G/ORG St. Ursula-Salzburg**
Betreuung: Mag. Dr. G. Huf

Die kosmische Hintergrundstrahlung
Scherl Sigrid **BG/BRG 17 Parhamerplatz Wien**
Betreuung: DDr. M. Apolin

Fliegen wie die Vögel
Sperrer Peter **GWIKU 18 Haizingergasse Wien**
Betreuung: I. Topic

Der Transistor und seine Anwendungen in der Digitaltechnik
Toifl Alexander **BRG Krems Ringstraße**
Betreuung: Mag. A. Zeller

Photovoltaik. Besser in die Zukunft
Triebel Florentin **BRG Kepler Graz**
Betreuung: Mag. T. Bintritsch

Die Expansion des Universums – Experimentelle Befunde, aktuelle Hypothesen
Wagner Sebastian **BG Amstetten**
Betreuung: Mag. H. Achleitner

Protonentherapie
Wokauna Magdalena **G/ORG St.Ursula-Salzburg**
Betreuung: Mag. Dr. G. Huf

Konkrete Anwendungen der Quantenverschränkung
Wukovník Martin **BG Babenbergerring Wr. Neustadt**
Betreuung: Mag. M. Platzer

Beam the Quantum up! – Quantenteleportation
Zoufal Christa **Goethegymnasium 1140 Wien**
Betreuung: Mag. S. Zhuber

Die prämierten Fachbereichsarbeiten 2012 (und ältere) finden Sie auf der VFPC-Homepage, weitere hervorragende Arbeiten befinden sich im Download-Bereich der Physik-Didaktik Graz unter <http://physik.didaktik-graz.at>.

Roman Ulrich Sexl-Preis 2011

Für seine Verdienste um einen nachhaltigen, lebensnahen Physikunterricht und seine unermüdliche Öffentlichkeitsarbeit hat die Österreichische Physikalische Gesellschaft den Sexl-Preis 2011

Mag. Leo Ludick

zuerkannt. Der Preis wird für die Förderung einer motivierenden und effizienten physikalischen Lehre auf jedem Wissensniveau, im Rahmen der Lehrerfortbildung, der Erwachsenenbildung oder bei der Erstellung von Lehrbeleihften jeder Art vergeben.

Herzliche Gratulation!



In praktisch allen angeführten Bereichen hat Leo Ludick mit großer Energie gewirkt. Als sein letzter „Streich“ gelang ihm, dass Oberösterreich – nach seiner mühevollen vieljährigen Vorarbeit – in Wels ein „Science Center“, das WELIOS, erhielt. Er ist einer der geistigen Väter des Welios und ist nach wie vor unermüdlich im Einsatz. Er organisiert Vortragsreihen „Winterwissen“ (nun auch für Kinder), er findet Aussteller für beeindruckende Sonderausstellungen, er begeistert junges Publikum mit Experimental-Shows, er bewirbt aktiv das Welios besonders in den Schulen...

Physik des Alltags zu erhellen ist seit 2008 Ziel einer regelmäßigen Spalte in einer Linzer Tageszeitung.

An der von ihm 1992 bis 2000 geleiteten Schule BRG Wels Wallererstraße, die als Sport-RG gegründet worden war, etablierte er einen soliden naturwissenschaftlichen Zweig. Und sozusagen im Nebel der Vergangenheit erinnern sich Teilnehmer an die begeisternden Sommerseminare am Attersee.

Darüber hinaus war Leo Ludick als Fachdidaktiker für das Lehramt Physik an der Uni Linz tätig. Als Ko-Vorsitzender des Fachausschusses Lehrkräfte an Höheren Schulen vertrat er die Lehrerschaft im ÖPG-Vorstand und wies immer wieder auf Notwendigkeit einer verstärkten Kooperation zwischen Forschung und Schule hin.

Schließlich sollte noch erwähnt werden, dass auf seine Initiative die ÖPG beschlossen hat, neben den Preisen für wissenschaftliche Leistungen auch den Sexl-Preis für

Leistungen in der Lehre zu stiften, der 1990 erstmalig vergeben wurde. Und 2011 lautet die Begründung der Jury: „*Mit seinem Wirken hat Mag. Leo Ludick einen wesentlichen Beitrag zur Weckung des Interesses für physikalische Themen in der Öffentlichkeit geleistet und förderte so ungemein die Akzeptanz für den Physikunterricht bei Eltern, Schülern und Kollegen.*“



Der Niedrigenergiebau Welios wurde von den Architekten archinauten / dworschak + mühlbachler architekten, Linz, gebaut. (Foto: Welios)

Roman Ulrich Sexl-Preis 2012



Prof. Dr. Leopold Mathelitsch, Dr. Lore Sexl und ÖPG-Präsident Prof. Dr. Erich Gornik gratulieren der Preisträgerin DI Mag. Nicolette Doblhoff-Dier (3. v.l.)

Für besonders erfolgreiche und motivierende Lehre wurde vom Vorstand der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft (ÖPG) der Roman-Ulrich Sexl-Preis 2012 an

Dipl. Ing. Mag. Nicolette Doblhoff-Dier

für ihre Leistungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Schule vergeben.

Wie aus den Titeln der Preisträgerin bereits hervorgeht, hat Frau Doblhoff-Dier zuerst eine Technische Hochschule besucht und an der TU Wien mit einer Arbeit über Computertomografie bei Festkörpern abgeschlossen. Danach wurde in Mindeststudiendauer das Studium Physik/Mathematik Lehramt absolviert. Als Zusatzqualifikationen wurde das Lehramtsstudium Informatik und die internationale ECHA-Ausbildung für Begabungsförderung erworben.

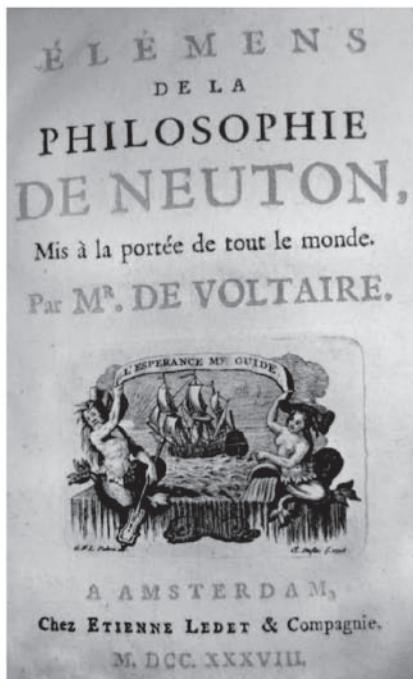
Seit 1988 unterrichtet Frau Doblhoff-Dier am Gymnasium Maria-Regina in Wien. Neben der vorrangigen Aufgabe eines sehr guten Unterrichts ist Frau Doblhoff-Dier auch Kustos, verantwortlich für den Stundenplan und Mitglied des Schulgemeinschaftsausschusses. Was Frau Doblhoff-Dier aber besonders kennzeichnet und auch Grund für die Zuerkennung des Sexl-Preises war, ist ihre Erweiterung und Bereicherung des Unterrichts durch Projekte. In den letzten zehn Jahren hat Frau Doblhoff-Dier mit ihren Schülern und Schülerinnen 14 Projekte durchgeführt, mit unterschiedlichsten Themen von „Mathematik-Physik-Musik“ bis „Sir Isaac Newton“. Inhaltlich könnte man drei Gruppen von Projekten finden: Historisch verankerte (Lise Meitner,

Galileo Galilei), anwendungsorientierte (Luft und Raumfahrt, Robocup) und Themen zur modernen Physik (Hochenergiephysik, Zusammenarbeit mit CERN). Mit allen diesen Themen wird der physikalische Horizont der Schüler und Schülerinnen auf anregende Weise erweitert, wobei noch ein zusätzlicher positiver Aspekt unbedingt zu erwähnen ist: Das Gymnasium Maria-Regina war traditionell ein reines Mädchengymnasium und obwohl es jetzt auch für Burschen geöffnet wurde, überwiegen in den Klassen die Schülerinnen. In dem Sinne wird durch diese Projekte ein wichtiger Beitrag zur Gendergerechtigkeit geliefert.

Der externe Antragsteller für die Verleihung des Sexl-Preises hat formuliert: „Die Fähigkeit von Frau Doblhoff-Dier, Wissenschaft im Unterricht umzusetzen, Schülerinnen zum Mitdenken, zur Kreativität und Begeisterung für die Naturwissenschaften anzuregen, rechtfertigt eine Verleihung des Sexl-Preises.“

Herzliche Gratulation!

Für den Schulunterricht bearbeitet von N. Doblhoff

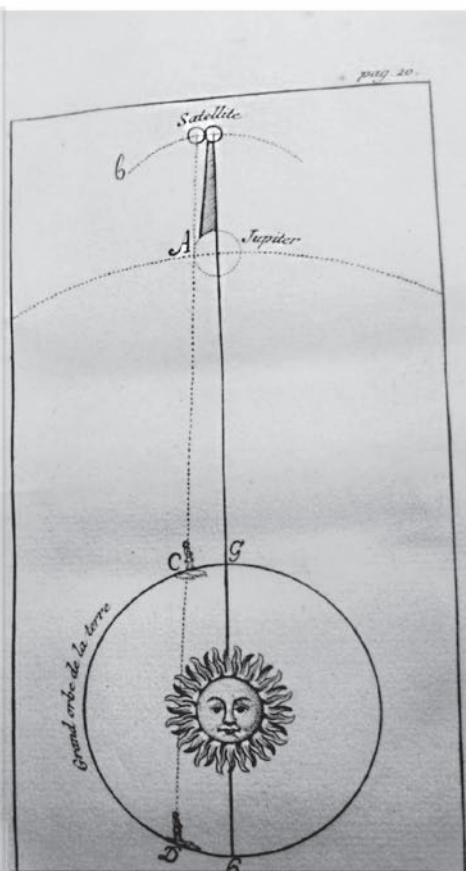


Das Bild am Beginn des Buches:
Der „göttliche“ Newton sitzt im Himmel. Daneben Mme. de Chatelet, eine hervorragende Wissenschaftlerin und Freundin von Voltaire. Und unten auf dem Schreibtisch sitzt Voltaire. Ein wenig vom Licht des „göttlichen“ Newton landet mit Hilfe des Spiegels auf dem Tisch von Voltaire.

20 DE LA PHILOSOPHIE
erreurs, que l'on répète tous les jours dans beaucoup de Livres qui sont l'écho les uns des autres.

Voici en peu de mots la substance de la Démonstration sensible de Römer, que la lumière employe sept à huit minutes dans son chemin du Soleil à la Terre.

On observe de la Terre en C ce Satellite de Jupiter, qui s'éclipse régulièrement une fois en quarante-deux heures & demie. Si la Terre étoit immobile, l'Observateur en C verroit en trente fois quarante-deux heures & demie, trente émerssions de ce Satellite, mais au bout de ce tems, la Terre se trouve en D, alors l'Observateur ne voit plus cette émission précisément au bout de trente fois quarante-deux heures & demie, mais il faut ajouter le tems que la lumière met à se mouvoir de C en D. & ce tems est sensiblement considérable. Mais cet espace C. D. est encore moins grand que l'espace G. H. car C. D. est corde du Cercle, & G. H. est le Diamètre du Cercle. Ce Cercle est le grand Orbe que décrit la Terre, le Soleil est au milieu ; la lumière en venant du Satellite de Jupiter, traverse C. D. en dix minutes, & G. H. en 15. ou 16. minutes. Le Soleil est entre G. & H. donc la lumière vient du Soleil en 7 ou 8 minutes.

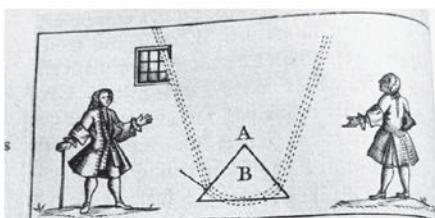


Minuten. Da die Sonne genau dazwischen liegt, braucht das Licht von der Sonne bis zur Erde 7 oder 8 Minuten

Die Begründung, woher man weiß, dass das Licht von der Sonne bis zur Erde ungefähr 7-8 Minuten braucht.

Auf der linken Seite wird die Beobachtung von Römer geschildert, der erkannte, dass das Licht der Jupitermonde länger bis zur Erde braucht, wenn die Erde gerade weiter weg vom Jupiter ist.

Wenn die Erde unbewegt bliebe, würde der Beobachter in C während der Dauer von 30 mal 42 ½ Stunden genau 30 Erscheinungen des Satelliten (= des Jupitermondes) beobachten. Aber nach dieser Zeit befindet sich die Erde im Punkt D, also beobachtet der Beobachter die Erscheinung des Satelliten um so viel Zeit später, als das Licht braucht um sich von C nach D zu bewegen.....Das Licht braucht für die Entfernung von C nach D 10 Minuten, bzw. für die Entfernung von G bis nach H ungefähr 15 oder 16



La plupart de ces rayons alors ne pénètrent plus dans l'air, ils rentrent tous dans le cristal à l'instant même qu'ils en sortent, ils reviennent, comme vous voyez, mais cette courbure est insensible.

Certainement ce n'est pas la surface solide de l'air qui les a repoussés dans ce verre, plusieurs de ces rayons entrent dans l'air auparavant, quand ils tombaient moins obliquement; pourquoi donc à une oblique de 40 degrés dix-neuf minutes, la plupart de ces rayons n'y passent-elle plus? trouvent-ils à ce degré plus de résistance, plus de matière dans cet air, qu'ils n'en trouvent dans ce cristal qu'ils avoient pénétré? trouvent-ils plus de parties solides,

dans l'air à quarante degrés & un tiers qu'à 40? l'air est à peu près deux mille quatre cents fois plus rare, moins pesant, moins solide, que le cristal, donc ces rayons devaient passer dans l'air avec deux mille quatre cents fois plus de facilité, qu'ils n'ont pénétré l'épaisseur du cristal. Cependant, malgré cette prodigieuse apparence de facilité, ils sont repoussés; ils le sont donc par une force qui est ici deux mille quatre cents fois plus puissante que l'air, ils ne sont donc point repoussés par l'air; les rayons encore une fois ne sont donc point réfléchis à nos yeux par les parties solides de la matière. La lumière rejaillit si peu dessus les parties solides des corps, que c'est en effet du vuide qu'elle rejaillit.

Vous venez de voir que la lumière tombant à un angle de 40. degrés 19. minutes sur du cristal, rejaillit presque toute entière de dessus l'air quelle rencontre à la surface ultérieure de ce cristal. Que la lumière y tombe à un angle moindre d'une seule minute, il en passe encore moins hors de cette surface dans l'air. Qu'on ôte l'air, il ne passera plus de rayons du tout. C'est une chose démontrée.

.....l'air, rejaillit sur nous en rentrant à travers le cristal. Certainement ils n'ont pas rencontré dans cet air des parties solides sur lesquelles ils ayent rebondi, car si au lieu d'air ils rencontrent de l'eau à cette surface B, peu reviennent alors, ils entrent dans cette eau, ils la pénètrent en grand nombre. Or l'eau est environ huit cents fois plus pesante, plus solide, moins rare que l'air. Cependant ces rayons ne rejaillissent point de dessus cette eau, & rejaillissent de dessus cet air dans ce verre, donc ce n'est point des parties solides des corps que la lumière est réfléchie.

Or quand il y a de l'eau à cette surface, beaucoup de rayons entrent dans cette eau au lieu de rejaillir. Quand il n'y a que de l'air, bien moins de rayons entrent dans cet air. Quand il n'y a plus d'air, aucun rayon ne passe; donc c'est du vuide en effet que la lumière rejaillit.

BILDDARSTELLUNG IM AUGE

Le rayon qui part de la tête de cet homme A., vient au point inférieur de votre rétine A. ses pieds B. sont vus par les rayons B. B. au point supérieur de votre rétine B. Ainsi cet homme est peint réellement la tête en bas & les pieds en haut au fond de vos yeux. Pourquoi donc ne voyez-vous

Der Lichtstrahl der vom Kopf dieses Mannes (A) kommt, erscheint auf der Retina ganz unten. Seine Füße (B) erscheinen auf der Retina oben. Also wird dieser Mann wirklich und wahrhaftig kopfüber gezeichnet, die Füße ganz oben in den Augen.

TOTALREFLEXION - PRISMA

(Frei übersetzt)

Die Mehrheit der Strahlen also geht nicht wieder in die Luft zurück, sondern sie kehren in den Kristall zurück,wie Sie hier sehen.

Sicherlich ist es nicht die solide (feste) Oberfläche der Luft, die sie ins Glas zurück treibt.....Warum also können die Strahlen wenn sie unter einem Winkel von 40°19' eindringen nicht durch das Glas durchdringen? Finden sie unter diesem Winkel mehr Widerstand, mehr Materie in der Luft als im Kristall in den sie eingedrungen sind? Finden sie mehr feste Teile in der Luft unter einem Winkel von 40° und einem Drittel, als unter 40°? Luft ist ungefähr 2 Millionen Vierhundert Mal so selten, weniger schwer, weniger fest als der Kristall, also müssten die Strahlen in die Luft 2 Millionen Vierhundert mal so leicht in die Luft überreten, als sie in den Kristall eingedrungen sind.....

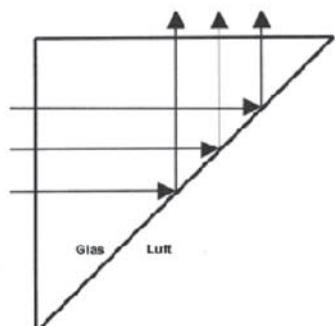
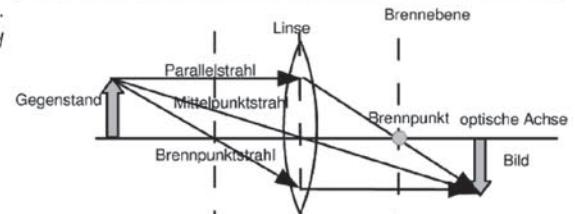
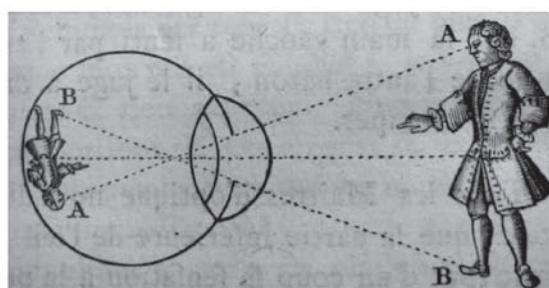


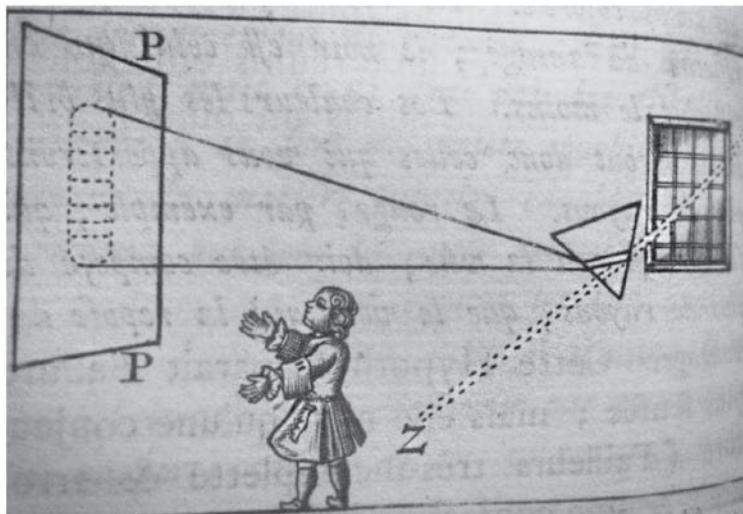
Bild rechts: →
So stellen wir Totalreflexion im Glasprisma heute dar.

←Sicherlich haben die Lichtstrahlen in dieser Luft nicht irgendwelche feste Teile vorgefunden, die sie zurück geworfen haben, weil wenn die Lichtstrahlen statt in Luft in Wasser eindringen, werden nur wenige zurück geworfen. In dieses Wasser dringen sie in großer Zahl ein. Wasser aber ist ungefähr 800 Mal so schwer, so fest, weniger selten als die Luft.Demnach sind es nicht die festen Teile eines Körpers die die Lichtstrahlen beeinflussen.

.....Wenn es also Wasser ist, in das die Lichtstrahlen (vom Kristall aus) eindringen sollen, dann dringen viele Strahlen in dieses Wasser ein. Wenn es aber nur Luft ist, dann dringen nur ganz wenige Strahlen in die Luft ein. Wenn es gar keine Luft gibt, dringt gar kein Lichtstrahl ein. Es ist also die Leere (das Vakuum), das das Licht zurück treibt.



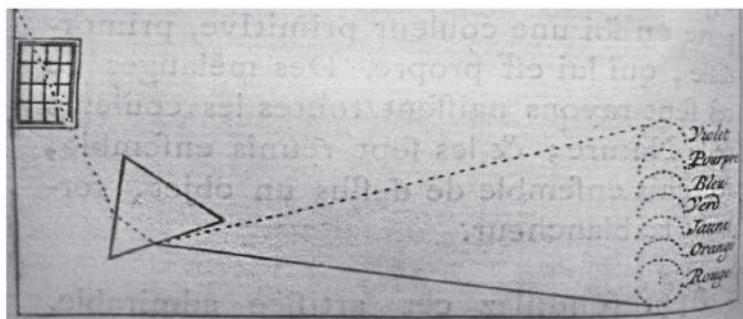
FARBENTSTEHUNG IM PRISMA



Exposez transversalement à un rayon de lumière ce prisme de verre ; ensuite mettez à une distance d'environ seize ou dix-sept pieds une feuille de papier P. vis-à-vis ce prisme.

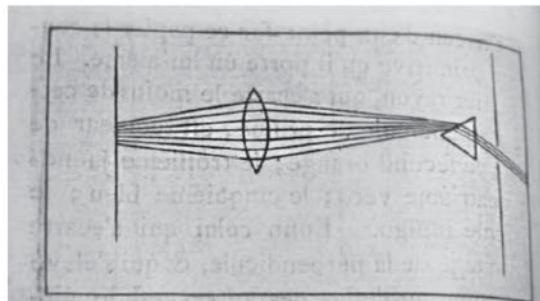
des couleurs. Ce rayon qui est tombé sur ce prisme n'est pas, comme on crooit, un simple rayon ; c'est un faisceau de sept principaux faisceaux de rayons , dont chacun porte en soi une couleur primitive, primordiale , qui lui est propre. Des mélanges de ces sept rayons naissent toutes les couleurs de la Nature ; & les sept réunis ensemble, réfléchis ensemble de dessus un objet , forment la blancheur.

