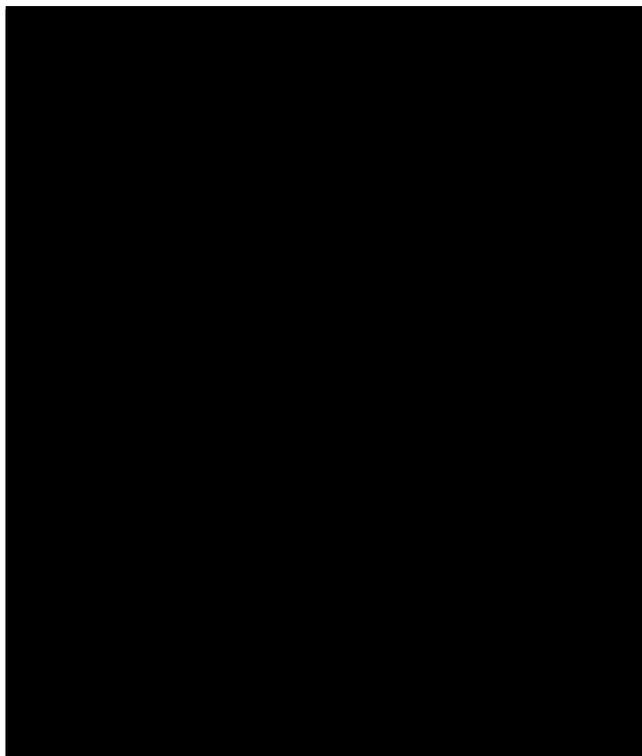


PLUS LUCIS

1/99

VEREIN ZUR FÖRDERUNG DES PHYSIKALISCHEN UND CHEMISCHEN UNTERRICHTS
ÖSTERREICHISCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT - FACHAUSSCHUSS LEHRER AN HÖHEREN SCHULEN

Schwarzschildeffekt
Science Across the World
Hubble-Weltraumteleskop
Totale Sonnenfinsternis
Freihandexperimente
Bücher



**Physik
Chemie**

Impressum

PLUS LUCIS, Mitteilungsblatt des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts und des Fachausschuß LHS der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft.

Erscheint drei- bis viermal jährlich.

Medieninhaber und Herausgeber: Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, p. Adr. Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofgasse 4, 1090 Wien.

Redaktionsteam dieser Ausgabe: H. Kühnelt, W. Haslauer, W. Rentzsch und Helga Stadler.

Preis des Einzelhefts: S 70,-, für Mitglieder S 40,- (ist im Mitgliedsbeitrag enthalten). Die jährliche Abonnementgebühr für Nichtmitglieder beträgt S 200,-

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:

Grundlegende Richtung: Fortbildung und fachliche Information für Physik- und Chemielehrer, organisatorische Mitteilungen, Vereins-interna.

Beiträge werden erbeten an:

Dr. H. Kühnelt, Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofg. 4, 1090 Wien, Telefon: 01-31367-3415. e-mail: Helmut.Kuehnelt@univie.ac.at

HOL W. Haslauer, Wienerstr. 21, 3250 Wieselburg

Mag. H. Stadler, Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofg. 4, 1090 Wien

Es wird gebeten, Beiträge nach Möglichkeit auf Diskette (MS-DOS, Windows oder Macintosh) einzureichen. Bevorzugtes Dateiformat: MS-Word.

Inhalt

Vorwort 1

Aktuelles

Die Sonnenfinsternis am 8. Juli 1842 2

Kopf hoch!