Positionieren Sie einmal ein Prisma zwischen einen Lichtstrahl. Und legen Sie anschließend in einer Entfernung von rund 16 oder 17 Fuß ein Stück Papier gegenüber von diesem Prisma. Der Lichtstrahl der auf das Prisma gefallen ist, ist nicht – wie man glauben würde – ein einzelner Strahl, sondern es ist ein Bündel von sieben prinzipiellen Strahlen, von denen jeder in sich eine einfache, primäre Farbe trägt, die ihm eigen ist. Die Mischungen dieser sieben Strahlen ermöglichen alle Farben in der Natur und die sieben Farben vereint, ergeben weiß.



Un seul faisceau de lumière , qui auparavant faisoit la couleur blanche , est donc un composé de sept faisceaux qui ont chacun leur couleur. L'assemblage de sept rayons primordiaux fait donc le blanc.

Si vous en doutez encore , prenez un des verres lenticulaires de lunette , qui rassemblent tous les rayons à leur foyer : exposez



Il réunit , comme vous le voyez , ces sept rayons dans son foyer . La couleur de ces sept rayons réunis est blanche ; donc il est démontré que la couleur de tous les rayons réunis est la blancheur . Le noir par conséquent sera le corps , qui ne réfléchira point de rayons .

ANALOGIE ZWISCHEN FARBEN DES PRISMAS UND TÖNEN IN DER MUSIK – ENTSPRECHEND VOLTAIRE BZW. NEWTON

Analogie des tons de la Musique & des couleurs.	<p><i>La plus grande réfrangibilité du violet répond à Re; la plus grande réfrangibilité du pourpre répond à Mi; celle du bleu répond à Fa; celle du vert à Sol; celle du jaune à La; celle de l'orangé à Si; celle du rouge à Ut; & enfin la plus petite réfrangibilité du rouge se rapporte à Re, qui est l'octave supérieure. Le ton le plus grave répond ainsi au violet, & le ton le plus aigu répond au rouge. On peut se former une idée complète de toutes ces propriétés, en jettant les yeux sur la Table que j'ai dressée, & que vous devez trouver à côté.</i></p>
--	--

Und das hat Voltaire in der rechts abgebildeten Tabelle übersichtlich dargestellt:

Ganz oben sieht man die Farben (Von rechts nach links: „Violett, Purpur, Blau, Grün, Gelb, Orange, Rot“).

Weiter unten sieht man die Töne (von rechts nach links die Töne „re, mi, fa, sol, la, si, ut, re“, also in unserer Sprechweise: „d, e, f, g, a, h, c, d“).

Dazwischen sind die Verhältnisse (wir würden heute von den Frequenzverhältnissen der Töne) eingetragen.

Stimmt das mit unserem heutigen Wissen überein?

Überprüfen wir: Im Buch von Voltaire steht:

$$\text{re : mi} = 1 : \frac{8}{9} \quad \text{bzw.} \quad \text{re : mi} = 9 : 8 \quad \text{bzw.} \quad d : e = 9 : 8$$

Entsprechend unserem heutigen Wissen, verhalten sich z.B. zwei Töne die musikalisch zueinander im Verhältnis einer „Sekund“ stehen, wie 8 : 9, also $d : e = 8 : 9$

(Der höhere Ton hat die höhere Frequenz)

Wenn man davon absieht, dass es in der Tabelle von Voltaire genau verkehrt herum steht, stimmt es!

Man muss es also offenbar umgekehrt herum lesen, nämlich: Frequenz von re = $\text{mi} \cdot \frac{8}{9}$

Wie das allerdings mit den oben genannten Zahlen (in diesem Fall 40 und 80) zusammenhängt ????????????

Noch ein Beispiel:

Zwei Töne (z.B. „re“ : „la“, bzw. in unserer Sprechweise „d“ : „a“) verhalten sich musikalisch im Verhältnis einer Quint, wenn sich ihre Frequenzen wie 2 : 3 verhalten.

Lesen wir in der Tabelle von Voltaire nach: $\text{re} = \text{la} \cdot \frac{2}{3}$ Es stimmt also!

Auch bei der Quart (Töne „re“ und „so“) ist das Verhältnis 3 : 4 richtig eingetragen, ebenso wie bei der Septim (Töne „re“ und „ut“, also „d“ und „h“), die im Verhältnis 9 : 16 stehen und bei der Terz (Töne „re“ und „fa“, bzw. „d“ und „f“), die im Verhältnis 5 : 6 stehen.

Allerdings bei der Sext (Töne „re“ und „si“) die im Verhältnis 5 : 3 stehen sollten, hat sich Voltaire offenbar geirrt.

Man könnte über diese Theorie natürlich diskutieren, aber im Buch das Voltaire über die Philosophie Newtons schreibt, steht folgendes:

Die größte Lichtbrechung der Farbe „Violett“ entspricht dem „Re“ (also dem Ton „d“), jene der Farbe „Purpur“ entspricht dem „Mi“ (also dem Ton „e“), jene vom „Blau“ entspricht dem „Fa“ (Ton „f“), jene vom „Grün“ dem „Sol“ (Ton „g“), jene vom „Gelb“ dem „La“ (Ton „a“), jene vom „Orange“ dem „Si“ (Ton „h“), jene vom „Rot“ dem „Ut“ (Ton „c“) und schließlich das am wenigsten stark gebrochene „Rot“ entspricht dem „Re“ (Ton „d“), der um eine Oktave höher ist.

Table des couleurs & des tons de la Musique.							
C	H	G	F	E	B	D	
Rouge	Orange	Taime	Vord	Bleu	Pourpre	Violet	
se joué de C décou de me corde en C	de H en H	de G en G	de F en F	de E en E	de E en B	de B en D	
45.	27	48	60	60	40	80	= 300
	$\frac{9}{20}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{8}{9}$	1
re	ut	si	la	sol	fa	mi	re
la plus grande réfrangibilité du rouge répond à ut	celle du jaune à si	celle du vert à la	celle du bleu à sol	celle du pourpre à fa	celle du violet à mi		re

Il y a encore un autre rapport entre les sons & les couleurs, c'est que les rayons les plus distants (les violettes & les rouges) viennent à nos yeux en même-tems, & que les sons les plus distants (les plus graves & les plus aigus) viennent aussi à nos oreilles en même-tems. Cela ne veut pas dire, que nous voyons & que nous entendons en même-tems à la même distance ; car la lumière fait sentir six cens mille fois plus vite, au moins, que le son ; mais cela veut dire, que les rayons bleus, par exemple, ne viennent pas du Soleil à nos yeux, plutôt que les rayons rouges, de même que le son de la note *Si*, ne vient pas à nos oreilles, plutôt que le son de la note *Re*.

Cette analogie secrète entre la lumière & le son, donne lieu de soupçonner, que toutes les choses de la Nature ont des rapports cachés, que peut-être on découvrira quelque jour. Il est déjà certain qu'il y a un rapport entre le *Toucher* & la *Vue*, puisque les couleurs dépendent de la configuration des parties ; on prétend même qu'il y a eu des Aveugles nés, qui distinguaient au toucher la différence du noir, du blanc, & de quelques autres couleurs.

NOCH EIN ZUSAMMENHANG ZWISCHEN FARBEN UND TÖNEN

Es gibt noch einen Zusammenhang zwischen den Tönen und den Farben, das ist dass die Farben die am meisten voneinander entfernt sind (gemeint ist im Lichtspektrum), nämlich Violett und Rot, zu unseren Augen genau zur gleichen Zeit eintreffen, ebenso wie die Töne (die allertiefsten und die allerhöchsten ebenfalls zur gleichen Zeit in unseren Ohren eintreffen).

Das heißt aber nicht, dass wir auch zur gleichen Zeit sehen und hören, wenn wir uns im gleichen Abstand (gemeint: von der Licht- bzw. Schall-Quelle) befinden. Denn das Licht fühlen wir mindestens sechshunderttausend Mal so schnell wie den Schall.

Überlege: Stimmt das nach unserem heutigen Wissen auch?

Das heißt also, dass die blauen Strahlen beispielsweise von der Sonne nicht früher zu unseren Augen kommen, als die roten, ebenso wie der Ton der Note „Si“ nicht schneller zu unseren Ohren gelangt, als der Ton der Note „Re“.

Dieser geheime Zusammenhang zwischen Licht und Tönen lässt uns vermuten, dass alle Dinge in der Natur irgendwelche geheimnisvollen Zusammenhänge haben könnten, die man eines Tages entdecken wird. Es ist beispielsweise sicher, dass es einen Zusammenhang zwischen „Fühlen“ und „Sehen“ gibt, da die Farben von der Art der Körper abhängen. Man behauptet sogar, dass Blinde Personen nur durch Berühren der Körper den Unterschied zwischen Schwarz und Weiß und einigen anderen Farben erkennen können.

Überlege: Könnte das stimmen? Begründe!



CHAPITRE QUINZE.

Premières idées touchant la pesanteur & la loi de la gravitation : Que la matière subtile, les tourbillons & le plein doivent être rejettés.

UN Lecteur sage qui aura vu avec attention ces merveilles de la lumière, convaincu par l'expérience qu'aucune impulsion connue ne les opère, sera sans doute impatient d'observer cette puissance nouvelle dont nous avons parlé sous le nom d'attraction, qui doit agir sur tous les au-

ÜBER DIE GRAVITATION

Fünfzehntes Kapitel: Erste Ideen die sich mit dem Gewicht und den Gesetzen der Gravitation beschäftigen

Ein braver Leser, der mit Aufmerksamkeit die Wunder des Lichtes erkannt hat und gesehen hat, dass diese durch kein bekanntes Gesetz erklärt werden können, wird sicherlich ungeduldig sein, mehr über jene neuartige Fähigkeit (Kraft) zu erfahren, von der wir unter dem Namen „Anziehung“ gesprochen haben, die offensichtlich auf alle.....

...anderen Körper wesentlich sensibler wirkt, als auf das Licht. Damit uns die Namen nicht verwirren, beginnen wir einfach einmal mit den Tatsachen:

189

tres corps plus sensiblement que sur celui de la lumière. Que les noms encore une fois ne nous effaroucent point ; examinons simplement les faits.

Je me servirai toujours indifféremment des termes d'*attraction* & de *gravitation* en parlant des corps, soit qu'ils tendent sensiblement les uns vers les autres, soit qu'ils tournent dans des orbites immenses, autour d'un contre commun, soit qu'ils tombent sur la Terre, soit qu'ils s'unissent pour composer des corps solides, soit qu'ils s'arondissent en gouttes pour former des liquides. Entrons en matière.

Ich werde mich in gleicher Weise der Begriffe „Anziehung“ und „Gravitation“ bedienen, wenn ich von Körpern spreche, die einander gegenseitig anziehen, egal ob sie nun in den unendlichen Weiten des Weltalls kreisen, einer um den anderen, oder ob sie auf die Erde fallen, oder sich vereinen um einen festen Körper zu bilden oder sich zu Tropfen formen um einen flüssigen Körper zu bilden. Treten wir in die Materie ein!

Beispielsweise erfahren wir, dass ein Stück Gold, das hunderttausend mal mehr wiegt, als ein Stück Papier, (Bemerkung: im Vakuum) ebenso schnell herunter gefallen ist, wie das Papier. Demnach wirkt die Kraft, die bewirkt hat, dass es hinunter fällt, hunderttausend mal stärker auf das Stück Gold als auf das Papier. Ebenso brauche ich hundert Mal mehr Kraft in meinem Arm um hundert Bücher hochzuheben, als um eines zu heben.

La pesanteur agit en raison des masses. Or par cette expérience la pièce d'or qui pese cent-mille fois plus que le morceau de papier, est descendue aussi vite que le papier; donc la force, qui l'a fait descendre, a agi cent mille fois plus sur lui que sur le papier; de même qu'il faudra cent fois plus de force à mon bras pour remuer cent livres, que pour remuer une livre; donc cette puissance qui opère la gravitation, agit en raison directe de la masse des corps. Elle agit en effet tellement selon la masse des corps, non selon les surfaces, qu'un livre d'or réduit en poudre pesera précisément comme cette même livre en feuille. La figure des corps ne change ici rien leur gravité; ce pouvoir de gravitation agit donc sur la nature interne des corps, & non en raison des superficies.

schnell herunter gefallen ist, wie das Papier. Demnach wirkt die Kraft, die bewirkt hat, dass es hinunter fällt, hunderttausend mal stärker auf das Stück Gold als auf das Papier. Ebenso brauche ich hundert Mal mehr Kraft in meinem Arm um hundert Bücher hochzuheben, als um eines zu heben.
Demnach agiert jene Kraft die die Gravitation bewirkt direkt abhängig von der Masse der Körper, nicht jedoch von der Oberfläche, denn ein Livre Gold, zerkleinert zu Puder würde dasselbe wiegen, ebenso wie dasselbe Buch zerkleinert in lauter Papierstücke. Die Figur (Oberfläche, Aussehen) der Körper ändert nichts an deren Gravitation. Die Gravitation agiert demnach auf die innere Natur eines Körpers und nicht auf deren Oberfläche.

Hier ist demnach die erste Wahrheit, die ich schon angedeutet habe: Es gibt eine Fähigkeit (Kraft), die alle Körper „gravitieren“ (herunterfallen, sich anziehen) lässt und die direkt von deren Masse abhängt.

Voilà donc une première vérité déjà indiquée ailleurs, & prouvée ici: il y a un pouvoir qui fait graviter tous les corps en raison directe de leur masse,

Pourquoi un corps pese plus qu'un autre. Si l'on cherche actuellement pourquoi un corps est plus pesant qu'un autre, on en trouvera aisément l'unique raison: on jugera que ce corps doit avoir plus de masse, plus de matière sous une même étendue; ainsi l'or pese plus que le bois parce qu'il y a dans l'or bien plus de matière & moins de vide que dans le bois.

Wenn man aktuell nach der Ursache sucht, warum ein Körper schwerer ist, als ein anderer, wird man ganz leicht den einzigen Grund finden: Der eine Körper muss mehr Masse haben, mehr Materie unter seiner Oberfläche. So also wiegt das Gold mehr als das Holz, weil es im Gold mehr Masse und weniger Leere (Vakuum) gibt, als im Holz.

Descartes und seine Nachfolger nahmen an, dass ein Körper mehr wiegen kann als ein anderer ohne mehr Materie zu haben. Obwohl sie mit dieser Erklärung nicht glücklich sind, erhalten sie sie immer noch.

Sie nehmen an, dass eine ganz feine Materieströmung rund um unseren Globus strömt und es ist diese große Strömung, sagen sie, die herumkreist und alle Körper zum Zentrum der Erde schießt und das ist das was wir Gewicht nennen.

Und obwohl die Philosophen die Widersprüche und Absurditäten die mit dieser Philosophie zusammen hängen erkennen, versuchen sie immer noch eher sie zu korrigieren, als sie fallen zu lassen.



CHAPITRE DIX-SEPT.

Ce que c'est que le Vide, & l'Espace, sans lequel il n'y auroit ni pesanteur ni mouvement.

Difficulté contre le Vide. CEUX qui ne peuvent concevoir le Vide de i, objectent que ce Vide ne ferait rien, que le rien ne peut avoir des propriétés, & qu'ainsi il ne se pourrait rien opérer dans le Vide.

Réponse. On répond qu'il n'est pas vrai que le Vide soit rien; il est le lieu des corps, il est l'espace, il a des propriétés, il est étendu.

Huygens und viele andere haben tausend Korrekturen gemacht, von denen sie selbst die Unzulänglichkeiten zugeben, aber was stellen wir an den Platz (dieser falschen Theorie)?

KAPITEL SIEBZEHN

Was ist das Leere (Vakuum) und der Raum, ohne den es weder ein Gewicht, noch eine Bewegung geben könnte?

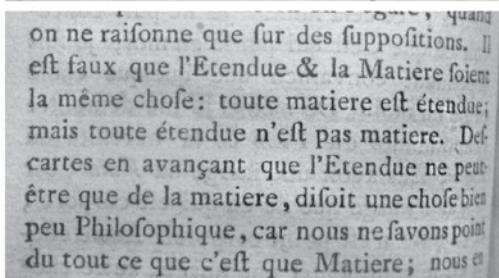
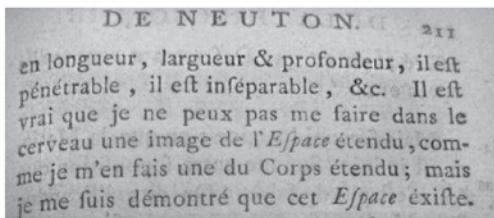
Schwierigkeiten mit der Leere: Diejenigen, die die Leere nicht akzeptieren möchten, meinen, dass die Leere Nichts sei und dass das Nichts keine Eigenschaften haben kann und dass daher Nichts im Nichts operieren (sich bewegen) kann. Frage: Was sagen wir heute dazu, wie und wodurch werden Körper im „Nichts“ bewegt?

Le Système de Descartes ne peuvent rendre raison → Descartes & ses Séctateurs soutiennent qu'un corps est plus pesant qu'un autre sans avoir plus de matière: non content de cette idée, ils la soutiennent par un autre aussi peu vraie: ils admettent un grand tourbillon de matière subtile autour de notre Globe; & c'est ce grand tourbillon, disent-ils, qui en circulant chassé tous les corps vers le centre de la Terre, & leur fait éprouver ce que nous appelons pesanteur.

→ title; & quand les Philosophes sentoient les contradictions & les absurdités attachées à ce Roman Philosophique, ils songeoient à le corriger plutôt qu'à l'abandonner.

Hugens & tant d'autres y ont fait mille corrections, dont ils avouoient eux-mêmes l'insuffisance; mais que mettrons-nous à la place N 4

Antwort: Es stimmt nicht, dass das Nichts nichts ist! Es ist Ort der Körper und des Raums, es hat Eigenschaften, es hat eine Ausdehnung.



Fortsetzung: Über die Eigenschaften der Leere:

Die Leere hat eine Ausdehnung, in Länge, Breite und Tiefe, sie kann durchdrungen werden, sie ist unteilbar u.s.w.

Es ist wahr, dass ich mir in meinem Gehirn kein Bild machen kann von diesem unendlichen Raum, wie ich es mir mache von einem endlichen Körper. Aber ich habe mir selbst gezeigt, dass dieser Raum (diese Leere) existiert.

Es ist falsch zu sagen, dass das Unendliche (der Raum, die Leere, das Vakuum) und die Materie ein und dieselbe Sache seien. Jede Materie hat eine Ausdehnung, aber nicht alles was eine Ausdehnung hat muss Materie sein.

Descartes der gesagt hat, dass das Unendliche nichts anderes sein kann als Materie, hat etwas ganz und gar „unphilosophisches“ gesagt, denn wir wissen ja gar nicht, was Materie überhaupt ist.

214 DE LA PHILOSOPHIE

L'Espace existe nécessairement, parce que Dieu existe nécessairement; il est immense, il est comme la durée, un mode, une propriété infinie d'un Etre nécessaire, infini. La Matière n'est rien de tout cela; elle n'existe point nécessairement: & si cette substance étoit infinie, elle seroit ou une propriété essentielle de Dieu, ou Dieu même: or elle n'est ni l'un ni l'autre; elle n'est donc pas infinie & ne fauroit l'être.

Je conclurai ce Chapitre par une remarque qui me paraît mériter beaucoup d'attention. Descartes admettoit un Dieu Créateur & Cause de tout: mais il nioit la possibilité du *Vuide*: Epicure nioit qu'il y eût un Dieu Créateur & Cause de tout, & il admettoit le *Vuide*; or c'étoit Descartes qui par ses principes devoit nier un Dieu Créateur, & c'étoit Epicure qui devoit l'admettre. En voici la preuve évidente.



ÜBER DAS UNENDLICHE (DEN RAUM) UND GOTT

Der (unendliche) Raum existiert notwendiger Weise, denn Gott existiert notwendiger Weise. Er ist immens (unendlich), er ist wie die Ewigkeit, er hat unendliche Eigenschaften eines unendlich (großen) Wesens.

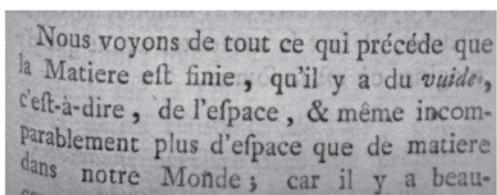
Die Materie hingegen hat nichts davon. Materie existiert nicht notwendiger Weise und wenn diese Substanz unendlich (groß) wäre, dann hätte sie die Eigenschaften von Gott oder wäre gar Gott selbst. Da Materie aber weder das eine noch das andere ist, ist Materie nicht unendlich (groß) und kann nicht unendlich (groß) sein.

Ich fahre mit einer Bemerkung fort, die großer Aufmerksamkeit bedarf.

Descartes hat einen Gott als Schöpfer und Urheber von Allem akzeptiert, aber er negiert die Möglichkeit der Existenz der Leere (des Vakuums).

Epikur hingegen negiert, dass es einen Gott als Schöpfer und Urheber von Allem geben könnte, aber er akzeptiert die Leere (das Vakuum).

Wenn also Descartes bei seiner Meinung (im Hinblick auf das Vakuum) bliebe, müsste er auch Gott als Schöpfer negieren. Und wenn Epikur bei seiner Meinung (im Hinblick auf das Vakuum) bliebe, müsste er auch einen Gott als Schöpfer akzeptieren.



Wir erkennen aus all dem was vorher geschrieben wurde, dass Materie endlich ist und dass es die Leere (das Vakuum) gibt, das heißt so viel wie einen (leeren Welt-)raum und noch dazu viel mehr Raum als es Materie gibt in unserer Welt.

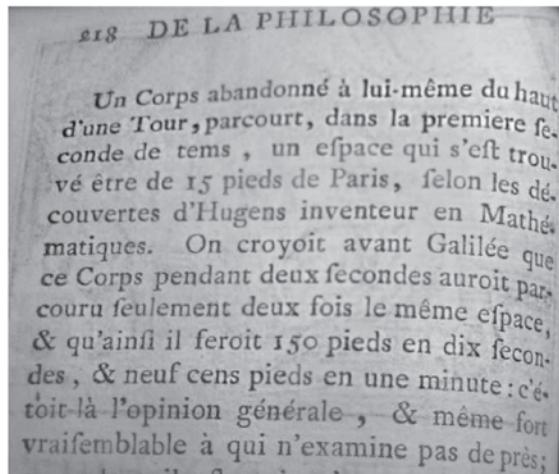
KAPITEL 18 – VON DER GRAVITATION DIE DEMONSTRIERT WURDE DURCH DIE ENTDECKUNGEN VON GALILEI UND NEWTON UND VOM MOND DER IM ORBIT KREIST ALS FOLGE DER GRAVITATION

Galilei, der Wiederhersteller der Vernunft in Italien, hat jenen wichtigen Zusammenhang erkannt, dass schwere Körper die auf die Erde absteigend (wenn man den Luftwiderstand vernachlässigt) eine Bewegung beschreiben, die in einer Weise beschleunigt wird, wie ich im Folgenden eine gute Idee geben werde.

CHAPITRE DIX-HUIT.

Gravitation démontrée par les découvertes de Galilée & de Neuton; que la Lune parcourt son Orbite par la force de cette gravitation.

GALILEE le restaurateur de la Raison Loix de en Italie, découvrit cette importante la chûte des proposition, que les Corps graves qui descendent des sur la Terre (faissant abstraction corps trou- de la petite résistance de l'air) ont un vées par mouvement accéléré dans une proportion Galilée, dont je vais tâcher de donner une idée net- te.



ÜBER DEN FREIEN FALL

Ein Körper der von einem hohen Turm aus sich selbst überlassen wird (also hinunter geworfen wird), durchläuft in der ersten Sekunde einen Raum (eine Entfernung) von so ungefähr 15 Pariser Fuß, entsprechend den Entdeckungen von Huygens, dem Erfinder der Mathematik.

Man glaubte vor Galilei, dass so ein Körper während zwei Sekunden die zweifache Entfernung zurück legt und in zehn Sekunden demnach 150 Fuß, also die zehnfache Entfernung und neuhundert Fuß in einer Minute. Das wäre eine geniale und absolut logische Schlussfolgerung für jeden, der es nicht genau überprüft.

... (in Wirklichkeit aber) ist es so, dass die Kraft die in der ersten Sekunde während der der Körper 15 Fuß zurück legt, diese Kraft hat der Körper noch in sich, wenn die zweite Sekunde beginnt. Der Körper bekommt nun die Kraft von 15 weiteren Fuß, zusätzlich zu denen die er schon in der ersten Sekunde bekommen hat, das macht 30 Fuß. Man muss (es hat sich ja nichts geändert) nun noch die ersten 15 Fuß berücksichtigen, das macht insgesamt 45 Fuß. Aus demselben Grund wird der Körper 65 Fuß in der dritten Sekunde zurück legen und immer so fort.

prouve chaque instant de la deuxième. Or par la force qui l'animoit à la première seconde il parcourroit quinze pieds, il a donc encore cette force quand il descend la deuxième seconde. Il a outre cela la force de quinze autres pieds qu'il acquéroit à mesure qu'il descendoit dans cette première seconde, cela fait trente : il faut (rien n'ayant changé) que dans le tems de cette deuxième seconde, il ait encore la force de parcourir quinze pieds, cela fait quarante-cinq ; par la même raison le Corps parcourra foizante-quinze pieds dans la troisième seconde, & ainsi du reste.

4°. Que la progression des espaces parcourus par ce mobile font comme les nombres impairs 1, 3, 5, 7. Cette connoissance

Die Zunahme der Entfernungen bei diesem herunter fallenden Körper verhalten sich wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7.

(Bemerkung: nämlich 1 mal 15 = 15, 3 mal 15 = 45, 5 mal 15 = 65 u.s.w.)

Fems dans les quelles le mobile tombe.	Espaces qu'il parcourt en chaque tems.	Espaces parcourus font comme les quarrés des tems.	Nombres impairs, qui marquent la progression du mouvement, & les espaces parcourus.
1re. Seconde, une vitesse :	Le Corps descend de 15 pieds.	Le quarré d'un est un, le corps parcourt 15. pieds.	Une fois quinze,
2me. Seconde, deux vitesses:	Le Corps parcourt 45. pieds:	Le quarré de deux secondes, ou de deux vitesses est quatre : quatre fois quinze font 60 ; donc le corps a parcouru 60. pieds, c'est-à-dire, 15. dans la première seconde, & 45. dans la deuxième.	Trois fois quinze ; ainsi la progression est d'un à 3. dans cette seconde.
3me. Seconde, trois vitesses.	Le Corps parcourt 75. pieds.	Le quarré de 3. secondes est neuf : or neuf fois 15. font 135 ; donc le corps a parcouru dans les trois secondes 135. pieds.	Cinq fois 15. pieds ; ainsi la progression est visiblement selon les nombres impairs 1. 3. 5. &c.

Zeiten, in denen der Körper fällt	Entfernungen die er dabei jeweils zurück legt	Diese Entfernungen verhalten sich wie die Quadrate der Zeit	Ungerade Zahlen, die den Fortschritt des Herunter-fallens und der zurück gelegten Entfernungen beschreiben.
1. Sekunde, eine Geschwindigkeit	Der Körper fällt (während der 1. Sekunde) 15 Fuß hinunter	Das Quadrat von 1 ist 1 und der Körper fällt demnach 1 mal 15 Fuß	Ein mal 15
2. Sekunde, zwei Geschwindigkeiten	Der Körper fällt (während der 2. Sekunde) 45 Fuß hinunter	Das Quadrat von 2, also von 2 Geschwindigkeiten ist 4. Und 4 mal 15 gibt 60. Demnach hat der Körper (am Ende der 2. Sekunde insgesamt) 60 Fuß zurück gelegt, nämlich 15 in der ersten Sekunde und 45 in der zweiten Sekunde.	Drei mal 15. Also ist der Fortschritt ein Vielfaches von 3 in dieser (zweiten) Sekunde.
3. Sekunde, drei Geschwindigkeiten	Der Körper fällt (während der dritten Sekunde) 75 Fuß hinunter	Das Quadrat von 3 Sekunden ist 9. Und 9 mal 15 gibt 135. Demnach hat der Körper (am Ende der 3. Sekunde) 135 Fuß zurück gelegt	Fünf mal 15 Fuß. Also ist der Fortschritt deutlich sichtbar abhängig von den ungeraden Zahlen, nämlich 1, 3, 5, u.s.w.

Und wie berechnen wir es heute mit unseren Formeln zum freien Fall?

Formel: $s = \frac{a}{2} \cdot t^2$ mit $a \approx 9,81 \approx 10 \text{ m/s}^2$. Also folgt: $s = 5 \cdot t^2$

Daraus folgt: Für die 1. Sekunde: $s = 5$ Meter, also $1 \cdot 5$

für die 2. Sekunde: $s = 20$ Meter, also $1 \cdot 5 + 3 \cdot 5$

für die 3. Sekunde: $s = 45$ Meter, also $1 \cdot 5 + 3 \cdot 5 + 5 \cdot 5$ u.s.w.

VON DER TATSACHE, DASS DIE ERDE KEINE (GANZ GLEICHMÄSSIGE) KUGEL SEIN KANN

On vit par conséquent que, puisque la pesanteur des Corps étoit d'autant moins forte, que ces Corps sont plus éloignés du centre de la Terre, il falloit absolument que la Région de l'Equateur fût beaucoup plus élevée que la nôtre, plus éloignée du centre, & qu'ainsi la Terre ne pouvoit être une Sphère. Beaucoup de Philosophes firent à propos de ces découvertes ce que font tous les hommes, à qui il faut changer d'opinion; ils combattirent la Vérité nouvelle. Une partie des Docteurs jusqu'au XV. Siècle avoit cru la Terre plate, plus longue d'Orient en Occident que du Midi au Septentrion, & couverte du Ciel comme d'une Tente en demi-voute. Leur opinion leur paroisoit d'autant plus sûre qu'ils la croyoient fondée sur la Bible. Peu

....sondern am Äquator etwas höher ist (er meint, einen größeren Radius hat), als an den Polen. (Bemerkung: In den vorangegangenen Seiten hat Voltaire beschrieben, dass man beobachtet hat, dass ein Pendel am Äquator langsamer schwingt, ebenso wie auch auf einem hohen Turm und ein Körper am Äquator weniger stark angezogen wird und daraus folgert er die nächsten Sätze)

Man sieht also, nachdem das Gewicht eines Körpers sich umso mehr verringert, umso mehr er sich vom Zentrum der Erde entfernt, dass die Region um den Äquator höher liegen muss, als die Gegend bei uns. Also muss die Gegend um den Äquator weiter entfernt vom Erdzentrum sein und folglich kann die Erde nicht eine ganz gleichmäßige Kugel sein.

Viele Philosophen haben auf Grund dieser Entdeckungen beschlossen, dass man seine Meinung ändern muss und die neue Wahrheit verteidigt. Eine Gruppe von Doktoren bis ins 15. Jh. hatte schließlich auch geglaubt, dass die Erde flach ist, und zwar etwas länger vom Orient bis zum Occident, als vom Süden bis zum Norden und dass die Erde oben von Himmel wie von einem halbkugelförmigen Zelt überdacht sei. Ihre Meinung erschien ihnen umso sicherer richtig, als sie sich durch die Bibel bestätigt glaubten.

UND JETZT WIRD DIE GRUNDLAGE FÜR DAS GRAVITATIONSGESETZ ERKLÄRT

Théo-
rie tirée
de ces
décou-
vertes.
La pesanteur sur notre Globe est en raison réciproque des carrés des distances des corps pesants du centre de la Terre; ainsi plus ces distances augmentent, plus la pesanteur diminue.

La force qui fait la pesanteur ne dépend point des tourbillons de Matière subtile, dont l'existence est démontrée fausse.

Cette force, telle qu'elle soit, agit sur tous les corps, non selon leurs surfaces; mais selon leurs masses. Si elle agit à une distance, elle doit agir à toutes les distances; si elle agit en raison inverse du carré de ces distances, elle doit toujours agir suivant

Theorie von seinen (Newtons) Entdeckungen:

Die Gravitation auf unserem Globus ist verkehrt proportional zum Quadrat der Entfernung der Körper vom Zentrum der Erde. Umso weiter die Körper entfernt sind, umso mehr verringert sich ihr Gewicht.

Die Kraft die das Gewicht (die Gravitationskraft) bewirkt, hängt also keineswegs von irgendwelchen Strömungen einer subtilen Materie ab, deren Existenz sich eindeutig als falsch erwiesen hat.

Diese Kraft also, woher immer sie kommen mag (was immer sie sein mag) wirkt auf alle Körper, unabhängig von deren Oberfläche, aber abhängig von deren Masse. Und wenn diese Kraft in einer Entfernung wirkt, muss sie in allen Entfernungen wirken. Und zwar wirkt sie verkehrt zum Quadrat der Entfernung.

tance; donc la gravitation qui agit ici sur tous les corps, agit aussi entre la Terre & la Lune précisément dans ce rapport de la raison inverse du carré des distances.

Mais si cette puissance qui anime les corps, dirige la Lune dans son Orbite, elle doit aussi diriger la Terre dans le sens,

DARÜBER, DASS DIE GRAVITATIONSKRAFT AUCH DEN MOND, EBENSO WIE DIE ERDE AUF IHRER BAHN HÄLT

Zuvor hat Voltaire beschrieben, dass die Messungen zur Mondbahn mit den Berechnungen zur Gravitation übereinstimmen.

....somit ist es auch die Gravitation die auf alle Körper wirkt, die auch zwischen Erde und Mond wirkt, ebenfalls verkehrt zum Quadrat der Entfernung. Wenn aber diese Kraft den Mond auf seiner Bahn hält, dann muss sie auch die Erde in der ihren halten.

D E N E U T O N . 235

& l'effet qu'elle opère sur la Planète de la Lune, elle doit l'opérer sur la Planète de la Terre. Car ce pouvoir est partout le même: toutes les autres Planètes doivent lui être soumises, le Soleil doit aussi éprouver sa loi: & s'il n'y a aucun mouvement des Planètes les unes à l'égard des autres, qui ne soit l'effet nécessaire de cette puissance, il faut avouer alors que toute la Nature la démontre; c'est ce que nous allons observer plus amplement.



leicht zu sehen, dass es keineswegs die subtile Materie sein kann, die diesen großen Effekt bewirken kann

Die Bewegung (eines Körpers auf einer Kreisbahn) wird also durch zwei Kräfte bewirkt. Jener Kraft, die bewirken würde, dass sich der Körper in einer geraden Linie vom Zentrum weg bewegen würde, der zentripetalen Kraft und jener Kraft, die ihn zum Zentrum zieht. Es ist

also so, dass jeder Körper, der sich auf einer Kurve bewegt, von zwei Kräften dirigiert wird: Von jener die den Körper entlang der Tangente laufen ließe, die man Zentrifugalkraft nennt und jener anderen Kraft, die den Körper zum Zentrum zurück zieht, die man Zentripetalkraft nennt.

Dieses Gesetz gilt und wurde beobachtet für alle Planeten und wurde vor 150 Jahren von Kepler entdeckt, der den Namen „Gesetzgeber der Astronomie“ verdient, unabhängig von seinen philosophischen Fehlern, die er gemacht hat. Er konnte noch nicht die Ursache der Planetenbewegungen erklären. Kepler hat (nur) den Effekt entdeckt, das Genie Newton hat die Ursache dafür gefunden.

DAVON, DASS DIE GRAVITATIONSKRAFT IM GESAMTEN UNIVERSUM WIRKT

Dieser Effekt der auf den Planeten des Mondes wirkt (Bemerkung: Wir bezeichnen heute den Mond als Mond und nicht als Planet), muss auch auf den Planeten Erde wirken. Denn diese Eigenschaft ist überall dieselbe: Alle anderen Planeten müssen ihr (Bemerkung: der Gravitationskraft) ebenso unterliegen. Auch die Sonne muss ihrem Gesetz unterliegen. Und wenn es keine Planetenbewegung geben kann, die nicht die Folge dieser Fähigkeit (dieser Kraft) ist, muss man auch folgern, dass die gesamte Natur ihr (dieser Kraft) unterliegt. Das werden wir im Folgenden noch zeigen.

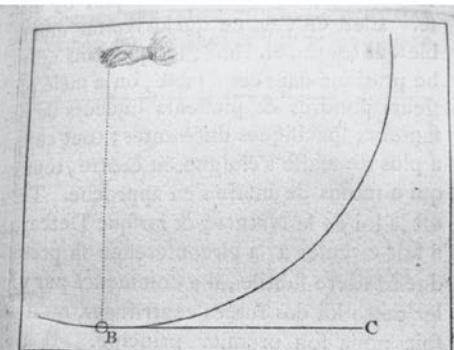
Jeder Körper der sich in einer Kurvenbahn bewegt, tendiert dazu, sich in einer geradlinigen Bahn wegzubewegen, die die Kurve in einem Punkt berührt.

(Hinweis: Er meint, dass der Körper dazu tendiert, sich entlang einer Tangente wegzubewegen, so wie es in der Abbildung gezeigt ist.)

Alle Körper, welche sich mit der Erde bewegen hätten somit den Willen, sich vom Zentrum zu entfernen.

Aber – so hätte man früher gesagt – die subtile Materie übt eine größere Kraft aus und stößt die Körper zurück. Es ist indes

de la Nature, que tout corps qui se meut en ligne courbe, tend à s'éloigner de son centre en une ligne droite, qui toucheroit la courbe en un point. Telle est la fronde



Tous les corps en tournant avec la Terre font ainsi un effort pour s'éloigner du centre; mais la Matière subtile faisant un bien plus grand effort repousse, disoit-on, tous les autres corps.

Il est aisé de voir que ce n'étoit point à la Matière subtile à faire ce plus grand effort, & à s'éloigner du centre du tourbillon.

Cette Loi inviolablement observée par toutes les Planètes, & inconnue à toute l'Antiquité, fut découverte il y a près de 150. ans par Kepler, qui a mérité le nom de *Législateur* en Astronomie, malgré ses erreurs Philosophiques. Il ne pouvoit savoir encore la raison de cette règle à laquelle les corps célestes sont assujettis. L'extrême sagacité de Kepler trouva l'effet dont le génie de Neutron a trouvé la cause. Q 4 Je

Und wie beschreiben wir mit unseren Formeln heute die Planetenbahnen?

$$\text{Gravitationskraft} = \text{Zentrifugalkraft} \rightarrow G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = \frac{m \cdot v^2}{r^2}$$

Experimente – Unterstufe

Christian Mašin und Gerald Grois

Im derzeitigen Fortbildungsprogramm der P.H. Wien dürfen wir zwei Experimentalkurse anbieten und nach dem Tod unseres Freundes Werner Rentzsch gemeinsam weiterführen.

- 1) **Chemie – von allen für alle:** In diesem Fortbildungsangebot wird der gesamte Chemie-Unterstufen-Lehrplan in etwa 40 Kurstagen aufbauend angeboten. Pro Semester sind 3 Termine eingeplant, wobei der letzte Kurs im Sommersemester sich mit kleinen Experimenten aus dem Micky Maus-Heft beschäftigt.
- 2) **Funny Science:** Diese Veranstaltung – 3 Termine pro Semester - ist ein Experimentalseminar für VS-LehrerInnen. Es werden volksschulrelevante Themen aus dem Gebiet der Naturwissenschaften (je nach Anforderungen der TeilnehmerInnen) mit Versuchen und Bastelarbeiten aufbereitet.

Hier sind ein paar Auszüge unserer Veranstaltungen:

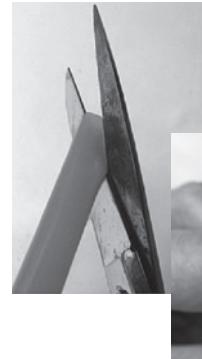
Das Trinkhalm-Pfeiferl mit Tonleiter

Geräte:

Schere

Material:

Trinkhalm

 	1 Drücke ein Trinkhalmende flach und schneide es zu einer Spalte.	2 Presse die beiden Spitzen mit den Lippen zusammen und blase durch den Halm. Wenn die Spitzen zu vibrieren beginnen, entsteht ein Ton.	3 Schneidest du während des Pfeifens den Trinkhalm kürzer, so wird der Ton immer höher.
--	---	--	---

Erklärung:

- Beginnen die Trinkhalm spitzen zu vibrieren, so wird die Luft im Halm in Schwingung versetzt – ein Ton entsteht.
- Die Töne der Musikinstrumente mit Doppelrohrblatt (Oboe, Fagott) entstehen auf diese Weise.

Hinweise:

- Miss mit einem Stimmgerät die Tonhöhe deiner Pfeife. Du kannst die Pfeife stimmen, indem du sie stückweise abschneidest.
- Steckst du zwei Halme mit unterschiedlichem Durchmesser ineinander, so kannst du durch Hinein- und Hinausschieben die Töne wie bei einer Posaune verändern.

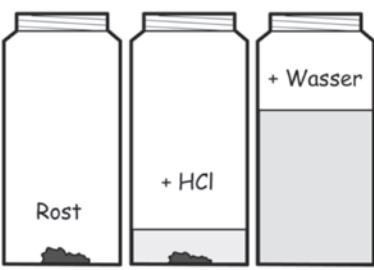
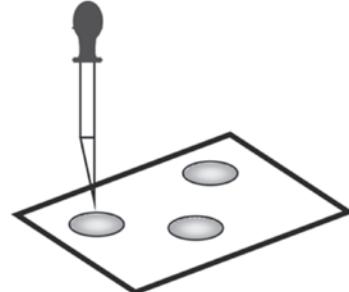
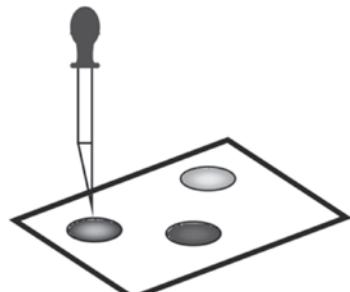
Eisen im Rost

Chemikalien:

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

Geräte / Material:

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

1 	2 	3 
Gib eine Spatelspitze Rost in das Schnappdeckelglas. Löse den Rost in ein paar Tropfen konzentrierter Salzsäure: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6 \text{ HCl} \rightarrow 2 \text{ FeCl}_3 + 3 \text{ H}_2\text{O}$ Verdünnung mit Wasser.	Lege das Glasplättchen auf das Papierstück. Bringe von der Eisenlösung 3 voneinander getrennte Tropfen der Eisenlösung auf das Glasplättchen.	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

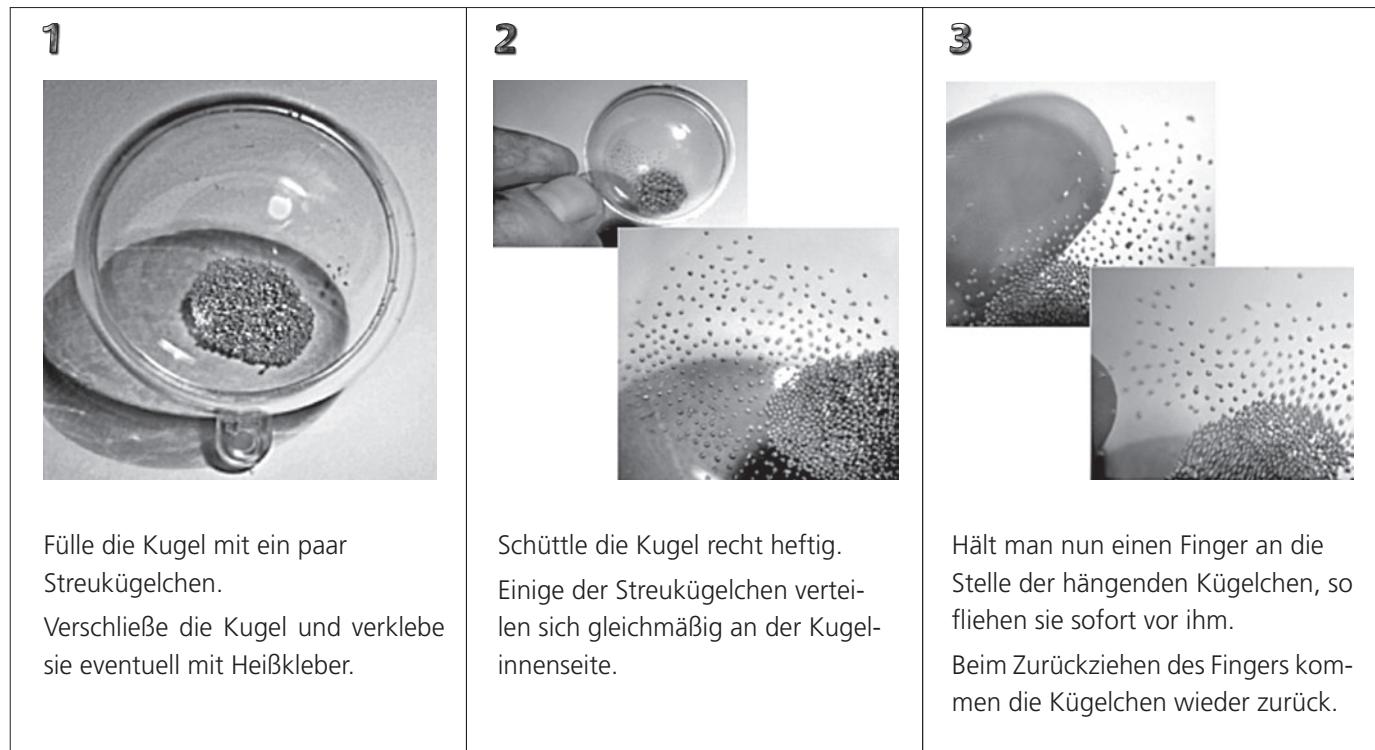
- 1) Das Eisen in der Prüfsubstanz muss in 3-wertiges Eisen übergeführt werden. Dazu gibt man zu einer erbsengroßen Menge der Substanz einige ml HCl conc. und eine Spatelspitze Kaliumnitrat als Oxidationsmittel. Koche einige Zeit lang auf. Das Oxidationsmittel bewirkt, dass sich gebildetes Fe(II)-Chlorid in Fe(III)-Chlorid umwandelt:
 $2 \text{ FeCl}_2 + \text{O} \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$. 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 KNO_3 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 $\text{KFe}(\text{CN})_6$.