Zur totalen Sonnenfinsternis am 11. August 1999..... 6

Das Hubble-Weltraumteleskop

Neue Perspektiven für die Astronomie – Teil 1 10

Walter Kohn, Nobelpreis für Chemie 1998 22

Science Across the World -

neue Impulse für den Naturwissenschaftlichen Unterricht 24

29. Internationale Physik Olympiade 1998 in Reykjavik/Island 26

Historisches

Karl Schwarzschild und sein fotografischer Effekt..... 18

Fortbildung

DPG-Fortbildungskurse für Physiklehrer 1999 35

Diverses

Rückblick auf die Fortbildungswoche 1999 23

Schülertext..... 31

Dihydrogenmonoxid verbieten?..... 36

Texte und Aphorismen zu Physik und Physikunterricht 36

Freihandexperimente

Farbe wegblasen 32

Die Ballonzündung..... 32

Knallgasböllerei im Schüler-Do-It-Yourself-Verfahren 33

Bleistiftspitzer in Speiseessig 33

Bücher 38

Umschlagbild: Prof. Dr. Wolfgang Bürger (Universität Karlsruhe) hielt zwei Vorträge "Spielerei und Wissenschaft" im Rahmen der Fortbildungswoche 1999 und für Schüler im Technischen Museum Wien. Er demonstriert hier ein Modell des Klettermaxe. (Photo: P. Grumet)

Virtuelle Schule

Jedes Wort löst Assoziationen aus. Denken Sie bei der *Virtuellen Schule* an Fernstudium, an Cyber School? Fällt Ihnen dabei "Non scholae, sed vitae discimus" ein? Die Virtuelle Schule, Virtual School, als Initiative europäischer Unterrichtsministerien und Schulnetze wird etwa gar der erste, der nächste Schritt zum Lernen allein zu Hause sein? Hat jemand die Vorstellung, Gebäudekosten, Personalkosten einzusparen durch Virtualisierung der Schule? Zugegeben, alle Vorstellungen sind möglich - doch was ist The Virtual School?

The Virtual School soll ein Treffpunkt für Lehrerinnen und Lehrer werden, europaweit! Im European Schoolnet EUN, einer Initiative aller europäischer Bildungsministerien, bildet The Virtual School, kurz VS, einen von mehreren Pfeilern. Dieser Pfeiler ist spezifisch zur Unterstützung und Vernetzung der Lehrkräfte in den einzelnen Fächern gedacht, daher erfolgt die Gliederung nach Departments, doch auch fächerübergreifende Ideen sollen nicht zu kurz kommen.

So wie in der Einführung der Informatik Österreich innerhalb Europas eine Vorreiterrolle übernommen hat, ist es auch diesmal - nur stehen offensichtlich nicht die damaligen finanziellen Mittel zur Verfügung. 4 von 14 Departments werden von Österreich koordiniert: Englisch (durch Maria Wiesinger, Schladming) und Französisch (durch Christian Ollivier, Salzburg) - noch einigermaßen verständlich beim Unterricht von Fremdsprachen, die doch so wichtig für das Fremdenverkehrsland sind -, und Chemie (Karl Hagenbuchner, Traun) sowie Physik (H. Kühnelt mit Andrea Mayer). Daß es zu so einem starken Engagement kommt, ist MR Dr. R. Hawle zu verdanken, der im BMUKA EUN und Virtual School vehement vertritt.

Welche Ziele verfolgt VS, insbesondere im Bereich Chemie und Physik?

Wichtigstes Anliegen ist die Nutzung der Möglichkeiten der weltweiten Vernetzung für den Unterricht. Die Schule ist schon aus sozialen Gründen unersetzlich, also besteht kein Grund zu den oben angeführten Befürchtungen, daß Schule durch Surfen im Internet ersetzt werden soll.

VS-Nawi soll ein Äquivalent zu den Naturwissenschaftlichen Sammlungsräumen in der Schule werden: Materialien, Unterrichtsideen, konkrete Hilfsmittel sollen geordnet zu finden sein, Erfahrungsaustausch und die Möglichkeit zur Planung gemeinsamer Projekte sollten nicht nur in den kurzen Pausen zwischen zwei Stunden möglich sein. Hinzu kommt der Aspekt, daß nicht nur die Kolleginnen und Kollegen der eigenen Schule mögliche Partner sind, sondern ganz Europa im VS vertreten ist.

Im nächsten halben Jahr sollte - auch mit Ihrer Beteiligung - VS lebendig werden. Bei der Interpädagogica 1999 und in den Netdays 99 (13.-21.11.1999) sollte sie kräftig vertreten sein. Teilen Sie uns Ideen mit, nennen Sie uns Partner. Senden sie uns e-Nachrichten an
hagenbu@eunet.at,
andrea.mayer@iic.wifi.at,
helmut.kuehnelt@univie.ac.at.