Aus dem physikalischen Experimenteschatz:

Flieh, Kugelchen, flieh!

Material:

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



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 berührrenden 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!

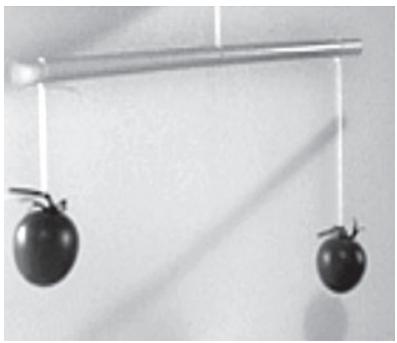
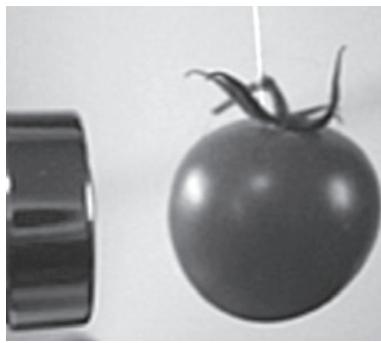
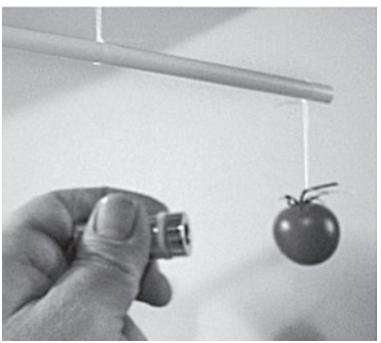


Aus dem physikalischen Experimenteschatz:

Paradeiser flieh!

Material:

Trinkhalm, Zwirn, Cocktailltomaten + Rispe (!), starker NdFeB-Magnet, evtl. Stativ.

1	2	3
 <p>Befestige ein Stück Zwirn in der Mitte des Trinkhalms. Hänge an beide Enden des Halses je eine Cocktailltomate und balanciere den Halm durch Verschieben der Tomaten aus.</p>	 <p>Halte den Halm ganz ruhig oder hänge ihn auf ein Stativ. Nähre den Magneten einer Tomate.</p>	 <p>Nach einiger Anlaufzeit stößt sie sich vom Magneten ab. Mit dem anderen Magnetpol erzielst du denselben Effekt</p>

Erklärung:

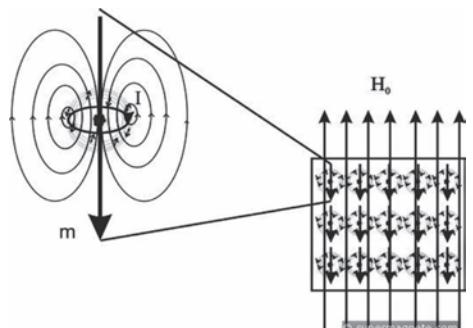
- Fast alle Stoffe, die uns „unmagnetisch“ vorkommen, sind eigentlich „diamagnetisch“ – sie werden vom Magneten abgestoßen. Meist werden diese Abstoßungerscheinungen durch andere Kräfte (Para- oder Ferromagnetismus, Gravitation,...) überdeckt.
Dabei wird in jedem Atom ein Wirbelstrom induziert, der ein 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



Ex Libris – Versuche

aus physikalischen und chemischen Werken

Christian Mašin und Gerald Grois

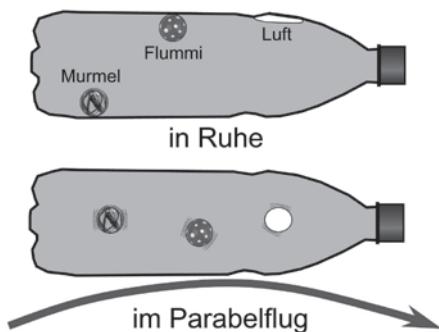
Schulbücher, Experimentierbücher und Fachzeitschriften sind eine schier unerschöpfliche Quelle vieler ansprechender Experimente für den physikalischen und chemischen Unterricht.

Im Rahmen der 67. Fortbildungswoche des VFPC präsentierten Gerald Grois und Christian Mašin eine Auswahl von Experimenten aus der Neubearbeitung von „Physik verstehen“ (2. und 3. Klasse), sowie diversen Schul- und Experimentierbüchern von Werner Rentzsch.

Schwerelos in der Flasche

Material:

Durchsichtige PET-Flasche, Glasmurmel, Gummiball, Wasser.



Gib in eine durchsichtige PET-Flasche eine Glasmurmel und einen Gummiball.

Füll die Flasche nicht ganz voll mit Wasser und verschließe sie fest.

Wirf die Flasche einer Mitschülerin oder einem Mitschüler in einem Bogen zu („Parabelwurf“).

Du kannst sehen, dass alle Körper in der Flasche (auch die Luftblase) schwerelos geworden sind.

Erklärung:

- Körper im freien Fall sind scheinbar ohne Gewicht (schwerelos).

Hinweis:

- Die Luftblase soll etwa so groß wie die Murmel oder der Gummiball sein

Wärme durch die Walnuss

Geräte:

Stativ, Drahtnetz, Tiegelzange, 250 ml Becherglas, Feuerzeug



Materialien:

Walnuss-Hälfte

Sonstiges:

Thermometer, Unterlagstuch

Fülle 100 ml Wasser in ein 250 ml Becherglas. Stelle es auf das Stativ mit Drahtnetz. Miss die Temperatur.

Nimm mit der Tiegelzange eine halbe Walnuss (ohne Schale). Entzünde sie mit dem Feuerzeug. Erhitze mit der brennenden Walnuss das Wasser im Glas, bis sie verbrannt ist.

Miss wieder die Wassertemperatur – wie groß ist die Erhöhung?

Erklärung:

- Die Wärme, die bei der Verbrennung der Nuss entsteht, erhitzt das Wasser.
- In langsamerer Weise verbinden sich im Körper die Nährstoffe mit Sauerstoff und liefern Wärmeenergie.

- Der Energiegehalt (Nährwert) wird in Kilojoule angegeben. Der Mensch benötigt etwa 10 000 kJ pro Tag.

Hinweis:

- Nüsse haben im Allgemeinen einen hohen Energiegehalt

Wo bleibt die Wärme?

Geräte:

Stative und Stativstangen, Brenner, Feuerzeug



Material:

Porenbetonstein (Ytong)

Lege den Porenbetonstein auf die Stativstangen und stelle den Brenner darunter.

Entzünde den Brenner.

Fühle mit der Hand die Temperatur an der Oberseite des Steins.

Was fühlst du?

An der Oberseite des Steins ist keine starke Erwärmung zu spüren.

Erklärung:

- Durch die vielen luftgefüllten Poren ist dieses Material ein schlechter Wärmeleiter

Hinweis:

- Aus 1 m³ wesentlicher Rohstoffe wie Sand, Kalk, Zement und Wasser werden ca. 5 m³ Porenbetonstein erzeugt.

Die festen Stromleiter

Material:

LED (weiß), 3 V-Lithiumknopfzelle, verschiedene Materialproben.



Teste verschiedene feste Materialien auf ihre Fähigkeit, Strom zu leiten.

Lege den Pluspol einer 3 V-Lithium-Knopfzelle auf die Probe.

Halte den kurzen Anschluss (-) einer Leuchtdiode (LED) auf den Minuspol der Zelle, mit dem langen LED-Anschluss (+) berührst du die Probe.

Erklärung:

- Elektrische Leiter sind alle Metalle und Kohlenstoff in Form von Grafit. Nichtleiter (Isolatoren) sind z. B. Glas, Holz, Kunststoff.

Hinweis:

- Teste z. B. folgende Materialien: Aluminiumfolie, Kupferdrähte, Nägel, Holz, Glas, Kunststoffe, Zirkelminen, Keramik, Schmuck, Textilien, Steine, Zucker, Salz,...

Optische Kohärenztomografie

Interferenz und Doppler-Effekt in der Medizin

Veronika Doblhoff-Dier

Wo Doppler-Effekt und Interferenz die Anwendung treffen

Der Doppler-Effekt ist vielen Leuten vom Geräusch vorbeifahrender Feuerwehrautos bekannt; von Interferenz hat auch der eine oder andere schon einmal gehört. Aber wo (und ob) man so etwas im „wirklichen Leben“ brauchen könnte, ist vielen nicht klar.

Eine Anwendung beider Effekte möchte ich hier vorstellen: Es handelt sich um die optische Kohärenztomografie (engl.: optical coherence tomography, OCT). Grob gesagt ist es eine Methode, mittels kurz-kohärentem Licht streuende Materialien zu untersuchen. Eine Arbeitsgruppe des Institutes für medizinische Physik und biomedizinische Technik der Medizinischen Universität in Wien, der ich als Doktorandin angehöre, nutzt diese Methode zur nichtinvasiven Durchblutungsmessung im Auge. Dies ist ein wichtiges Forschungsgebiet, da viele Augenkrankheiten (z.B. Makuladegeneration, diabetische Retinopathie) mit Durchblutungsstörungen einhergehen. Eine Früherkennung solcher Störungen und daher frühere Behandlung der zugrundeliegenden Erkrankungen könnte Erblindungen verhindern oder zumindest verlangsamen.

Grundlagen von OCT

OCT basiert auf dem Interferometer: Eine Quelle emittiert kurz-kohärentes Licht. Dieses wird durch einen Strahlteiler in zwei Strahlen aufgespalten. Einer der Strahlen wird im so genannten „Referenzarm“ in einer bekannten Entfernung d_{ref} reflektiert. Der andere Strahl wird auf die zu untersuchende Probe geleitet („Samplearm“) und von dieser nach einer Distanz d_{sample} zurückgestreut. Im Strahlteiler werden die beiden Strahlen wieder vereinigt und auf einen Detektor geleitet (Abb. 1).

Ist der Unterschied ΔL in der optischen Weglänge der beiden Strahlen kleiner als die Kohärenzlänge, so kommt es zu Interferenz. Die am Detektor messbare Intensität I_0 ist dann

$$I_0 \propto |E_r|^2 + |E_s|^2 + 2|E_r| |E_s| \cos(2k \cdot \Delta L)$$

wobei $|E_r|^2$ und $|E_s|^2$ die jeweiligen Intensitäten von Refe-

renz- bzw. Samplearm sind; der letzte Term ist der Interferenzterm.

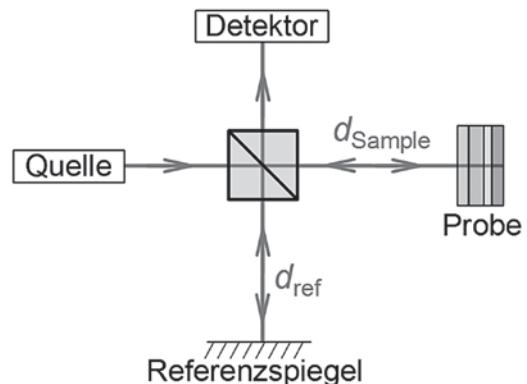


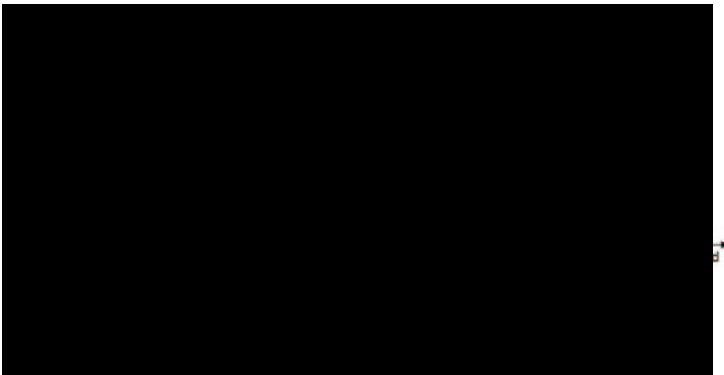
Abb. 1: Schematische Darstellung eines Interferometers

Fourier Domain OCT

Eine Probe mit mehreren Schichten unterschiedlicher optischer Dicke (wie beispielsweise der menschliche Augenhintergrund) kann nun beispielsweise durch Verändern der Länge des Referenzarmes vermessen werden: jedes Mal, wenn die Länge des Referenzarmes der des Samplearmes entspricht, ist Interferenz messbar. Diese Methode heißt „time domain OCT“ (TDOCT). Das Verändern der Referenzarmlänge in TDOCT ist jedoch zeitraubend, weswegen das sogenannte „Fourier domain OCT“-Verfahren (FDOCT) zur Anwendung kommt. Der Vorteil dieser Methode ist, dass dabei die gesamte Tiefeninformation auf einmal gemessen werden kann, wie im Weiteren vorgestellt wird.

Aus der oben angegebenen Formel für die Intensität ist ersichtlich, dass unterschiedliche Weglängendifferenzen unterschiedliche Oszillationsfrequenzen im Interferenzterm ergeben – jede Schicht der Probe resultiert also in einer bestimmten Frequenz im Interferenzterm. Durch ein Gitter vor dem Detektor wird der einfallende Strahl nach diesen Frequenzen aufgespalten. Eine Fouriertransformation dieses Signals ergibt schließlich wieder die Tiefeninformation (Abb. 2). Eine einzelne FDOCT-Messung gibt also gleich das gesamte Tiefenprofil an einem Punkt.

DI Veronika Doblhoff-Dier hat an der TU Wien Technische Physik studiert und arbeitet am Zentrum für Medizinische Physik und Biomedizinische Technik der Medizinischen Universität Wien an ihrer Dissertation. Gleichzeitig studiert sie Lehramt für Physik und Englisch.
E-Mail: veronika.doblhoff-dier@meduniwien.ac.at



mit bestimmter Frequenz (nach Davis, 2008)

Bewegt man den Messstrahl nun über die Probe (in unserem Fall den Augenhintergrund), so bekommt man einen „Schnitt“ durch die Schichten, aus denen der Augenhintergrund besteht (Abb. 3).

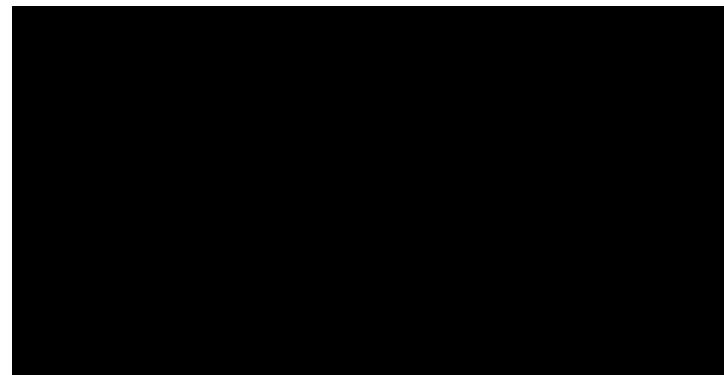


Abb. 3: FDOCT-Aufnahme des Augenhintergrundes mit seinen „Schichten“

Doppler OCT

Inzwischen ist klar, dass man mit Interferenz verschiedene Schichten im Auge vermessen kann. Was hat das aber alles mit dem Doppler-Effekt zu tun? Und wie kann man denn nun die Blutflussgeschwindigkeit messen?

Das Licht, mit dem man den Augenhintergrund vermisst, wird nicht nur von den ruhenden Gewebebeschichtungen reflektiert, sondern auch von bewegten Blutkörperchen (Abb. 4). Genau wie beim altbekannten Feuerwehrauto führt der Dopplereffekt auch bei den Blutkörperchen zu einer Phasenverschiebung $\Delta\Phi$ des Messstrahls. Kennt man die Wellenlänge λ_0 des Lichtes, den Auftreffwinkel α des Lichtstrahls auf das Blutgefäß, die Zeit τ zwischen zwei Messungen und den Brechungsindex n des Mediums, so kann man die Geschwindigkeit des Blutflusses ausrechnen.

Zweistrahliges Doppler OCT

Da der Dopplerwinkel α im Allgemeinen unbekannt ist, kann man sich mittels eines zweiten Messstrahles unterschiedlicher Polarisation behelfen. Die Formel für die Geschwindigkeit der Blutkörperchen beinhaltet dann nur noch den Winkel γ zwischen den beiden Messstrahlen und den Winkel β des Gefäßes in einer Ebene normal auf die beiden Strahlen. Letzterer kann aus einer Aufnahme des Augenhintergrundes, wie sie mit vielen kommerziellen Geräten leicht zu erhalten ist, einfach ausgemessen werden (Werkmeister et al., 2008).

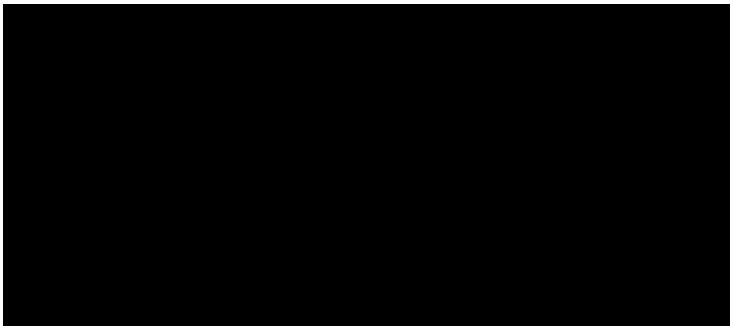


Abb. 5: Geschwindigkeitsmessung mittels zweistrahligem Doppler OCT

Messung der Blutflussgeschwindigkeit

Nach der Abhandlung der theoretischen Grundlagen stellt sich die Frage, wie denn jetzt die Praxis aussieht. Ein Großteil der Arbeit ist, nebst der anfänglichen Planung eines OCT-Aufbaus, die Justage von Spiegeln, Linsen, Strahlteilern und anderen optischen Komponenten. Da der Aufbau sehr sensitiv ist und die infraroten Messstrahlen mit freiem Auge nicht sichtbar sind, erfordert das viel Zeit und Geduld. Ein Foto des Aufbaus von René Werkmeister, der schon für medizinische Studien herangezogen wird, ist in Abb. 6 gezeigt.

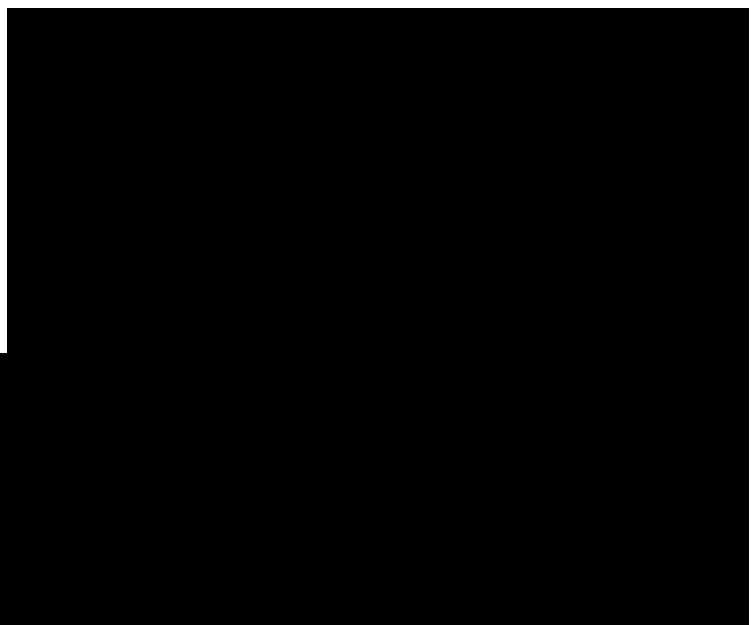


Abb. 4: Messung der Geschwindigkeit v der Blutkörperchen („Feuerwehrautos“) mittels Doppler-OCT



Abb. 7 zeigt, wie die Resultate einer Geschwindigkeitsmessung mit einem solchen System aussehen. Betrachtet man die Phaseninformation des in Abb. 3 gezeigten Bildes, so kann man deutlich die roten und blauen Gefäße erkennen. Die Farben sind dabei Falschfarben, die den Phasenwert angeben (gelb: keine Phasenverschiebung, blau: negative Phasenverschiebung, rot: positive Phasenverschiebung). Durch Mittelung der Gefäßdaten über mehrere Messungen kann die Genauigkeit der Auswertungen weiter erhöht werden.