Wer die Chemie-Seiten noch nicht kennt, surfe bei:
<http://www.eduhi.at/schule/chemie/chemie.htm>;

unter <http://www.asn-linz.ac.at/schule/brgwelswall/> finden Sie SUMIT, den Service für Unterrichtsmaterialien der ÖPG.

Im letzten Heft wurde auf das Heft "Anders unterrichten" von *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik* (August 1998) und das Buch *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung - Perspektiven für die Unterrichtspraxis* von Häußler, Bündler, Duit, Gräber, Mayer hingewiesen. Aufgrund einer Sammelbestellung können beide zu günstigem Preis (öS 80, bzw. öS 160) beim Förderverein bestellt werden.

Berichten Sie doch die Erfahrungen! Darüber würde sich freuen

Ihr Helmut Kühnelt

The logo for PhysicsNet, featuring the word "Physics" in a large, bold, sans-serif font, with "Net" in a smaller, stylized font below it, all enclosed in a circular border.

Physik im Internet am BORG Graz Hasnerplatz <http://www.hasnerpl.asn-graz.ac.at/physik>

Dem Unterricht aus Physik kommt eine immense Bedeutung zu: das mitgebrachte Grundinteresse nach Beobachtung und Erklärung von Naturvorgängen muß bewahrt, gefördert und vertieft werden. Dazu kann unter anderem auch das Internet innovativ und zielführend verwendet werden. Am BORG Hasnerplatz entsteht seit September 1998 ein Physiknetz für den Schulbereich, welches Lehrern, Schülern und allen Physikinteressierten die Arbeit im Internet erleichtern, als Wissensquelle dienen und Physik verständlicher machen soll.

Die Physik sollte alle ansprechen und nicht nur einem kleinen Kreis vorbehalten bleiben. Die Seiten beinhalten Unterrichtsmaterial, Physikstunden im Internet, Physikversuche, themenorientierte und ausgewählte Linkseiten, Projekte, Lehrpläne, Java, sowie auch die Internetseiten der Arbeitsgemeinschaft Physik der AHS Steiermark.

Physikstunden im Internet sind speziell zusammengestellte Unterrichtseinheiten für Schüler, die im Physikunterricht sofort eingesetzt werden können, aber auch allen Physikinteressierten die Möglichkeit geben zu einem bestimmten Thema (z.B. Sonnenfinsternis am 11. August 1999) dazuzulernen.

Im Unterrichtsmaterial findet man didaktische Beispiele für den Unterricht, aber auch Javaprogramme und Links, die die Möglichkeit bieten Naturerscheinungen und physikalische Vorgänge am Computer durchzuspielen.

Bei den Versuchen sind vor allem Arbeitsblätter bereitgestellt, anhand derer einfache Physikversuche durchgeführt, erlebt und verstanden werden können. Das PhysicsNet am BORG-Hasnerplatz ist auch bereits im Europäischen Schulnetz (EUN) inkludiert.

Webmaster und Betreuerin der WWW-Seiten der AG Physik an AHS in der Steiermark ist Mag. Andrea Mayer (BORG Hasnerplatz, Mitarbeiterin an der AG Physik Stmk)

Die Sonnenfinsternis am 8. Juli 1842

Adalbert Stifter

Es gibt Dinge, die man fünfzig Jahre weiß, und im ein- undfünfzigsten erstaunt man über die Schwere und Furchtbarkeit ihres Inhaltes. So ist es mir mit der totalen Sonnenfinsternis ergangen, welche wir in Wien am 8. Juli 1842 in den frühesten Morgenstunden bei dem günstigsten Himmel erlebten. Da ich die Sache recht schön auf dem Papiere durch eine Zeichnung und Rechnung darstellen kann und da ich wußte, um so und so viel Uhr trete der Mond unter der Sonne weg und die Erde schneide ein Stück seines kegelförmigen Schattens ab, welches dann wegen des Fortschreitens des Mondes in seiner Bahn und wegen der Achsendrehung der Erde einen schwarzen Streifen über ihre Kugel ziehe, was man dann an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten in der Art sieht, daß eine schwarze Scheibe in die Sonne zu rücken scheint, von ihr immer mehr und mehr wegnimmt bis nur eine schmale Sichel übrigbleibt und endlich auch die verschwindet - auf Erden wird es da immer finsterner und finsterner, bis wieder am anderen Ende die Sonnensichel erscheint und wächst und das Licht auf Erden nach und nach wieder zum vollen Tage anschwillt - dies alles wußte ich voraus, und zwar so gut, daß ich eine totale Sonnenfinsternis im voraus so treu beschreiben zu können vermeinte, als hätte ich sie bereits gesehen. Aber da sie nun wirklich eintraf, da ich auf einer Warte hoch über der ganzen Stadt stand und die Erscheinung mit eigenen Augen anblickte, da geschahen freilich ganz andere Dinge, an die ich weder wachend noch träumend gedacht hatte und an die keiner denkt, der das Wunder nicht gesehen. - Nie und nie in meinem ganzen Leben war ich so erschüttert, von Schauer und Erhabenheit so erschüttert, wie in diesen zwei Minuten - es war nicht anders, als hätte Gott auf einmal ein deutliches Wort gesprochen, und ich hätte es verstanden. Ich stieg von der Warte herab, wie vor tausend und tausend Jahren etwa Moses von dem brennenden Berge herabgestiegen sein mochte, verwirrten und betäubten Herzens.

Es war ein so einfach Ding. Ein Körper leuchtet einen andern an, und dieser wirft seinen Schatten auf einen dritten: aber die Körper stehen in solchen Abständen, daß wir in unserer Vorstellung kein Maß mehr dafür haben, sie sind so riesengroß, daß sie über alles, was wir groß heißen, hinausschwellen - ein solcher Komplex von Erscheinungen ist mit diesem einfachen Dinge verbunden, eine solche moralische Gewalt ist in diesen physischen Hergang gelegt, daß er sich unserem Herzen zum unbegreiflichen Wunder emportürmt. Vor tausendmal tausend Jahren hat Gott es so gemacht, daß es heute zu dieser Sekunde sein wird; in un-

sere Herzen aber hat er die Fibern gelegt, es zu empfinden. Durch die Schrift seiner Sterne hat er versprochen, daß es kommen werde nach tausend und tausend Jahren, unsere Väter haben diese Schrift entziffern gelernt und die Sekunde angesagt, in der es eintreffen müsse; wir, die späten Enkel, richten unsere Augen und Sehröhre zu gedachter Sekunde gegen die Sonne, und siehe, es kommt - der Verstand triumphiert schon, daß er ihm die Pracht und Einrichtung seiner Himmel nachgerechnet und abgelernt hat - und in der Tat, der Triumph ist einer der gerechtesten des Menschen - es kommt, stille wächst es weiter, aber siehe, Gott gab ihm auch für das Herz etwas mit, was wir nicht voraus gewußt und was millionenmal mehr wert ist, als was der Verstand begriff und vorausrechnen konnte: das Wort gab er ihm mit: "Ich bin" - "nicht darum bin ich, weil diese Körper sind und diese Erscheinung, nein, sondern darum, weil es euch in diesem Momente euer Herz schauernd sagt und weil dieses Herz sich doch trotz der Schauer als groß empfindet." - Das Tier hat gefürchtet, der Mensch hat angebetet.

Ich will es in diesen Zeilen versuchen, für die tausend Augen, die zugleich an jenem Momente zum Himmel aufblickten, das Bild, und für die tausend Herzen, die zugleich schlugen, die Empfindung nachzumalen und festzuhalten, insoferne dies eine schwache, menschliche Feder überhaupt zu tun imstande ist.