Zusammenfassung

Schon als Schülerin waren für mich immer diejenigen Dinge am interessantesten, für die ich einen praxisnahen

Grund sah, sie zu lernen. Ich hoffe, dieser Artikel konnte einen Einblick geben, wieso ich mich ausgerechnet für OCT interessiere. Obwohl Interferenz und Dopplereffekt schon lange bekannt sind, können sie noch immer spannend sein, haben noch unerforschte Anwendungsgebiete.

Doppler-OCT ist aber nicht nur eine praktische Anwendung physikalischer Prinzipien. Es handelt sich vielmehr um ein aktuelles, faszinierendes Forschungsgebiet, das hoffentlich schon in allernächster Zeit zu einem fixen Bestandteil in der Ophthalmologie wird, und vielleicht in Zukunft vielen Menschen das Leben verbessern kann.

Bibliographie

- Davis, A. M. 2008. Development of Fourier domain optical coherence tomography for applications in developmental biology. Dissertation.
- Werkmeister, R. M., N. Dragostinoff, et al. 2008. Bidirectional Doppler Fourier-domain optical coherence tomography for measurement of absolute flow velocities in human retinal vessels. Opt. Lett. 33 (24): 2967-2969.
- Werkmeister, R. 2010. Dual-beam Bidirectional Doppler Fourier-Domain Optical Coherence Tomography. Dissertation.

BRITE-Constellation

Ein Netzwerk von 6 Nanosatelliten

Werner Weiss

Am Montag, 25. Februar, 13.22 Uhr MEZ, starteten die ersten zwei österreichischen Satelliten – UniBRITE für die Universität Wien und BRITE-Austria für die TU Graz – von Indien aus in eine Umlaufbahn, die die Satelliten in einer Höhe von 784 km entlang der Tag-Nachtgrenze in 101 Minuten die Erde umkreisen lässt. Beide Satelliten markieren damit den Beginn von **BRITE-Constellation**, einem weltweiten von Österreich ausgehenden Forschungsprojekt mit vorläufig sechs baugleichen Satelliten – paarweise aus Österreich, Kanada und Polen. Die direkt nach dem Start anschließende Test- bzw. Kommissionierungsphase nimmt bis zu 4 Monate in Anspruch. Danach beträgt die nominelle Mindestlebensdauer eines Satelliten zwei Jahre. Allerdings kann bei normaler Abnutzung der Elektronik, Optik und der mechanischen Komponenten eine Lebensdauer von bis zu 10 Jahren und darüber erwartet werden.

BRITE steht für **Bright Target Explorer**. Es handelt sich dabei um würfelförmige Nanosatelliten mit 20 cm Kantenlänge und nicht ganz 8 kg Masse. Ende 2005 hat die Universität Wien den Nanosatelliten UniBRITE als Teil des Förderprogramms „Universitäre Forschungsinfrastruktur III“ beim kanadischen Space Flight Laboratory der Universität Toronto in Auftrag gegeben. Dort wurde UniBRITE mit Beteiligung durch das Institut für Astronomie entwickelt und gebaut.

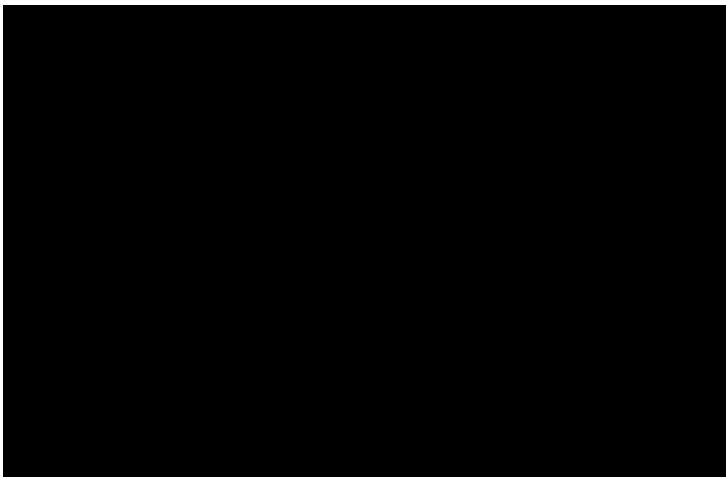


Abb. 1: Die Nano-Satelliten - wirklich klein!

Parallel zu UniBRITE wurde Anfang 2006 vom Institut für Kommunikationsnetze und Satellitenkommunikation (IKS) der TU-Graz im Rahmen des Österreichischen Weltraumprogrammes mit dem Bau von BRITE-Austria (TUG-SAT 1)

ao. Univ.-Prof. i. R. Dipl.-Ing. Dr. Werner Weiss leitet das Projekt Unibrite am Institut für Astrophysik der Universität Wien. (E-Mail: werner.weiss@univie.ac.at)

begonnen, dem ersten in Österreich gebauten Satelliten und Kopie von UniBRITE. Beide Satelliten bilden den Kern von **BRITE-Constellation**.

Bis 2006 waren die BRITE Satelliten für „weißes“ Licht konzipiert, d.h. die Farbempfindlichkeit entsprach im Wesentlichen der eines CCD-Detektors, wie er in modernen Digitalkameras eingesetzt wird. Durch die Verfügbarkeit von zwei Nanosatelliten war es jedoch möglich, den einen mittels spezieller Filter für den roten Farbbereich und den anderen für den blauen zu optimieren. Mit dieser 2-Farben Option eröffnete sich eine neue Dimension für die Diagnostik des inneren Aufbaus von Sternen vom Weltraum, weil dadurch geometrische und thermische Effekte in der Analyse der beobachteten Phänomene getrennt werden können. Kein anderer – und auch wesentlich größerer – Satellit zur Thematik der Langzeit-Präzisionsphotometrie (wie z.B. MOST, CoRoT und Kepler) hat diese Mehrfarbenoption! Somit ist **BRITE-Constellation** eine Innovation, die in ihrer wissenschaftlichen Bedeutung deutlich über die Leistung üblicher Nanosatelliten hinausgeht. Deshalb hat sich Polen und Kanada im Jahr 2010 dem Projekt **BRITE-Constellation** mit jeweils einem weiteren Paar von BRITE-Satelliten angeschlossen.

BRITE-Constellation wird Schwingungen und Temperaturvariationen von Flecken bei Sternen heller als 4. Größenklasse messen. Diese Sterne sind mit freiem Auge in einer klaren, dunklen Nacht sichtbar. Davon gibt es 534 Sterne am Himmel. Typische Zeitskalen für diese Helligkeitsvariationen reichen von weniger als einer halben Stunde bis zu mehreren Tagen und Wochen. Um solche Perioden sicher bestimmen und auch mehrere gleichzeitig auftretende Schwingungsperioden sicher trennen zu können, sind sehr lange lückenlose Beobachtungsreihen erforderlich. Diese Reihen umfassen viele Wochen, Monate und sogar Jahre. Bilder im klassischen Sinn werden die Satelliten nicht liefern, weil die Instrumente mit Absicht leicht defokussiert sind. Die geforderte Messgenauigkeit der Sternintensitäten wird durch Verteilen des Lichts auf mehrere Bildelemente des Detektors durch eine unscharfe Abbildung erreicht. Es geht bei **BRITE-Constellation** um möglichst genaue Messung von Sternintensitäten und nicht um das scharfe Abbilden des Satellitenhimmels.

BRITE-Constellation wird im Mittel gleichzeitig etwa 10 helle Sterne und möglichst viele schwächere im Gesichtsfeld der Teleskope von jeweils 24 Grad photometrieren. Die gewonnenen Daten werden damit eine Quantität und Präzision aufweisen, wie sie bislang für helle Sterne noch

nicht vorliegen. Vom Erdboden aus ist es nämlich leider oft unmöglich, die nötige photometrische Genauigkeit und unterbrechungsfreie Datensätze zu bekommen, weil Schlechtwetter und der Tag-Nacht Zyklus die Beobachtungen erheblich beeinträchtigen und sich die atmosphärischen Bedingungen selbst kleinräumig ständig ändern, was gerade bei so hellen Sternen, die am Himmel meist relativ weit auseinander liegen, ein großes Problem darstellt.

Die primären wissenschaftlichen Ziele von **BRITE-Constellation** sind die Untersuchung von hellen Sternen mit mittlerer bis hoher Masse in den unterschiedlichen Entwicklungsphasen: von der Kondensation aus dem interstellaren Medium, dem Beginn des Wasserstoffbrennens, bis hin zur Entwicklung zu (Roten) Riesen und dem Verglühen der Sterne. Massereiche Sterne sind heißer, entwickeln sich schneller und sterben früher. Sie haben eine große Leuchtkraft und sind sehr wichtig für die Ökologie des Universums, da sie in ihrer Endphase als Supernova sehr viel Masse verlieren. Das interstellare Medium wird dadurch mit „Metallen“ angereichert und diese sind wiederum Voraussetzung für die Entstehung von neuen Sternen, Planeten und letztlich auch für die Bildung von Leben.

Sterne mit mittlerer Masse verglühen nicht als Supernova, sondern bilden mit ihrer äußeren Hülle „planetarische Nebel“. Wenn am Ende ihrer Entwicklung das nukleare Brennen im Kern der Sterne zu Ende geht, reichern auch sie das interstellare Medium mit „Metallen“ (in der Astronomie: Elemente schwerer als Helium) an und zeigen beispielhaft, wie sich unsere Sonne im Laufe ihrer Entwicklung verändert hat und noch verändern wird.

Weiters wird die Rolle von stellaren Winden im interstellaren Materiekreislauf durch **BRITE-Constellation** genauer untersucht und der Versuch unternommen, über Pulsation von Sternen mit Hilfe der Astroseismologie das Alter und die Entwicklung dieser Sterne zu bestimmen. **BRITE-Constellation** hat noch ein anderes Problem im Visier: die Bestimmung der Größe von konvektiven Kernen von Sternen, den Einfluss von Rotation des Sterns auf dessen Entwicklung und die Wechselwirkungen mit dem stellaren Magnetfeld.

Weitere wichtige Komponenten für **BRITE-Constellation** dienen dem Kontakt mit den Satelliten und ermöglichen die Bedienung der einzelnen Raumsonden. Drei Bodenstationen wird es dazu in Österreich geben. Das Koordinationszentrum ist an der Technischen Universität in Graz eingerichtet, unterstützt wird dieses von zwei zusätzlichen Bodenstationen auf Dächern der Technischen Universität in Wien und der Universitätssternwarte in Wien. Andere Bodensegmente dienen der Archivierung der Daten.

Eine weitere wichtige Komponente ist die komplementäre Beobachtung von **BRITE** Objekten mit Teleskopen auf der Erde zum Beispiel mit Spektrographen, Interferometern oder im infraroten Spektralbereich, was für ein Ausschöpfen des wissenschaftlichen Informationsgehaltes der Beobachtungen von **BRITE-Constellation** sehr hilfreich ist.

Für diese Aktivitäten wurde eine eigene Organisation mit starker internationaler Beteiligung geschaffen, das **BRITE** Ground Based Observations Team (GBOT), welches von Konstanze Zwintz geleitet wird, die über Jahre am Institut für Astronomie der Universität Wien studiert, promoviert und geforscht hat und die derzeit an der Universität Leuven, Belgien, arbeitet.

Bei all den guten Nachrichten gibt es aber auch sehr kritische Momente im Projekt. Am 15. März erreichte das Team die Nachricht vom Joint Space Operations Center der US-Airforce, dass sich der im Jahr 1990 gestartete OSCAR-15 Satellit unserem **UniBRITE** auf 255 m nähern wird, wobei die Abschätzungsgenauigkeit nur wenig unter 100 m lag. Wird es einen Zusammenstoß im Weltraum geben? Zwei Tage später konnten die Angaben präzisiert werden. Die Distanz schrumpfte zwar auf 178 m, aber die Unsicherheit lag nur noch bei etwa 10 m. Inzwischen wissen wir, dass es keinen Zusammenstoß gab. Mit solchen Schockerlebnissen wird aber auch in Zukunft zu rechnen sein. Der erdnahen Weltraum ist inzwischen mit tausenden Flugkörpern, großen und kleinen Satelliten, Raketenröhren und sonstigem Schrott, belastet.

Die Verfügbarkeit von 6 Nanosatelliten zur Mehrfarben-Präzisionsphotometrie von hellen Sternen positioniert österreichische Forschung international im Spitzenfeld:

- die Universität Wien auf dem Gebiet der Astroseismologie (Struktur von Sternen)
- die TU Graz auf dem Gebiet der Weltraumtechnologie (Entwicklung und Bau von Satellitenhardware, Lagestabilisierung von Nanosatelliten)
- beide Institutionen auf dem Gebiet der Projektentwicklung und des Projektmanagements, sowie der Studentenausbildung.

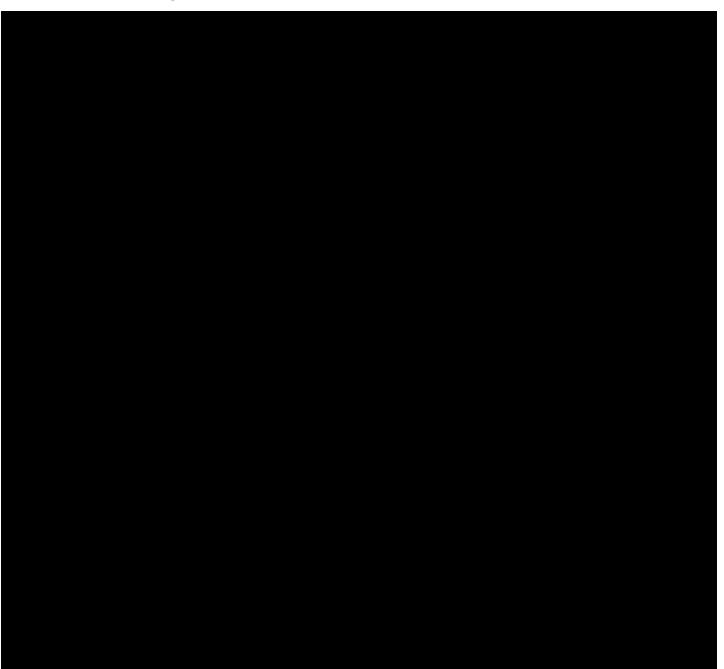


Abb. 2: Flugbahn entlang der Schattengrenze

Die Elemente des beschleunigten Universums

Physik-Nobelpreis 2011

Helmut Rumpf

Die Soziologie einer Entdeckung

Der Nobelpreis 2011 für Physik wurde „für die Entdeckung der beschleunigten Expansion des Universums durch Beobachtungen ferner Supernovae“ zur Hälfte an Saul Perlmutter (University of California, Berkeley, USA) und zur anderen Hälfte gemeinsam an Brian Schmidt (Australian National University, Weston Creek, Australien) und Adam Riess (Johns Hopkins University und Space Telescope Science Institute, Baltimore, USA) verliehen. Bei den Preisträgern handelt es sich um die Leiter zweier rivalisierender internationaler Teams beobachtender Astronomen, nämlich des „Supernova Cosmology Project“ einerseits und des „High-Z Supernova Search Team“ andererseits. Beide Projekte sind derzeit noch im Gange, ihre Anfänge reichen in die 1980er Jahre zurück. Die preisgekrönte Entdeckung wurde nach jahrelangen Beobachtungen im Jahr 1998 veröffentlicht und damals von der angesehenen Fachzeitschrift *Science* als „Breakthrough of the Year“, also die bedeutendste naturwissenschaftliche Entdeckung des Jahres, gewürdigt. Die ihr zu Grunde liegenden Beobachtungsergebnisse lassen sich übersichtlich in einem sogenannten Hubble-Diagramm (Abb. 1) darstellen, das die scheinbare Helligkeit weit entfernter Sternexplosionen, sogenannter Supernovae vom Typ Ia, in Abhängigkeit von ihrer kosmologischen Rotverschiebung wiedergibt. Die Brisanz der so erhaltenen Messkurve lag in ihrer theoretischen Interpretation: Die einfachste Erklärung, die immer raschere Expansion des Universums, widersprach nämlich dem etablierten Weltmodell der Kosmologie.

Der Hauptteil dieses Aufsatzes soll zeigen, wie man ausgehend von einfachen Beobachtungen und mit minimalem theoretischem Aufwand (Schulmathematik genügt) zunächst zum alten und dann zum neuen Standardmodell der Kosmologie gelangt. Schließlich wird diese Interpretation des Hubble-Diagramms auch kritisch hinterfragt.

Empirische Grundtatsachen und das Kosmologische Prinzip

Die für die Kosmologie interessanten „Signale“ des Universums kommen von weit her und sind nur mit hohem technischen Aufwand zu entschlüsseln. Es gibt jedoch ein kosmologisches „Experiment“, das jeder von uns mit mini-

Ao. Univ.Prof. Dr. Helmut Rumpf, Universität Wien, Fakultät für Physik,
AG Gravitationsphysik; E-Mail: helmut.rumpf@univie.ac.at

malem Aufwand selbst durchführen kann: die schlichte Beobachtung, dass der Nachthimmel dunkel ist. Warum ist das bemerkenswert? Schon Johannes Kepler erkannte, dass diese Beobachtung dem (bis ca. 1930 bevorzugten) physikalischen Modell eines – im Mittel – statischen und homogenen unendlichen Universums widerspricht. Dieses von Heinrich Olbers 1826 formulierte Paradoxon enthielt die erste exakte kosmologische Fragestellung: Warum hat der Himmel nicht dieselbe Flächenhelligkeit wie die Sonne? Eine solche ist nämlich bei räumlich und zeitlich konstanter mittlerer Zahldichte der Sterne zu erwarten (wenn letztere auch noch so klein sein mag), weil dann in jeder Blickrichtung ein Stern liegt und die Flächenhelligkeit eines Sterns (zumindest im Rahmen der euklidischen Geometrie) nicht von seinem Abstand abhängt. (Wegen des zu erwartenden thermischen Gleichgewichts fällt auch die Abschirmung durch Dunkelwolken weg, weil Gas- und Staubwolken die Oberflächentemperatur der Sterne annehmen und daher selbst leuchten müssten – mit dem Olbersschen Paradoxon verwandt ist offenbar die historisch erst später aufgeworfene Frage, warum das Universum nicht schon längst den „Wärmetod“, d.h. den Zustand maximaler Entropie, erreicht hat.) Die Dunkelheit des Nachthimmels impliziert also, dass das Universum nicht homogen und statisch sein kann (zumindest nicht unter der Voraussetzung der euklidischen Geometrie des Raumes, die sich inzwischen als sehr gut erfüllt erwiesen hat).

Tatsächlich zeigen astronomische Beobachtungen, dass das Universum auf großen Skalen homogen ist. Es gibt zwar eine Hierarchie von Strukturen (Sternhaufen, Galaxien, Galaxienhaufen, ...), aber deren Größe ist mit etwa einer Milliarde Lichtjahre begrenzt (das ist die Ausdehnung der größten zusammenhängenden Strukturen, der sogenannten „großen Mauern“). Zumindest nach Mittelung über diese Skala, die noch immer klein ist im Vergleich zur linearen Ausdehnung des gesamten heute sichtbaren Universums von ca. 10^{11} Lichtjahren, erscheint das Universum homogen. Es kann daher nicht statisch sein. Dieser Schluss wird durch weitere Beobachtungen bestätigt, die eine Evolution des Universums beginnend mit einer sehr heißen Frühphase – dem berühmten „Urknall“ – vor ca. 14 Milliarden Jahren belegen.

Ein weiteres wichtiges Beobachtungsresultat ist die Isotropie des Universums, d.h. es ist keine Richtung ausgezeichnet. Homogenität impliziert nicht Isotropie (man denke etwa an einen anisotropen Kristall), aber Isotropie in jedem Punkt impliziert Homogenität. Die Isotropie lässt sich

tatsächlich nur für unseren Beobachtungsort verifizieren. Geht man aber davon aus, dass unser Ort im Universum kein besonderer ist, kommt man zur Aussage des *Kosmologischen Prinzips*: *Das Universum ist homogen und isotrop*. Diese Aussage ist der Ausgangspunkt für die folgenden theoretischen Überlegungen.

Hubble-Gesetz und Rotverschiebung

Das Kosmologische Prinzip allein lässt auch ein statisches Universum zu. Dieses wird theoretisch erst durch die Dynamik ausgeschlossen. Wir interessieren uns zunächst nur für die kinematischen Konsequenzen des Kosmologischen Prinzips. Was ist das allgemeinste Bewegungsmuster, das mit ihm verträglich ist?

Aus der Isotropie folgt, dass eine Relativbewegung zweier (hinreichend großer) Objekte nur entlang ihrer Verbindungsgeraden erfolgen kann. Für einen Beobachter bedeutet das, dass sich entweder alle Objekte von ihm entfernen oder sich ihm nähern, jeweils entlang der Sichtlinie. Dieses Muster zeichnet zunächst einen Beobachter vor allen anderen aus, tut es aber genau dann nicht, wenn die Relativgeschwindigkeit v zweier Objekte proportional zu ihrem Abstand r ist, d.h. $v = Hr$ mit einer Konstanten H . Dies ist das berühmte *Hubble-Gesetz*. Die *Hubble-Konstante* H ist orts- und richtungsunabhängig, kann aber mit der Zeit variieren. Dass das Hubble-Gesetz für jeden Beobachter gilt, macht man sich am besten am eindimensionalen Modell eines Gummibandes klar, indem man auf diesem Marken anbringt, die Beobachter repräsentieren, und es dann auseinanderzieht. Das häufiger verwendete zweidimensionale Ballonmodell ist didaktisch weniger geeignet, weil es erstens ein geschlossenes Universum suggeriert und zweitens die Gefahr birgt, dass der Laie die Expansion des Ballonvolumens statt jener der Ballonoberfläche mit der Expansion des Universums identifiziert. Im Hubble-Gesetz sind für v , H und r die Werte zu einem und demselben Zeitpunkt einzusetzen, was wegen der Relativität der Gleichzeitigkeit die Frage aufwirft, in welchem Bezugssystem diese Aussage gilt. Dieses Bezugssystem wird (bis auf Translation) eindeutig durch die Eigenschaft definiert, dass in ihm das Kosmologische Prinzip gilt. Dieses zeichnet also eine Zeitkoordinate t , die sogenannte kosmische Zeit, aus. Sie wird von Uhren angezeigt, die selbst dem beschriebenen Bewegungsmuster folgen und durch die Bedingung synchronisiert werden, dass zu einem (und daher jedem) Zeitpunkt t das Universum räumlich homogen ist.