Ich stieg um fünf Uhr auf die Warte des Hauses Nr. 495 in der Stadt, von wo aus man die Übersicht nicht nur über die ganze Stadt hat, sondern auch über das Land um dieselbe bis zu dem fernsten Horizonte, an dem die ungarischen Berge wie zarte Luftbilder dämmern. Die Sonne war bereits herauf und glänzte freundlich auf die rauchenden Donauauen nieder, auf die spiegelnden Wässer und auf die vielkantigen Formen der Stadt, vorzüglich auf die Stephanskirche, die ordentlich greifbar nahe an uns aus der Stadt wie ein dunkles, ruhiges Gebirge aus Gerölle emporstand. Mit einem seltsamen Gefühle schaute man die Sonne an, da an ihr nach wenigen Minuten so Merkwürdiges vorgehen sollte. Weit draußen, wo der große Strom geht, lag eine dicke, langgestreckte Nebellinie, auch im südöstlichen Horizonte krochen Nebel und Wolkenballen herum, die wir sehr fürchteten, und ganze Teile der Stadt schwammen in Dunst hinaus. An der Stelle der Sonne waren nur ganz schwache Schleier, und auch diese ließen große blaue Inseln durchblicken.

Die Instrumente wurden gestellt, die Sonnengläser in Bereitschaft gehalten, aber es war noch nicht an der Zeit. Unten ging das Gerassel der Wägen, das Laufen und Treiben an - oben sammelten sich betrachtende Menschen, unsere Warte füllte sich, aus den Dachfenstern der umstehenden Häuser blickten Köpfe, auf

Diese Erzählung ist als bibliophile Ausgabe in der *Bibliothek der Provinz*, Weitra erschienen.

Dachfirsten standen Gestalten, alle nach derselben Stelle des Himmels blickend, selbst auf der äußersten Spitze des Stephansturmes, auf der letzten Platte des Baugerüstes, stand eine schwarze Gruppe, wie auf Felsen oft ein Schöpfchen Waldanflug - und wie viele tausend Augen mochten in diesem Augenblicke von den umliegenden Bergen nach der Sonne schauen, nach derselben Sonne, die Jahrtausende den Segen herabschüttet, ohne daß einer dankt - heute ist sie das Ziel von Millionen Augen -; aber immer noch, wie man sie mit den dämpfenden Gläsern anschaut, schwebt sie als rote oder grüne Kugel, rein und schön umzirkelt, in dem Raume.

Endlich, zur vorausgesagten Minute - gleichsam wie von einem unsichtbaren Engel empfing sie den sanften Todeskuß - ein feiner Streifen ihres Lichtes wich vor dem Hauche dieses Kusses zurück, der andere Rand wallte in dem Glase des Sternrohres zart und golden fort - "es kommt", riefen nun auch die, welche bloß mit dämpfenden Gläsern, aber sonst mit freien Augen hinaufschauten - "es kommt" - und mit Spannung blickte nun alles auf den Fortgang. Die erste seltsame, fremde Empfindung rieselte nun durch die Herzen, es war die, daß draußen in der Entfernung von Tausenden und Millionen Meilen, wohin nie ein Mensch gedrungen, an Körpern, deren Wesen nie ein Mensch erkannte, nun auf einmal etwas zur selben Sekunde geschehe, auf die es schon längst der Mensch auf Erden festgesetzt. Man wende nicht ein, die Sache sei ja natürlich und an den Bewegungsgesetzen der Körper leicht rechenbar; die wunderbare Magie des Schönen, die Gott den Dingen mitgab, trägt nichts nach solchen Rechnungen, sie ist da, weil sie da ist, ja sie ist trotz der Rechnungen da, und selig das Herz, welches sie empfinden kann; denn nur dies ist Reichtum und einen andern gibt es nicht - schon in dem ungeheuern Raum des Himmlischen wohnt das Erhabene, das unsere Seele überwältigt, und doch ist dieser Raum in der Mathematik sonst nichts als groß.

Indes nun alle schauten und man bald dieses, bald jenes Rohr rückte und stellte und sich auf dies und jenes aufmerksam machte, wuchs das unsichtbare Dunkel immer mehr und mehr in das schöne Licht der Sonne ein - alle harrten, die Spannung stieg; aber so gewaltig ist die Fülle dieses Lichtmeeres, das von dem Sonnenkörper niederregnet, daß man auf Erden keinen Mangel fühlte, die Wolken glänzten fort, das Band des Wassers schimmerte, die Vögel flogen und kreuzten lustig über den Dächern, die Stephanstürme warfen ruhig ihre Schatten gegen das funkelnde Dach, über die Brücke wimmelte das Fahren und Reiten wie sonst, sie ahneten nicht, daß indessen oben der Balsam des Lebens, das Licht, heimlich wegsiechedennoch draußen an dem Kahlengebirge und jenseits des Schlosses Belvedere war es schon, als schliche Finsternis oder vielmehr ein bleigraues Licht wie ein böses Tier heran - aber es konnte auch Täuschung sein, auf unserer Warte war es lieb und hell, und Wangen und Angesichter der Nahestehenden waren klar und freundlich wie immer.