Wir haben hier das Hubble-Gesetz allein aus dem Kosmologischen Prinzip gewonnen. Historisch wurde es zuerst 1927 von Lemaître aus der allgemeinen Relativitätstheorie hergeleitet. Hubble formulierte das Gesetz 1929 als Resultat Jahrzehntelanger Messungen der Rotverschiebung von Galaxienспектren, war sich aber nicht sicher, dass man den Doppler-Effekt für deren Interpretation heranziehen darf. Dem Phänomen der Rotverschiebung wenden wir uns als nächstes zu.

Äquivalent zum Hubble-Gesetz lässt sich die Zeitentwicklung der Abstände im Universum durch einen zeitabhängigen *Skalenfaktor* $a(t)$ beschreiben, so dass ein Abstand, der $r(t_1)$ zum Zeitpunkt t_1 beträgt, zum Zeitpunkt t_2 den Wert $r(t_2) = r(t_1)[a(t_2)/a(t_1)]$ hat. Wie man sieht, ist der Skalenfaktor nur bis auf Multiplikation mit einer Konstanten eindeutig, daher gilt für jeden Abstand $r(t) = a(t)x$ mit einem gewissen konstanten x . Die entsprechende Relativgeschwindigkeit

$$\text{ist } v = \frac{dr}{dt} = \dot{a}x = \frac{\dot{a}}{a}r$$

(Der hochgestellte Punkt bedeutet die Zeitableitung.) Wir erhalten also wieder das Hubble-Gesetz $H = \dot{a}/a$ mit Die Relativgeschwindigkeit wird über den Doppler-Effekt gemessen. Die klassische Doppler-Formel für die Verschiebung der Frequenz f einer monochromatischen Lichtquelle,

$$\frac{\Delta f}{f} = -\frac{v}{c},$$

(c ist die Lichtgeschwindigkeit und $v > 0$ bedeutet „Flucht“) ist nur für Relativgeschwindigkeiten $v \ll c$ eine gute Näherung. Wir betrachten zunächst den Fall, dass Sender und Empfänger einander so nahe sind, dass $v \ll c$ und ihre Abstände r_1 und r_2 zum Sende- bzw. Empfangszeitpunkt annähernd denselben Wert r haben. Dann erhalten wir nach Einsetzen des Hubble-Gesetzes

$$\frac{\Delta f}{f} \approx -\frac{\dot{a}r}{ac} \approx -\frac{\dot{a}}{a} \Delta t = -\frac{\Delta a}{a}$$

wo Δt die Lichtlaufzeit und Δa die entsprechende Änderung des Skalenfaktors bedeutet. Für infinitesimale Inkremente gilt daher

$$\frac{df}{f} = -\frac{da}{a}$$

Die Integration dieser Gleichung liefert das Resultat für beliebigen Abstand: $f \propto a^{-1}$ oder für die Wellenlänge $\lambda = c/f \propto a$ bzw.

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

Diese sogenannte Rotverschiebungsformel besagt, dass die Wellenlänge des Lichts ebenso der Expansion des Universums unterliegt wie die Abstände der Galaxien. Die numerische Rotverschiebung z wird definiert durch die „Dehnung“ der Wellenlänge zwischen Emission und Empfang:

$$z \equiv \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1}$$

Aus der Rotverschiebungsformel folgt für das Verhältnis der Skalenfaktoren zum Zeitpunkt von Empfang bzw. Emission

$$\frac{a_2}{a_1} = 1 + z$$

Die große Überraschung: kosmische Akzeleration

In unsere bisherigen Schlüsse ist noch keinerlei Dynamik eingegangen. Tatsächlich reicht für das prinzipielle Verständnis der Entdeckung des Jahres 1998 folgendes Wissen über die Dynamik des Universums aus: Im großen Maßstab wirkt allein die Schwerkraft, diese ist anziehend und von unbegrenzter Reichweite. Diese Eigenschaften reichen für die Erklärung, warum das Universum nicht statisch sein kann: Ohne Gegenkraft können einander anziehende Objekte nicht in Ruhe verharren.

Newton glaubte ein statisches Universum durch dessen unendliche Ausdehnung erklären zu können: Unter der Voraussetzung der Homogenität ist dann die Gesamtkraft auf jeden Massenpunkt gleich Null. Dieses Argument ist aber trügerisch, weil es nicht ausschließt, dass die Kraft nur im Ruhystem jedes Massenpunkts verschwindet, während die Massenpunkte relativ zueinander beschleunigt sind. Wir werden im nächsten Abschnitt sehen, dass genau dies der Fall ist. Das Universum muss also entweder expandieren oder kontrahieren. Was von beiden zutrifft, kann nur durch Beobachtung geklärt werden. Diese liefert über die Rotverschiebung eine positive Hubble-Konstante und daher Expansion.

Außerdem ist der folgende Schluss über die Expansionsgeschichte unausweichlich: Wegen der Gravitationsanziehung nimmt die Relativgeschwindigkeit zweier Objekte mit der Zeit ab, d.h. die Expansion des Universums wird gebremst. Daher ist die Zeit $r_0 / v_0 = H_0^{-1}$ eine obere Schranke für das Alter des Universums T_0 (der Index 0 bezieht sich immer auf die heutigen Werte zeitabhängiger Größen). Denn offenbar waren alle Abstände r einmal gleich 0, und dieser Zustand unendlicher Dichte markiert den als Urknall bezeichneten explosionsartigen zeitlichen Beginn des Universums. Diese mathematische Anfangssingularität ist in der klassischen Gravitationstheorie unvermeidlich, wird aber sicherlich durch Quanteneffekte gemildert.

Wie lässt sich die Abbremsung der Expansion („Dezeleration“) des Universums empirisch überprüfen? Dazu stellen wir uns die Frage nach dem heutigen Abstand r_0 eines Objekts, das mit Rotverschiebung z beobachtet wird. Offenbar gilt: Je größer die „normierte“ Expansionsgeschwindigkeit $v(t)/r_0$ umso kürzer ist die Zeitspanne zwischen der Emission im Abstand und dem Erreichen des heutigen Abstands r_0 , also die Lichtlaufzeit und daher auch die expandierte Lichtlaufstrecke r_0 selbst (explizit ist dies in der Formel für die Funktion $r_0(z)$ zu sehen, die am Ende dieses Abschnitts hergeleitet wird). Im Fall der Dezeleration ist $v(t)/r_0$ auf den heutigen Wert $r_1 = r_0/(z+1)$ abgefallen, im gegenliegenden Fall der „Akzeleration“ aber angestiegen. $v(t)/r_0$ war im Fall der Akzeleration also kleiner, der Abstand r_0 ist daher größer als im Fall der Dezeleration. Misst man die Werte von z und r_0 für möglichst viele Objekte, kann man im Prinzip sogar die ganze Expansionsgeschichte des Universums rekonstruieren. Genau das ist das Ziel der Supernovadurchmusterungen.

Die Supernovae werden zur Abstandsbestimmung benötigt. Während nämlich die Messung der Rotverschiebung der Spektrallinien einer fernen Galaxie im Prinzip sehr einfach ist – es ist „nur“ ein lichtstarkes Teleskop notwendig –, benötigt die Abstandsmessung Lichtquellen mit bekannter absoluter Leuchtkraft (Strahlungsleistung), sogenannte Standardkerzen. Die hellsten bekannten Standardkerzen sind die als Supernovae vom Typ Ia bezeichneten Sternexplosionen. Sie sind alle von etwa gleicher Leuchtkraft, weil ihnen ein wesentlicher Parameter gemeinsam ist, nämlich die Masse: Ein Weißer Zwerg (das kompakte Endprodukt der Entwicklung eines sonnenähnlichen Sterns, das hauptsächlich aus Kohlenstoff und Sauerstoff besteht) akkretiert so lange Material von einem Partnerstern, bis er die Chandrasekhar-Grenze von ca. 1,4 Sonnenmassen überschreitet. Anschließend kann auch der Fermidruck des entarteten Elektronengases, das den Weißen Zwerg zuvor stabilisiert hat, der Gravitation nicht mehr standhalten. Es kommt zum Kollaps und dadurch zur „Zündung“ der Kernfusion, die in die thermonukleare Detonation des ganzen Sterns mündet. Die von den radioaktiven Fusionsprodukten erzeugte Strahlung kann mehrere Wochen lang im sichtbaren Bereich eine ganze Galaxie an Helligkeit übertreffen und macht Supernovae vom Typ Ia bis zu Entfernnungen entsprechend $z \approx 1$ von der Erde aus teleskopisch nachweisbar, vom Hubble-Weltraumteleskop sogar noch weiter. Obwohl Supernovae innerhalb einer Galaxie seltene Ereignisse sind, gibt es genügend viele nahe Galaxien, um ihre Entdeckung zu einem Routineereignis zu machen, das ca. wöchentlich stattfindet. Diese Galaxien werden anschließend spektroskopiert und dadurch kennt man ihre Rotverschiebung und Entfernung.

Die Entfernung r_0 folgt aus dem Zusammenhang zwischen scheinbarer Helligkeit (Energiedichten) I und der absoluten Leuchtkraft (Strahlungsleistung) L :

$$I = \frac{L}{4\pi r_0^2 (1+z)^2}$$

Der Nenner setzt sich zusammen aus dem Flächeninhalt der von der (isotrop vorausgesetzten) Strahlung zum Empfangszeitpunkt durchströmten Kugeloberfläche (unter der Annahme euklidischer Geometrie) und dem Quadrat des Rotverschiebungsfaktors $1+z$, weil sowohl die Photonenrate als auch die Energie pro Photon von der Rotverschiebung betroffen sind.

Die Messergebnisse werden üblicherweise in einem *Hubble-Diagramm* dargestellt: Die Abszisse ist $\log z$ und die Ordinate die (abschwächungskorrigierte) astronomische Größenklasse $m = -(5/2)\log(l/l_*)$; \log steht für den Zehnerlogarithmus und l_* für eine Referenzhelligkeit entsprechend einem Stern 0. Größe. Die Abb. 1 zeigt das historische Diagramm aus dem Jahr 1998 für Supernovae vom Typ Ia zusammen mit theoretischen Vergleichskurven, die drei verschiedene dynamische Weltmodelle repräsentieren (die sie charakterisierenden Parameter Ω_M und Ω_Λ werden im nächsten Abschnitt erläutert). Auf der Ordinate ist statt m der sogenannte Entfernungsmodul $m - M$ (bis auf einen Faktor und eine Verschiebung identisch mit dem Logarithmus der naiven „Leuchtkraftentfernung“ $(L/(4\pi l))^{1/2}$)

aufgetragen, wobei M die absolute Größenklasse (definiert als die Größenklasse, unter der das Objekt im Abstand von 10 Parsec = 32.6 Lichtjahren erscheint) bedeutet. (Da die Supernovae keine idealen Standardkerzen sind, variiert M von Fall zu Fall, kann aber auf Grund einer empirischen Relation aus der Lichtkurve, d.h. dem zeitlichen Verlauf der scheinbaren Helligkeit, bestimmt werden.) $\Omega_\Lambda > 0$ impliziert Akzeleration; man sieht, dass die Messdaten ein akzelerierendes Universum gegenüber einem dezelerierenden bevorzugen – wider alle Erwartung!

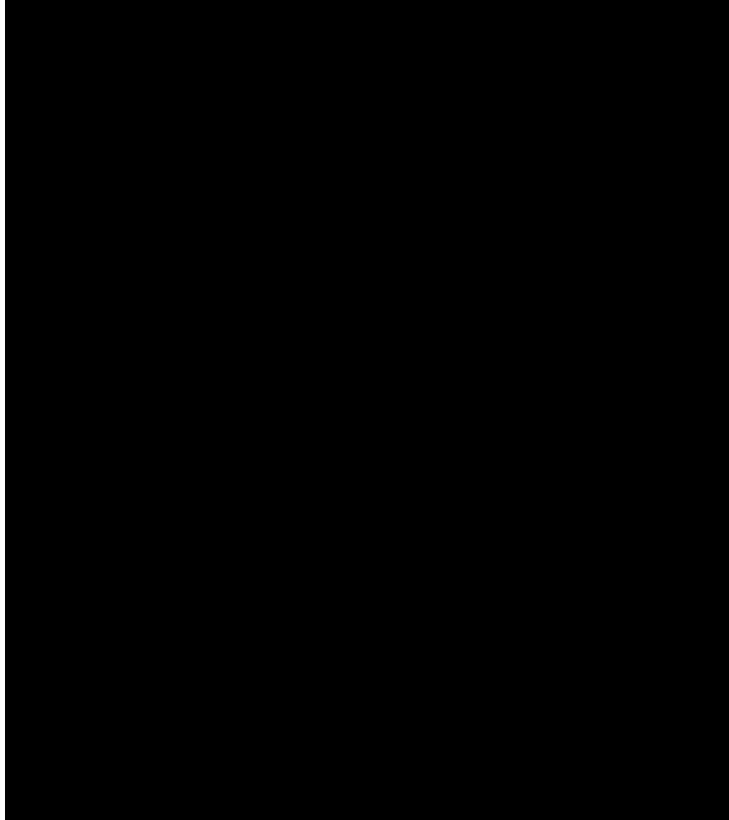


Abb. 1: Hubble-Diagramm aus dem Jahr 1998 in 2 Darstellungen. Die untere „relative“ Darstellung verdeutlicht die Abweichung der Messdaten von der Vorhersage des alten Standardmodells $\Omega_M = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.0$ dargestellt durch die horizontale punktierte Gerade. Die ausgezogene Linie ist der beste dynamische Fit und entspricht dem neuen Standardmodell $\Omega_M = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.7$.

Die theoretischen Kurven im Diagramm beruhen auf der exakten Formel für die Funktion $r_0(z)$ in Termen des dynamisch bestimmten Skalenfaktors $a(t)$ (auf seine Dynamik wird im nächsten Abschnitt eingegangen). Diese Formel gewinnt man durch Betrachten des Lichtwegs vom Objekt zum Beobachter: Das dem Zeitintervall dt entsprechende Inkrement $c dt$ der Lichtweglänge zum Zeitpunkt t wird zum heutigen Abstandsinkrement $dr_0(z) = (a/a(t)) c dt$ expandiert. Aus $dt = da/\dot{a}$ und $da = d(a_0/(1+z)) = -(a_0/(1+z)^2) dz$ folgt

$$dt = -\frac{a_0}{\dot{a}} \frac{dz}{(1+z)^2} \quad \text{und} \quad dr_0 = -c \frac{a_0}{\dot{a}} \frac{dz}{1+z}$$

Integration liefert

$$r_0(z) = c \int_0^z \frac{a_0}{\dot{a}} \frac{dz'}{1+z'}$$

In diese Formel geht die ganze Expansionsgeschichte seit

dem der Rotverschiebung z entsprechenden Zeitpunkt

$$t_1(z) = t_0 - \int_0^z \frac{a_0}{\dot{a}} \frac{dz'}{(1+z')^2}$$

ein. Die exakte Abhängigkeit des Faktors a_0/\dot{a} von z wird im nächsten Abschnitt bestimmt (Gleichung (6)). Für $z \ll 1$ ist es aber sinnvoll, $a(t)$ um t_0 nach Taylor zu entwickeln und bei der 2. Ordnung abzubrechen. Man erhält so

$$r_0 \approx \frac{c}{H_0} \left(z - \frac{1+q_0}{2} z^2 \right).$$

Hier ist q_0 der heutige Wert des dimensionslosen Dezelerationsparameters

$$q \equiv -\frac{a \ddot{a}}{\dot{a}^2},$$

der die Hubble-Beschleunigung $\dot{v} = -H^2 qr$ bestimmt. Negatives q bedeutet daher Akzeleration.

Die Abb. 2 zeigt den Vergleich neuerer Supernova-Messdaten mit rein kinematischen Annahmen über die Zeitentwicklung der Funktion $q(z)$. Einige Messdaten (durch volle Punkte markiert) stammen von Supernovae, die zufällig in der „Ultra Deep Field“-Aufnahme des Hubble-Weltraumteleskops entdeckt wurden, darunter die am weitesten entfernte mit $z \approx 1.7$ (dieser Wert ist allerdings nicht spektroskopisch bestätigt). Die Daten entsprechen eindeutig einem negativen q_0 (und zwar $q_0 \approx -0.5$), also kosmischer Akzeleration!

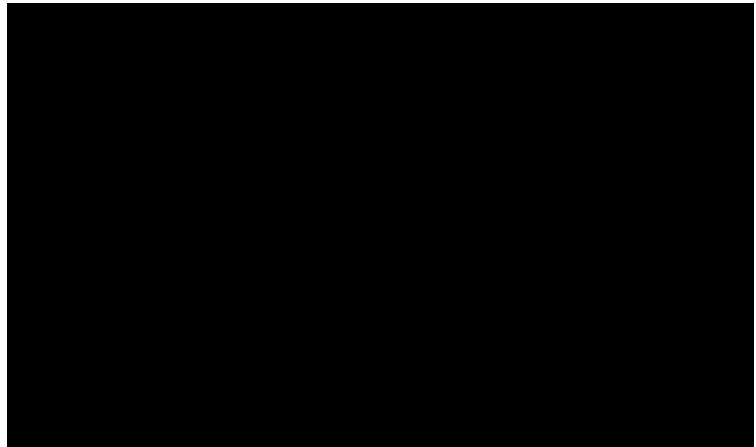


Abb. 2: Relatives Hubble-Diagramm aus dem Jahr 2004, bezogen auf den Fall eines „frei driftenden“ Universums ($q = 0$), dargestellt durch die horizontale punktierte Gerade. Im unteren Teil wurden die Daten zur besseren Übersicht gemittelt und gebinnt. Die passendsten kinematischen Modelle beschreiben ein Universum, das zu $z \approx 0.5$, d.h. vor ca. 5 Mrd Jahren, von Abbremsung in Beschleunigung überging.

Was treibt die Welt auseinander?

Die kosmische Akzeleration widerspricht offenbar unserer Vorstellung vom anziehenden Charakter der Gravitation. Statt nach einer neuen Wechselwirkung zu suchen stellen wir uns die Frage, ob Gravitation unter Umständen nicht doch abstoßend sein kann. Dazu müssen wir uns etwas genauer mit der Dynamik des Universums befassen. Glücklicherweise reduziert sich die dafür eigentlich zuständige allgemeine Relativitätstheorie in unserem einfachen Welt-

modell effektiv auf die Newtonsche Theorie, die allerdings – wie weiter unten ausgeführt – einer Neuinterpretation bedarf. Der Grund für diese Vereinfachung ist das Kosmologische Prinzip. Die darin enthaltene Homogenität impliziert nämlich: Kennen wir die Welt im Kleinen, dann kennen wir sie auch im Großen. Es genügt daher z.B., aus unserem (modellhaft völlig homogenisierten) Universum eine Kugel mit beliebig kleinem Radius r herauszugreifen. Stellen wir uns zunächst einmal vor, dass wir diese Kugel völlig von Materie entleeren, d.h. einen Hohlraum im Universum erzeugen. Die Massenverteilung außerhalb der Hohlkugel ist sphärisch symmetrisch. Das hat bekanntlich in der Newtonschen Theorie die Konsequenz, dass das Gravitationsfeld im Hohlraum verschwindet (eine Aussage der Potentialtheorie, die Newton selbst noch nicht bekannt war). Dieselbe Aussage gilt auch in der allgemeinen Relativitätstheorie (und ist dort als Birkhoff-Theorem bekannt). Wir können also die Kugel so behandeln, als wäre sie von Vakuum umgeben. Füllen wir sie jetzt wieder mit Materie an, bis die mittlere Massendichte des Universums erreicht ist, so besteht wegen der Kleinheit dieser Dichte (ca. 10^{-30} g/cm^3) und der beliebigen Kleinheit der Kugel kein Zweifel daran, dass die Newtonsche Theorie für die Beschreibung dieser Materieverteilung vollauf genügt.

Wir interessieren uns für die Bewegung der Materie in einer dünnen Kugelschale mit Radius $r(t)$. Auf sie wirkt die Gravitationsanziehung der von ihr eingeschlossenen Masse, $M = (4\pi/3)\rho r^3$ wo ρ die räumlich konstante Massendichte des Universums bedeutet. Aus diesem Grunde kann r nicht konstant sein (womit das am Beginn des vorangehenden Abschnitts zitierte Newtonsche Argument widerlegt ist). Da M offenbar zeitlich konstant ist, ist die Zeitentwicklung $r(t)$ bei vorgegebenem $r(t_0)$ und $v(t_0)$ identisch mit der Lösung für den senkrechten Wurf weg von einem sphärischen Himmelskörper der Masse M (solange $r(t)$ größer als der Radius des Himmelskörpers ist). Dieses eindimensionale Problem lässt sich über den Energiesatz lösen. Die Energie pro Masse in der Kugelschale ist die Summe aus der spezifischen kinetischen und der spezifischen potenziellen Energie (letztere enthält die Newtonsche Gravitationskonstante G):

$$\frac{\dot{r}^2}{2} - \frac{GM}{r} = \text{const} = -\frac{k}{2} \quad (1)$$

oder

$$\dot{r}^2 = \frac{8\pi G\rho}{3} r^2 - k \quad (2)$$

Das Vorzeichen von k (bzw. der Gesamtenergie) entscheidet darüber, ob das Universum ewig expandiert ($k < 0$, entspricht dem Überschreiten der Fluchtgeschwindigkeit beim Wurf) oder es zur Umkehrung der Expansion in Kontraktion kommt ($k > 0$, entspricht einem Wurf mit endlicher Maximalhöhe). Der Grenzfall $k=0$ ist gleichbedeutend mit

$$\rho = \frac{3H^2}{8\pi G} = \rho_{\text{crit}} ,$$

wo wir gemäß dem Hubble-Gesetz $\dot{r}/r = H$ gesetzt haben. Zum Rekollaps kommt es nur, wenn $\rho > \rho_{\text{crit}}$.

Da die Gleichung (1) eine Konsequenz des Newtonschen Gravitationsgesetzes ist, schließt sie die kosmische Akzeleration aus: \dot{r} nimmt monoton ab. Die einzige Möglichkeit, im Rahmen der Newtonschen Theorie Akzeleration zu erhalten, besteht darin, die Masse M negativ zu machen. Diese mathematische Möglichkeit ist aber aus physikalischen Gründen auszuschließen: Die kinetische Energie eines Teilchen mit negativer Masse ist nicht nach unten beschränkt. Solchen Teilchen könnte man daher beliebig viel Energie entziehen, und das würde die Welt auf katastrophale Weise destabilisieren.

Wir wissen bereits, dass die Gleichung (2) auch in der allgemeinen Relativitätstheorie gilt, so dass es scheint, als könnte auch diese Theorie die Akzeleration nicht erklären. Was aber letztlich weiterhilft, ist die enorme Erweiterung des Massenbegriffs schon in der speziellen Relativitätstheorie durch die Äquivalenz von träger Masse und Energie. Wegen der Äquivalenz von träger Masse und (passiver) schwerer Masse (der Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie) erwarten wir, dass mit jeder Energiedichte ε eine Massendichte $\rho = \varepsilon/c^2$ verknüpft ist. Tatsächlich ist ρ in Gleichung (2) so zu interpretieren. (Dies ist nicht die einzige Neuinterpretation in der Gleichung (2), die die allgemeine Relativitätstheorie mit sich bringt: Der letzte Term, die Konstante k , bekommt die Bedeutung der Raumkrümmung. Diese verschwindet nur im Fall $k=0$, der somit der euklidischen Geometrie entspricht. Da empirisch mit hoher Genauigkeit $k \neq 0$ ist, werden wir diesen Term in der Folge vernachlässigen.)

Nur wenn $M = (4\pi/3)\rho r^3$ konstant ist, folgt durch Differentiation der Gleichung (1) das Gravitationsgesetz $\ddot{r} = -GM/r^2$. Die Erhaltung der Masse gilt aber nur für kalte druckfreie Materie (Staub). Z.B. ist für thermische elektromagnetische Strahlung (Photonengas) zwar die mittlere Photonenzahl erhalten, aber wegen der Rotverschiebung ist die Energie pro Photon proportional zu $1/r$, daher $\varepsilon \propto r^{-4}$ und M folglich nicht erhalten. Die Gleichung (2) lässt sich daher im Allgemeinen nicht als Energieerhaltungssatz interpretieren und M nicht als (aktive) schwere Masse, weil es nicht das Newtonsche Gravitationsgesetz liefert. Auf Grund der Überlegungen am Beginn dieses Abschnitts ist aber zu erwarten, dass dieses Gesetz weiterhin gilt, wenn auch wegen der Verletzung der Energieerhaltung mit einer zeitabhängigen Masse M_{grav} . Diese aktive schwere Masse lässt sich mit folgendem Argument finden: Die Verletzung der Energieerhaltung geht mit dem Nichtverschwinden des Drucks einher, weil unsere Kugel Expansionsarbeit leistet, deren Inkrement wie in der Thermodynamik durch $\delta W = p dV \propto pd(r^3)$ gegeben ist. Diese Arbeit geht auf Kosten der Energie Mc^2 : $c^2 dM = -\delta W$ (vgl. den ersten Hauptsatz der Thermodynamik $dE = \delta Q - \delta W$; da die geordnete Expansion des Universums keine Wärme erzeugt und es auch keinen Außenraum gibt, aus dem das Universum Wärme aufnehmen könnte, verschwindet der Wärmeterm δQ). Der Energieerhaltungssatz verallgemeinert sich daher zur Bilanzgleichung

$$c^2 (\rho r^3)' + p(r^3)' = 0 , \quad (3)$$

von der wir gleich Gebrauch machen. Wie im druckfreien Fall wollen wir das Gravitationsgesetz durch Differentiation der Gleichung (1) gewinnen:

$$\dot{r}\ddot{r} = -\frac{G}{r^2} (M + \frac{4\pi}{c^2} p r^3)\dot{r} .$$

Mit Hilfe von (3) bekommen wir

$$\dot{M} = \frac{4\pi}{3} (p r^3) = -\frac{1}{c^2} \frac{4\pi}{3} p (r^3) = -\frac{4\pi}{c^2} p r^3 \dot{r}$$

daher

$$\dot{r}\ddot{r} = -\frac{GM}{r^2} \dot{r} + \frac{GM}{r}$$

und schließlich das Newtonsche Gesetz

$$\ddot{r} = -\frac{GM_{grav}}{r^2} \quad (4)$$

mit

$$M_{grav} = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho_{grav}$$

und

$$\rho_{grav} = \rho + 3 \frac{p}{c^2} . \quad (5)$$

Diese bemerkenswerte Gleichung besagt, dass neben der Energiedichte auch der Druck zur Dichte der aktiven schweren Masse beiträgt, d.h. träge und aktive schwere Masse sind nicht äquivalent! (Dies ist auch ein wesentliches Resultat der allgemeinen Relativitätstheorie und nicht zu verwechseln mit der bereits verwendeten Äquivalenz von träger und passiver schwerer Masse strukturloser Testteilchen, die Voraussetzung der Theorie ist.)

Aus (3) und (5) ist ersichtlich, dass $M_{grav} = 0$ nur dann, wenn $p=0$ oder $p = -\varepsilon/3$. Im letzteren Fall ist überhaupt $M_{grav} = 0$. Wir sehen sogar, dass ein Medium mit der *Zustandsgleichung* $p=w\varepsilon$ gravitativ abstößt, wenn $w < -1/3$. Ein derartiges Medium könnte die kosmische Akzeleration bewirken! Aber gibt es solche Medien überhaupt? Negativer Druck herrscht z.B. in einem Festkörper, der unter Zug gesetzt wird, aber das ist nicht sein natürlicher Zustand und der Druck ist im Vergleich zur Energiedichte auch völlig vernachlässigbar.

Es gibt aber einen natürlichen Kandidaten für ein Medium mit negativem Druck: den von Quantenfluktuationen erfüllten leeren Raum, das sogenannte Vakuum der Quantenfeldtheorie. Diese Quantenfluktuationen kann man sich als Erzeugung und Vernichtung kurzelbiger („virtueller“) Teilchen-Antiteilchen-Paare aller Sorten veranschaulichen. Sie sind wegen der Energie-Zeit-Ungleichheit immer vorhanden, eine naive Berechnung ihrer Energiedichte gibt sogar ein unendliches Resultat! Divergenzen wie diese sind für die Quantenfeldtheorie typisch und lassen sich durch den Algorithmus der Renormierung beseitigen, der verbleibende endliche Rest wird aber erst durch Messung fixiert.

Es könnte nun sein, dass die kosmische Akzeleration, verursacht durch ein negatives ρ_{grav} , über die Beziehung (5) gerade einen solchen Messwert für die Observable $\varepsilon+3p$ des Vakuums bereitstellt. Um das zu überprüfen, benötigen wir die Zustandsgleichung des Vakuums. Dazu verwenden wir wieder die Energiebilanz $dE = -pdV$. Wenn wir das Volumen des leeren Raumes erhöhen, ändert sich an seinen inneren Eigenschaften nichts, insbesondere bleibt seine Energiedichte dieselbe. Mehr Raum bedeutet also einfach aliquot mehr Energie oder $dE = -\varepsilon dV$. Der Vergleich mit der Energiebilanz liefert die *Zustandsgleichung des Vakuums* $p = -\varepsilon (w = -1)$. Falls $\varepsilon > 0$, hat das Vakuum also tatsächlich eine *negative* schwere Massendichte $\rho_{grav} = (\varepsilon + 3p)/c^2 = -2\varepsilon/c^2$! Wie eben argumentiert ändert sich die Vakuumenergiedichte unter der Expansion nicht (diese zeitliche Konstanz folgt auch aus der Bilanzgleichung (3) und der Zustandsgleichung). Die Konstante $\Lambda = 8\pi G \varepsilon / c^2$ wird als *kosmologische Konstante* bezeichnet (sie wurde bereits 1917 von Einstein aus rein klassischen Überlegungen eingeführt, später aber wieder verworfen). Um Verwechslungen zu vermeiden, werden wir ab jetzt die Vakuumenergiedichte als ε_Λ notieren.

Die Akzeleration des Universums lässt sich also am einfachsten dadurch erklären, dass die gesamte Energiedichte ε zwei Hauptbeiträge enthält, nämlich die Energiedichte ε_M der druckfreien Materie und die Vakuumenergiedichte ε_Λ . Weitere Beiträge kommen von Photonen (kosmische Hintergrundstrahlung) und Neutrinos, sind aber heutzutage vernachlässigbar (obwohl sie im frühen Universum dominiert haben). Wir kennen jetzt alle Voraussetzungen, um die gesuchte Dynamik des Skalenfaktors $a(t)$ in Abhängigkeit von messbaren Parametern bestimmen zu können. Diese Parameter sind die Hubble-Konstante H_0 und die Energiedichten $\varepsilon_{M,0}$ und $\varepsilon_{\Lambda,0}$. Statt der letzteren verwenden wir die dimensionslosen Dichteparameter $\Omega_M \equiv (\rho_M/\rho_{crit})_0$ und $\Omega_\Lambda \equiv (\rho_\Lambda/\rho_{crit})_0$. Unser Ausgangspunkt ist die Gleichung (2), in der wir ohne Weiteres $r(t)$ durch $a(t)$ ersetzen können:

$$\dot{a}^2 = \frac{8\pi G \rho}{3} a^2 = \frac{8\pi G}{3 H_0^2} (\rho_{M,0} \frac{\rho_M}{\rho_{M,0}} + \rho_\Lambda) a^2 H_0^2 =$$

$$= (\Omega_M (\frac{a_0}{a})^3 + \Omega_\Lambda) a^2 H_0^2 = (\Omega_M \frac{a_0^3}{a} + \Omega_\Lambda a^2) H_0^2$$

oder

$$(\frac{\dot{a}}{a_0})^2 = (\Omega_M \frac{a_0}{a} + \Omega_\Lambda (\frac{a}{a_0})^2) H_0^2 \quad (6)$$

(im dritten Schritt haben wir die materielle Massenerhaltung $\rho_M a^3 = const$ verwendet). Da $a_0/a = 1+z$, haben wir mit \dot{a}/a_0 auch die explizite Integraldarstellung der Funktionen $r_0(z)$ und $t_1(z)$ vom Ende des vorigen Abschnitts und damit die theoretischen Vergleichskurven der Abb. 1 gewonnen. Die Bewegungsgleichung (6) ist in zwei Grenzfällen besonders einfach lösbar:

Im Fall der Materiedominanz ist $a(t) \propto t^{2/3}$, im Fall der Vakuumdominanz ist

$$a(t) \propto \exp(t \sqrt{\frac{\Lambda}{3}}) .$$

Die dezelerierende Lösung entspricht dem alten Standardmodell mit $\Lambda=0$, die konstant akzelerierende beschreibt das asymptotisch zukünftige Verhalten eines jeden Universums mit $\Lambda>0$ (mit möglichen Ausnahmen im Fall $k > 0$).

In welchem Stadium befindet sich derzeit unser Universum? Dazu benötigen wir die Werte der kosmologischen Parameter. Die Hubble-Konstante wird aus dem Hubble-Diagramm bestimmt und beträgt $H_0 \approx 75 \text{ km/(s} \cdot \text{Mpc)}$ (Mpc steht für Megaparsec). Äquivalent dazu ist die Angabe $H_0^1 \approx 14$ Milliarden Jahre; wegen der Akzeleration ist H_0^1 nicht mehr obere Schranke für das Weltalter und hat zufälligerweise sogar annähernd dessen Wert. Ω_M und Ω_Λ können durch Anpassung der theoretischen Vorhersage an das empirische Hubble-Diagramm (vgl. Abb. 1), aber auch auf andere Weise bestimmt werden. Die materielle Massendichte ist die Summe zweier Anteile, $\Omega_M = \Omega_b + \Omega_{dm}$. Der erste kommt von der „normalen“, aus Nukleonen und Elektronen bestehenden sogenannten *baryonischen Materie* und beträgt ≈ 0.04 (nur ca. ein Zehntel davon stammt von leuchtender Materie, sodass 99.5 % des Energieinhalts des Universums unsichtbar ist!). Dazu kommt der ca. fünfmal größere Beitrag der sogenannten *dunklen Materie*, die nur gravitativ nachweisbar ist und möglicherweise aus noch unbekannten, nur schwach wechselwirkenden Elementarteilchen besteht, mit $\Omega_{dm} \approx 0.23$. Für die Dynamik maßgeblich ist nur die Summe $\Omega_M \approx 0.27$. Der Vakuumbeitrag dominiert mit $\Omega_\Lambda \approx 0.73$, sodass sich unser Universum bereits im Übergang zum Endstadium exponentieller Expansion befindet. Allerdings dominiert das Vakuum erst seit ca. 5 Milliarden Jahren über die Materie. Dass die Summe aus Materie- und Vakuumenergie ziemlich genau den kritischen Wert hat, $\Omega = \Omega_M + \Omega_\Lambda \approx 1.00$, entspricht dem bereits erwähnten empirischen Befund des Verschwindens der Raumkrümmung. Dieser Befund ist höchst bemerkenswert, weil in einem gewissen Sinne unwahrscheinlich. Die einfachste Erklärung dafür liefert die sogenannte *Inflationshypothese*, deren Diskussion jedoch den Rahmen dieses Artikels sprengen würde. Wir halten noch fest, dass im Fall $\Lambda>0$ die Massendichte ρ_{crit} nur bezüglich der Raumgeometrie kritisch ist, aber nicht bezüglich des Rekollapses des Universums. Dieser wird i.A. auch dann nicht stattfinden, wenn die kritische Dichte überschritten wird.

Zukunftsansichten und Alternativen

Die kosmologische Konstante bzw. Vakuumenergie erkärt auch andere, hier nicht diskutierte empirische Resultate (z.B. macht sie das Universum älter als die ältesten Sterne, was im alten Standardmodell nicht gewährleistet war!). Sie ist Bestandteil des einfachsten kosmologischen Modells, das alle bisherigen Beobachtungen erklären kann, des sogenannten Konkordanz- oder LCDM-Modells (CDM steht für cold dark matter).

Wenn es stimmt, sieht die Zukunft des Universums aus menschlicher Sicht einsam aus: Wegen der exponentiellen Expansion werden alle Galaxien mit Ausnahme unserer nächsten Nachbarn unserem Sichtbarkeitshorizont ent-

schwinden und die extragalaktische Astronomie wird ihren Gegenstand verlieren, wenn auch erst in vielen Milliarden Jahren.

Die kosmologische Konstante ist aber nur das einfachste Modell der sogenannten dunklen Energie, wie die Quelle der gravitativen Abstoßung allgemein bezeichnet wird. In einem anderen Modell tritt an Stelle der kosmologischen Konstante ein skalares Feld, das Quintessenz genannt wird (in Anlehnung an das geheimnisvolle fünfte Element der antiken Naturphilosophie; die moderne Version ergänzt die 4 Hauptbestandteile des Universums: dunkle Materie, baryonische Materie, Photonen und Neutrinos). Dieses Skalarfeld wirkt wie eine zeitlich abfallende kosmologische Konstante, sodass der dunkle Energieanteil immer im heutigen Rahmen bleibt. Damit löst es das sogenannte *Koizidenzproblem*, nämlich die Frage, warum wir gerade in der Zeit des Umbruchs zur Dominanz der dunklen Energie leben. Allerdings löst es nicht das gravierendere Problem der kosmologischen Konstante, nämlich warum Λ nicht die auf Grund einer quantenfeldtheoretischen Dimensionsanalyse zu erwartende Größenordnung hat, die den Beobachtungswert um einen Faktor 10^{123} übertrifft! (Offenbar löst auch $\Lambda=0$ dieses Problem nicht.) Im Gegensatz zur Quintessenz sagt ein anderes Modell sogar ein effektives Anwachsen der *kosmologischen Konstante* voraus, was zum sogenannten „Big Rip“ führt: Nicht nur Galaxien werden auseinandergerissen, sondern schließlich auch Atome und Atomkerne.

Es bestehen jedoch auch ernstzunehmende Zweifel, ob die Akzeleration des Universums überhaupt real ist. Vielleicht sind die Supernovae vom Typ Ia doch nicht so gute Standardkerzen. Andererseits könnte die unerwartete Rotverschiebung-Entfernungsrelation auch ein Effekt der Inhomogenitäten des Universums sein. Die Akzeleration wäre dann eine Illusion, erzeugt durch die unzulässige Mittelung über diese Inhomogenitäten im Standardmodell der Kosmologie, und alle mehr oder weniger bizarre Modelle für ihre Erklärung wären hinfällig. Ob dieser Einwand stichhaltig ist, muss sich erst zeigen. Noch kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass das Nobelpreiskomitee mit seiner am Anfang dieses Artikels zitierten Begründung voreilig war.

Weiterführende Hinweise

High z Super Nova Search: Brian Smith und Mitarbeiter: <http://www.cfa.harvard.edu/supernova//HighZ.html>

Supernova Cosmology Project: Saul Perlmutter und Mitarbeiter: <http://newscenter.lbl.gov/feature-stories/2009/10/27/evolving-dark-energy/>

Bücher



Von Geckos, Garn und Goldwasser

Die Nanowelt lässt grüßen

Michael Groß

1. Aufl., x + 302 Seiten, 16 Abb.
Hardcover. Wiley-VCH
Weinheim 2012
ISBN 978-3-527-33272-4
EUR 24,90

Der promovierte Chemiker Michael Groß ist als Wissenschaftsjournalist u. a. für Spektrum der Wissenschaft oder Nachrichten aus der Chemie tätig. Das vorliegende Buch stellt eine Sammlung erschienener Artikel von Michael Groß in verschiedenen Zeitschriften dar, wobei der Autor selbst diese Zusammenstellung „... eine Sammlung von Postkarten von den beeindruckendsten Orten des Nanokosmos ...“ nennt. In kleinen Portionen kann man in die faszinierende Nanowelt, also in Dimensionen von Millions-tel Millimeter, eintauchen.

Die Gliederung sieht vier Teile vor. Zunächst zeigt Groß auf, wie aus Atomen und Molekülen Zellen aufgebaut werden, wie die Evolution vom Molekül zum Organismus vor sich gegangen ist und geht. Auch die entsprechenden Geräte wie das Rasterkraftmikroskop werden im ersten Kapitel bereits erwähnt. Dieser Teil des Buches gibt einen knappen Überblick und macht Lust, weiter zu lesen. Nach diesen ersten vierzehn Seiten enthält das Buch einen sehr ausführlichen, mehr als 130 Seiten umfassenden Einblick in die Nanotechnologie der Natur.

Nun folgen, wie oben erwähnt, einzelne jeweils zwei bis sechs Seiten lange Ausführungen, bei denen nicht nur die Quelle, in welcher Zeitschrift die Artikel erschienen sind, angeführt wird, sondern sich auch dazu passende Literaturangaben finden. Der Autor legt seinen Erklärungen stets Forschungen in der ganzen Welt der letzten Jahre zu Grunde und versteht es, diese in klaren Worten allgemeinverständlich darzulegen. Es ist für den interessierten Laien faszinierend zu verfolgen, was Proteine alles können und wie sie etwa im Auge oder in den Muskeln wirken.

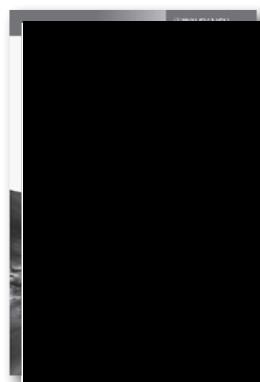
Bei der Beschreibung der Natur wählt der Autor eine technische Sprechweise, wenn er von Ein-/Ausschaltvorgängen, vom Empfangen und Senden von Nachrichten spricht und bereitet damit darauf vor, im nachfolgenden Buchteil zu berichten, wie sich der Mensch mit seinem Erfindergeist der Natur bedient (hat).

Auf mehr als hundert Seiten legt der Autor dar, wie der Mensch die Natur zu kopieren versucht. Um etwa bei Verlust von Gliedmaßen diese durch künstliche Organe ersetzen zu können, muss man Nervenzellen mit elektronischen Bauteilen verbinden. Erst seit Mitte der 1990er Jahre ist dies möglich, als Charles Lieber von der Harvard University eine Elektronik mit Nanodrähten entwickelte. Wissenschaftler

am MIT fanden, dass Flüssigkeiten durch die Zugabe von Nanopartikeln besser Wärme leiten. Dies könnte zu effizienteren Kühl- und Heizsystemen führen. Insgesamt beschreibt Groß dreiunddreißig in Forschung oder tatsächlich in Anwendung befindliche Gebiete von Medizin und Technik, die auf Nanotechnologie beruhen.

Das letzte Kapitel bringt einen Ausblick über die Möglichkeiten der Nanotechnologie-Entwicklung. Und sehr nützlich erweist sich das abschließende Glossar, in dem die Fachbegriffe etwas ausführlicher als sonst gewohnt, erklärt werden. Nanotechnologie, als Wissenschaftsgebiet zwischen Chemie und Physik angesiedelt, wird in diesem Buch sehr klar und einsichtig vermittelt. Als Ausgangspunkt für modernen Unterricht scheint es dem Rezensenten genauso geeignet wie als Ideengeber für Fragestellungen für die vorwissenschaftlichen Arbeiten.

Leo Ludick



Strahlen und Gesundheit

Nutzen und Risiken

Jürgen Kiefer

1. Aufl. 2012, xxiv + 290 Seiten
86 Abb., Wiley VCH Verlag GmbH
ISBN: 978-3-527-41099-6
geb. ca. EUR 30,-

Das Standardwerk von Kiefer und Kölzer „Strahlen und Strahlenschutz“ (Besprechung in ÖLUS LUCIS 1993/1) hat nun eine für das breitere Publikum gedachte Neuauflage erfahren. Das Buch ist für alle, die eine Erstinformation suchen, absolut zu empfehlen.