Seltsam war es, daß dies unheimliche, klumpenhafte, tief schwarze, vorrückende Ding, das langsam die Sonne wegfraß, unser Mond sein sollte, der schöne sanfte Mond, der sonst die Nächte so florig silbern beglänzte; aber doch war er es, und im Sternrohr erschienen auch seine Ränder mit Zacken und Wulsten besetzt, den furchtbaren Bergen, die sich auf dem uns so freundlich lächelnden Runde türmen.

Endlich wurden auch auf Erden die Wirkungen sichtbar und immer mehr, je schmaler die am Himmel glühende Sichel wurde; der Fluß schimmerte nicht mehr, sondern war ein taftgraues Band, matte Schatten lagen umher, die Schwalben wurden unruhig, der schöne sanfte Glanz des Himmels erlosch, als liefe er von einem Hauche matt an, ein kühles Lüftchen hob sich und stieß gegen uns, über den Auen startete ein unbeschreiblich seltsames, aber bleischweres Licht, über den Wäldern war mit dem Lichterspiele die Beweglichkeit verschwunden, und Ruhe lag auf ihnen, aber nicht die des Schlummers, sondern die der Ohnmacht - und immer fahler goß sich's über die Landschaft, und diese wurde immer starrer - die Schatten unserer Gestalten legten sich leer und inhaltslos gegen das Gemäuer, die Gesichter wurden aschgrau - erschütternd war dieses allmähliche Sterben mitten in der noch vor wenigen Minuten herrschenden Frische des Morgens. Wir hatten uns das Eindämmern wie etwa ein Abendwerden vorgestellt, nur ohne Abendröte; wie geisterhaft aber ein Abendwerden ohne Abendröte sei, hatten wir uns nicht vorgestellt, aber auch außerdem war dies Dämmern ein ganz anderes, es war ein lastend unheimliches Entfremden unserer Natur; gegen Südost lag eine fremde gelbrote Finsternis, und die Berge und selbst das Belvedere wurden von ihr eingetrunknen - die Stadt sank zu unsern Füßen immer tiefer wie ein wesenloses Schattenspiel hinab, das Fahren und Gehen und Reiten über die Brücke geschah, als sähe man es in einem schwarzen Spiegel - die Spannung stieg aufs höchste - einen Blick tat ich noch in das Sternrohr, er war der letzte; so schmal, wie mit der Schneide eines Federmessers in das Dunkel geritzt, stand nur mehr die glühende Sichel da, jeden Augenblick zum Erlöschen, und wie ich das freie Auge hob, sah ich auch, daß bereits alle andern die Sonnengläser weggetan und bloßen Auges hinaufschauten - sie hatten auch keines mehr nötig; denn nicht anders als wie der letzte Funke eines erlöschenden Dochtes schmolz eben auch der letzte Sonnenfunke weg, wahrscheinlich durch die Schlucht zwischen zwei Mondbergen zurück - es war ein ordentlich trauriger Anblick - deckend stand nun Scheibe auf Scheibe und dieser Moment war es eigentlich, der wahrhaft herzzermalmend wirkte - das hatte keiner geahnet - ein einstimmiges "Ah" aus aller Munde und dann Totenstille, es war der Moment, da Gott redete und die Menschen horchten.