Die Kapitelüberschriften sprechen für sich: Die Welt der Strahlen und Wellen; Ein Blick in die Biologie; Wenn Strahlung auf den Körper trifft; Der Blick in das Innere: Strahlediagnostik; Strahlenrisiken; Die gar nicht immer liebe Sonne; Handys, Mikrowellenherde und Strommasten; Heilen mit und durch Strahlen; Strahlen und Lebensmittel; Strahlen in unserer Umwelt; Erzeugung und Wechselwirkungen von Strahlung – etwas detaillierter; Strahlenwirkungen in der Zelle – etwas näher betrachtet; Strahlendosen und ihre Messung; Die Epidemiologie und ihre Fallstricke; Das System des Strahlenschutzes; Strahlenzwischenfälle.

Eine absolute Kaufempfehlung für alle, die Physik unterrichten, und jene, die Zeitungsmeldungen zu Strahlung überprüfen möchten.

Helmut Kühnelt

Leologisch!

Alltagsrätsel einfach erklärt

Leo Ludick

1. Aufl., 123 S., A5, brosch.

dip3 Bildungsservice 2013

EUR 7,90

Leo Ludick, Physiklehrer und Schuldirektor im Ruhestand, nun spiritus rector des Welios, hat in diesem kleinen Büchlein kurze Erklärungen zu physikalischen Fragen des Alltags zusammengestellt, die Laien oft stellen.

Ursprünglich in einer Tageszeitung als regelmäßige Kolumne abgedruckt sind die Erklärungen, die vom Flackern von Kerzen bis zur dunklen Energie reichen, meist auf wenige Zeilen komprimiert. Für die Schule kann dieses Büchlein nützlich sein. Es kann helfen, interessante Themen für den Unterricht auszuwählen, indem es zeigt, welche Fragen Laien stellen. Andererseits können die kurzen Texte auch von Schülern und Schülerinnen beurteilt (Verständlichkeit, implizite Annahmen zum Vorwissen, Überprüfbarkeit der Aussagen zu Beobachtungen, ...) und bearbeitet werden. Vielleicht regt es an, die Erklärungen von Alltagsphänomenen auf die Probe zu stellen und sie selbst zu untersuchen. Am Besten kann man wohl das ansprechend gestaltete Büchlein bei einem Besuch im Welios erstehten.

Helmut Kühnelt

Es funktioniert

Vom Vergnügen, endlich
Physik zu verstehen

**Walter Lewin,
Warren Goldstein**

2. Aufl. 384 S., übers. aus
dem Amerik. btb-Verlag 2013
ISBN 978-3-4427-4521-0
ca. EUR 10

„Ich möchte meine Studenten und meine Leser dazu bringen, die Physik zu lieben und die Welt mit anderen Augen zu sehen, und das ist etwas fürs ganze Leben!“ (a.a.O. Seite 368) Lewin behandelt nicht nur praktisch alle Gebiete der Physik, er gibt auch stets Hinweise, wie man didaktisch richtig die Dinge vermitteln kann. Seine Vorlesungen am MIT zu den Grundlagen der Physik wurden gestürmt, da er es verstanden hat, die Lehrinhalte nicht nüchtern, sondern mit Witz darzulegen.

Seine Vorlesungen kann man mittlerweile auf Youtube sehen und alle Internetadressen dazu finden sich im Buch wieder. Bei allen Showeffekten, die Lewin einbaut, bleibt er

wissenschaftlich stets korrekt. Das für Schüler zumeist reizlose Thema „Messung und Messfehler“ beginnt Lewin in seiner Vorlesung mit der Frage „Stimmt es, dass der Mensch im Liegen länger ist als im Stehen?“ Und es folgt eine tatsächliche Messung, die zeigt, dass ein Mensch um ca. 2,5 Zentimeter länger ist, wenn er liegt. Und das Thema Druck wird unter anderem damit gewürzt, dass Lewin im Hörsaal mit meterlangen Saugröhren experimentiert.

Physiklehrkräfte, auch jene an den Universitäten, können sich hier wertvolle didaktische Anregungen holen, sie finden im Buch eine Fülle ausgezeichneter Internetadressen, um den Unterricht zu bereichern. Da Lewins wissenschaftliches Arbeitsgebiet die Röntgenastronomie war, ist der letzte Teil des Buches einer interessanten Darlegung astronomischer Bereiche, von der Röntgenastronomie über Neutronensterne zu Schwarzen Löchern, gewidmet.

Ein Zitat aus dem Buch auf Seite 368 zeigt, worauf es Lewin ankommt: „Als ich in den 1970er Jahren am MIT zu unterrichten begann, ... legte (ich) mehr Wert auf Schönheit und spannende Darbietung als auf die Details, die bei den Studierenden ohnehin nicht angekommen wären. Bei allen von mir gelehrt Gegenständen bemühte ich mich stets, das Material so gut wie möglich auf die Lebenswelt der Studenten abzustimmen; ich wollte sie dazu bringen, Dinge zu sehen, an die sie nie gedacht haben“. (Das Original For the Love of Physics leidet nicht unter Übersetzungsmängeln und ist ähnlich preisgünstig.)

Leo Ludick

Menschen und ihre Materialien

Von der Steinzeit bis heute

Hans R. Kricheldorf

1. Aufl., xiv+240 S., 31 Abb.
10 Tab., geb., Wiley-VCH 2012
ISBN 978-3-527-33082-9
EUR 24,90

Einer interessanten Frage geht Kricheldorf im vorliegenden Buch nach, wenn er sich überlegt, was oder wer die Welt am meisten verändert hat. Und seine Antwort ist einleuchtend: Es sind jeweils neue Materialien, die zu Innovationen Anlass gaben. Materialien wie Eisen oder Bronze kennzeichnen ganze Menschheitsepochen und ohne Papier gäbe es keinen Buchdruck, der eine notwendige Erfindung war, damit sich politische Ideen rasch verbreiten konnten.

Nach einem kurzen historischen Überblick beschreibt Kricheldorf systematisch die verschiedenen gefundenen oder entwickelten Materialien vom Kupfer über Eisen zu den modernen Werkstoffen wie Plastik oder Folien. In jedem dieser 13 Kapitel ist der Aufbau gleich. Der Autor fasst in manchen Teilen mehrere Materialien sinnvoll zusammen. So übertitelt er das erste Kapitel mit „Kupfer, Bronze, Messing, Geld“ und im letzten behandelt er „Fette, Seifen,

Biomaterialien". Der Aufbau ist in jedem dieser Teile gleich. Zunächst beschreibt Kricheldorf die einzelnen Materialien genau, wobei die historische Dimension genauso angesprochen wird wie moderne Anwendungen. Sehr interessant ist auch die am Ende jedes Teilkapitels gestellte Frage „Was wäre wenn?“, die jeweils zum Nachdenken anregt. Die Literaturverzeichnisse führen weiterführende Bücher an, aber – und das ist ein kleiner Schönheitsfehler – sehr viele „Wikipedia-Seiten“, die der Leser auch ohne diese Hinweise leicht finden kann.

Alles in allem ein gutes Buch für jede Schulbibliothek, das Anregungen für vorwissenschaftliche Arbeiten in den Unterrichtsgegenständen Chemie und Physik bietet.

Hans R. Kricheldorf war bis 2009 Professor am Institut für Technische und Makromolekulare Chemie der Universität Hamburg.

Leo Ludick

Titanic

Mit Physik in den Untergang

Metin Tolan

208 S., Piper Verlag GmbH
München, 2011
ISBN 978-3-492-05458-4
ca. EUR 18,-

Geschüttelt, nicht gerührt

James Bond und die Physik

Metin Tolan, Joachim Stolze

302 Seiten, Piper Verlag GmbH
München 2010
ISBN 978-3-492-25847
ca. EUR 11,-

Manchmal gewinnt der Bessere

Die Physik des Fußballspiels

Metin Tolan

368 S., Piper Verlag GmbH
München, 2011
ISBN 978-3-492-26492-1
ca. EUR 10,-

Allen drei Büchern ist gemeinsam, dass Tolan, ausgehend von einem allgemein interessierenden Thema, Physik erklärt. Im Buch Titanic, das vordergründig den Untergang des

Luxusdampfers behandelt, erfährt man etwas über den Auftrieb, wenn die Frage gestellt wird, wie man ein Schiff wiegt. Anlässlich der Frage, warum man dem Eisberg nicht ausweichen konnte, wird das Trägheitsgesetz erklärt und die Frage nach der Farbe von Eisbergen führt ins Reich der Optik. Ein physikalisch-mathematischer „Leckerbissen“ ist die detaillierte Berechnung der Lecks, die durch den Aufprall mit dem Eisberg entstanden sind, denn hier führt Tolan die entsprechenden Gesetze der Hydromechanik aus. Die vielen Fußnoten geben weitere eingehende Erklärungen zu den Ausführungen. Auch der Film Titanic mit seiner zu Tränen rührenden Liebesromanze regt Tolan zu Fragen nach der physikalischen Richtigkeit der dargestellten Szenen an.

Tolan ist nicht nur Wissenschafter, sondern auch begeisterter Cineast. Deshalb bereitet es ihm auch großes Vergnügen, die Stunts in den James Bond Filmen physikalisch unter die Lupe zu nehmen. Die Frage, ob man wirklich einem Flugzeug mit einem Motorrad hinterher springen kann, wird mit solider mathematischer Physik beantwortet. Und auch die Tatsache, dass James Bond den Wodka-Martini stets geschüttelt nie gerührt haben möchte, hat physikalische Gründe.

Für Leser, die tiefer eindringen wollen, werden alle Erklärungen in „Details für Besserwisser“ näher ausgeführt. Dass alles flüssig und mit viel Augenzwinkern geschrieben ist, macht die Lektüre gerade dieses Buches zu einem Genuss. Und wie bedeutsam Physik offensichtlich ist, führt bei Tolan zum Schluss, dass James Bond nicht mehr am Leben wäre, wenn er von Physik keine Ahnung hätte.

Sind die Filme des verwegenen Geheimagenten Ihrer Majestät schon populär genug, dann ist es gerade der Fußball, der zumindest die halbe Menschheit in Atem hält.

Im Buch „Manchmal gewinnt der Bessere“ zeigt Tolan mit den Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Mathematiker aufgepasst!), wie wahrscheinlich es ist, dass ein Rückstand von 1:0 noch in einen Sieg umgewandelt werden kann. Oder, auch hier ist es wieder die Wahrscheinlichkeitsrechnung, ab wann sich eine sogenannte „Notbremse“ (Foul an einem gefährlichen Stürmer) „lohnt“. Bananenflanken führen zur Erklärung des Magnus-Effektes und der Einfluss des Windes auf den fliegenden Ball wird eingehend diskutiert.

Fazit: Alle drei Bücher geben Physiklehrkräften (und das Buch über den Fußball auch für den Mathematikunterricht) genügend Anregungen, den Unterricht spannender, schülergerechter und einprägsamer zu gestalten. Auf alle Fälle gehören diese Bücher in jede Schulbibliothek!

Leo Ludick

Einstiens Hund

**Relativitätstheorie (nicht nur)
für Vierbeiner**

Chad Orzel

Aus d. Amerik. übers. v. B. Gerl
xx + 470 S., 47 Abb., Hardcover
Springer Spektrum Verlag 2013
ISBN 978-3-642-34758-0
ca. EUR 20,-

Chad Orzel, Professor für Physik und Astronomie an einem kleinen Alt-England-College im Staat New York, führt seine Hündin Emmy in die Spezielle und in die Anfangsgründe der Allgemeinen Relativitätstheorie ein. Emmy ist wissbegierig, wohl wie ein altkluges Kind, und mit ihrer Lust Hasen zu jagen und sich den Streichen des Katers Nero zu entziehen, lockert sie das physikalisch korrekte Lehrgespräch auf. Orzel versucht vor allem verbal, die SRT zu erklären. Nach etwa 120 Seiten geht es dann um die Invarianz von Raum-Zeit-Abständen, und die Argumentation wird nun durch Raum-Zeit-Diagramme unterstützt.

Die letzten hundert Seiten sind der ART gewidmet. Aktuelle Entwicklungen werden nicht ausgespart. Viele Fußnoten kommentieren den Text und geben zusätzliche Quellen an. Am Schluss findet sich ein Glossar von „ART“ bis „Zusätzliche Dimensionen“.

Wer könnte das Zielpublikum sein? Schülerinnen und Schüler, die sich zur Matura einen tieferen Blick in die SRT in Ergänzung zum Schulbuch gönnen wollen? Lehrkräfte, die einen neuen Blick auf 100-jährige Physik suchen? Jedenfalls ist es ein ungewöhnlicher Zugang, um physikalisch sauber und doch witzig von einem begeisterten Physiker Privatstunden zu SRT und ART zu erhalten. Vom selben Autor stammt auch „Schrödingers Hund“.

Helmut Kühnelt

Wird ein Flugzeug schwerer, wenn ein Vogel in ihm fliegt?

Gábor Paál

1. Aufl., 262 S., 18 s/w Abb.
S. Hirzel Verlag 2012
ISBN 978-3-7776-2237-8
EUR 20,40

„Warum gibt es in der Nordsee Gezeiten und in der Ostsee nicht? Wie schnell fallen Regentropfen? Warum sind wir kitzlig? Warum dreht sich der Uhrzeiger rechts herum? Warum sieht nasse Wäsche dunkler aus?“ Das sind nur fünf der mehr als einhundertfünfzig Fragen, die Gábor Paál in diesem Buch auf knappe Art – oft auf einer halben Seite – beantwortet. Paál hat Geographie und Geowissenschaften studiert und ist seit 1998 freier Mitarbeiter beim SWR in Baden-Baden. Eine Radiosendung in diesem Sender heißt

„Frag den Paál!“ und einige dieser dort erschienenen Antworten, und wie der Verlag behauptet, die besten, sind nun erschienen. Und in der Tat erfährt man hier kurz und bündig Antworten, die der Autor leicht lesbar aus Befragen eines Expertenteams zusammengestellt hat. Die Fragen stammen nicht nur aus dem Bereich Naturwissenschaft, sondern es findet sich auch Alltägliches, wenn etwa die Frage warum Anisschnaps milchig-trüb wird, wenn man ihn mit Wasser verdünnt, oder wenn der Entstehung des Ausdrucks „Schlitzohr“ nachgegangen wird. Besonders hervorzuheben ist, dass oft auch kontroversielle Antworten gegeben werden, eben dann, wenn sich Experten nicht über ein Erklärungsmodell einig sind.

Das Buch gibt innovativen Lehrkräften viele Impulse, ein neues Stoffkapitel zu beginnen. Darüber hinaus kann es auch Schülerinnen und Schüler, direkt in die Hand gegeben, anregen, mancher Fragestellung noch weiter nachzugehen. Daher ist es bestens geeignet, um in Schulbibliotheken aufgenommen zu werden.

Leo Ludick

Aphorismen und Zitate über Natur und Wissenschaft

**Hans-Jürgen Quadbeck-
Seeger**

1. Aufl. 2013, . 316 S. m. Illustr.
Hardcover/Leinen, Wiley-VCH
Weinheim 2013
ISBN 978-3-527-33613-5
EUR 24,90

„Die Frage, die mich wirklich interessiert, ist, ob Gott überhaupt eine Freiheit besaß, als er die Welt schuf“ (Albert Einstein) und „Gott schuf den Menschen, aber die Evolution hat den Homo Sapiens daraus gemacht“ (Quadbeck-Seeger). Dies sind nur zwei von geschätzten 4500 Zitaten und Anmerkungen von Quadbeck-Seeger, die er im Lauf seiner Jahrzehnte langen Tätigkeit als Forschungsvorstand der BASF gesammelt bzw. selbst als Kurzaussagen formuliert hat. Der Chemiker Hans-Jürgen Quadbeck-Seeger hat nun seinen lesenswerten (populären) Büchern für die Freunde prägnanter Formulierungen einen wahren Schatz an Aphorismen – Zitate, die das Wesentliche in wenigen Worten ausdrücken – hinzugefügt. In Kapiteln von A bis Z, von Anfang und Universum bis Zufall bzw. Zukunft gegliedert, gibt es einen bunten Strauß an Denkanstößen. Das Buch ist liebevoll mit zahlreichenden Illustrationen gestaltet und sticht aus der Wüste der Sachbücher auch durch einen Leineneinband hervor.

Als Geschenk und zum Selberschmökern geeignet wie ein guter Likör – am Besten in kleinen Schlucken, sonst überliest man vielleicht des Autors Anmerkung „Vielleicht ist die Erde das Narrenschiff des Universums“. (Übrigens: Die Homepage von Quadbeck-Seeger bietet einiges für den Unterricht und macht Appetit auf weitere Bücher des Autors.)

Helmut Kühnelt

Experimente rund um die Kunststoffe des Alltags

Georg Schwedt

2013, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
ISBN: 987-3-527-33503-9
EUR 19,90

Der allgemeine Eindruck: Das Buch bietet einen guten Überblick über die Synthesen, den Aufbau und die Eigenschaften der gängigen Kunststoffe und ist somit ein praktisches und kompaktes (157 Seiten) Nachschlagewerk. Es bietet außerdem historische Exkurse mit deutschem Schwerpunkt zur Technologie der Kunststoffherstellung.

Die Materialien für Experimente sind hauptsächlich Verpackungsabfälle und Gebrauchsartikel. Hin und wieder werden Experimentalsets deutscher Firmen benötigt (Kontaktadressen stehen dabei!).

Die Kunststoffe werden nach der veralteten Nomenklatur (z. B. Polyethylen, Polystyrol,...) bezeichnet, die aktuellen Namen nicht erwähnt.

Wie bei allen Büchern des Verlages Wiley-VCH fehlen schöne Abbildungen zu den Versuchen. Die vorhandenen Abbildungen sind in Schwarzweiß gehalten und meist nur wenig aussagekräftig, beziehungsweise ein wenig unnötig.

Zum Inhalt:

Allgemeine physikalisch-chemische Eigenschaften: Experimente zum Dichteveergleich von Kunststoffen, zum Verhalten beim Kontakt mit Lösemitteln, zur Wärmeleitfähigkeit, Brennbarkeit und Saugfähigkeit von Kunststoffschäumen. Besonders erwähnenswert ist die Untersuchung verschiedener Kunststoffe im Strahl einer Heißluftpistole.

Experimente mit speziellen Biokunststoffen: Pergamentpapier, Cellophan, Stärkefolien und -schäume, Gummi, Kaugummi, Viskoseschwämme. Für Galalith – einen Caseinkunststoff – werden 5 verschiedene Varianten zur Herstellung angeboten.

Experimente mit vollsynthetischen Kunststoffen: Nach einem Überblick über Massenkunststoffe, deren Synthesen und Verarbeitungsmethoden (mit anschaulichen Skizzen) findet man Experimente zum thermischen Verhalten, zur Brennbarkeit und zum Verhalten beim Kontakt mit Lösemitteln vor – aber, war das nicht schon irgendwie, irgendwo?

Experimente mit speziellen Kunststoffprodukten: Was sind Superabsorber? Woraus bestehen Joghurtbecher, Tischtennisbälle, Basotect®-Schmutzradierer (Hat das schon einmal wer gehört?), Folien, PET-Flaschen, Korken und andere Flaschenverschlüsse, Kunststoffbestecke,... Wie unterscheidet man Perlmutt von Perlmuttimitaten?

Leider gibt es keine Versuchsfotos dazu. Nach Kunststoffprodukten aus dem Baumarkt endet das Buch abrupt. Etwas unbefriedigend. Man erwartet irgendwie ein Ende.

Alles in allem ein nettes Experimentierbuch mit guter Übersicht und vielen Experimenten, von denen die Hälfte gut verwendbar scheinen – das ist ein guter Schnitt auf dem Experimentierbuchsektor! Leider wirkt das Buch aufgrund fehlender Bilder etwas trocken und wenig einladend. Trotzdem empfehlenswert.

Christian Maśin

Feuersucher

Die Jagd nach dem Geheimnis der Lebensenergie

Gottfried Schatz

1. Aufl., viii + 221 S., 21 Abb.
Hardcover. Wiley-VCH 2011
ISBN 978-3-527-33084-3
EUR 24.90

Gottfried Schatz, geboren 1936 im südburgenländischen Strem, studierte Chemie in Graz und musste sich die von ihm gesuchten Kenntnisse zur Biophysik im Selbststudium aneignen. Durch die Kindheit im zweiten Weltkrieg geprägt bezeichnet er sich als Marskind. Stark prägten ihn die Nachkriegsjahre mit dem politischen System des Proporz, der ein Wiederaufflammen des Bürgerkriegs der 1930er-Jahre verhindern sollte, aber gleichzeitig auch an den Universitäten – u.a. durch Verdrängen der Ereignisse der Nazizeit – zur Stagnation führten, was er ablehnte und woran er seine geistige Unabhängigkeit entwickelte.

Schatz sah sich – nach Arbeit am Wiener Institut von Prof. Tuppy, wo er zum Mitentdecker der DNA von Hefe-Mitochondrien wurde allein schon durch die Beschreibung dieser „Oasenjahre“ ist das Buch sehr zu empfehlen – zur Auswanderung gezwungen, um seinem Ziel, die Energieproduktion der Zelle, das „Lebensfeuer“, zu verstehen, näher zu kommen. Schatz hat vor allem in den USA und schließlich am Biozentrum in Basel geforscht, eine Rückkehr nach Österreich scheiterte. Im Mittelpunkt von Schatz' Leben steht die Entschlüsselung der Mitochondrien und die Rivalitäten der Hauptpersonen im Rennen um den wissenschaftlichen Sieg. Auch Betrug in der Wissenschaft als Folge des überzogenen Wettbewerbs wird an Beispielen gezeigt.

Nicht nur dumme Amtsschimmel in Österreichs Behörden haben Gottfried Schatz frustriert, seine Erlebnisse als Präsident des Schweizer Wissenschaftsrates mit Politikern und Kollegen hinterließen ebenfalls Spuren.

Das sehr lesenswerte Buch ist eine Mischung aus privater und wissenschaftlicher Autobiografie, aus einem Einblick in den Wissenschaftsbetrieb und aus altersweisen philosophischen Betrachtungen. Vielleicht springt der Funke vom Schatz'schen Feuer auf jugendliche Leser über! (Sehr zu empfehlen ist auch die Essay-Sammlung des Autors „Die Welt, in der wir leben“).

Helmut Kühnelt