Hatte uns früher das allmähliche Erblassen und Einschwinden der Natur gedrückt und verödet und hatten wir uns das nur fortgehend in eine Art Tod schwindend gedacht: so wurden wir nun plötzlich aufgeschreckt und emporgerissen durch die furchtbare Kraft und Gewalt der Bewegung, die da auf einmal durch den gan-

zen Himmel lag; die Horizontwolken, die wir früher gefürchtet, halfen das Phänomen erst recht bauen, sie standen nun wie Riesen auf, von ihrem Scheitel rann ein fürchterliches Rot, und in tiefem kalten, schweren Blau wölbten sie sich unter und drückten den Horizont Nebelbänke, die schon lange am äußersten Erdsäume gequollen und bloß mißfärbig gewesen waren, machten sich nun gelben und schauderten in einem zarten furchtbaren Glanze, der sie überlief - Farben, die nie ein Auge gesehen, schweiften durch den Himmel - der Mond stand mitten in der Sonne, aber nicht mehr als schwarze Scheibe, sondern gleichsam halb transparent wie mit einem leichten Stahlschimmer überlaufen, rings um ihn kein Sonnenrand, sondern ein wundervoller, schöner Kreis von Schimmer, bläulich, rötlich, in Strahlen auseinanderbrechend, nicht anders als gösse die oben stehende Sonne ihre Lichtflut auf die Mondeskugel nieder, daß es rings auseinanderspritzte - das Holdeste, was ich je an Lichtwirkung sah! - Draußen, weit über das Marchfeld hin, lag schief eine lange spitze Lichtpyramide gräßlich gelb, in Schwefelfarbe flammend, und unnatürlich blau gesäumt; es war die jenseits des Schattens beleuchtete Atmosphäre, aber nie schien ein Licht so wenig irdisch und so furchtbar, und von ihm floß das aus, mittelst dessen wir sahen. Hatte uns früher Eintönigkeit verödet, so waren wir jetzt erdrückt von Kraft und Glanz und Massen - unsere eigenen Gestalten hafteten darinnen wie schwarze, hohle Gespenster, die keine Tiefe haben; das Phantom der Stephanskirche hing in der Luft, die andere Stadt war ein Schatten, alles Rasseln hatte aufgehört, über der Brücke war keine Bewegung mehr; denn jeder Wagen und Reiter stand, und jedes Auge schaute zum Himmel - nie, nie werde ich jene zwei Minuten vergessen - es war die Ohnmacht eines riesenhaften Körpers, unserer Erde. - Wie heilig, wie unbegreiflich und wie furchtbar ist jenes Ding, das uns stets umflutet, das wir seelenlos genießen und das unseren Erdball mit solchen Schauern überzittern macht, wenn es sich entzieht, das Licht, wenn es sich nur so kurz entzieht. - Die Luft wurde kalt, empfindlich kalt, es fiel Tau, daß Kleider und Instrumente feucht waren- die Tiere entsetzten sich; - was ist das schrecklichste Gewitter, es ist ein lärmender Trödel gegen diese todesstille Majestät - mir fiel Lord Byrons Gedicht ein: "Die Finsternis", wo die Menschen Häuser anzünden, Wälder anzünden, um nur Licht zu sehen - aber auch eine solche Erhabenheit, ich möchte sagen, Gottesnähe in der Erscheinung dieser zwei Minuten, daß dem Herzen nicht anders war, als müsse er irgendwo stehen. - Byron war viel zu klein - es kamen wie mit einmal jene Worte des heiligen Buches in meinen Sinn, die Worte bei dem Tode Christi: "Die Sonne verfinsterte sich, die Erde bebte, die Toten standen aus den Gräbern auf, und der Vorhang des Tempels zerriß von oben bis unten." Auch wurde die Wirkung auf alle Menschenherzen sichtbar. Nach dem ersten Verstummen des Schrecks geschahen unartikulierte Laute der Bewunderung und des Staunens: der eine hob die Hände empor, der andere rang sie leise vor Bewegung, andere ergriffen sich bei denselben und drückten sich - eine Frau begann heftig zu weinen, eine andere in dem Hause neben uns fiel in Ohnmacht, und

ein Mann, ein ernster, fester Mann, hat mir später gesagt, daß ihm die Tränen herabgeronnen. Ich habe immer die alten Beschreibungen von Sonnenfinsternissen für übertrieben gehalten, so wie vielleicht in späterer Zeit diese für übertrieben wird gehalten werden; aber alle, so wie diese, sind weit hinter der Wahrheit zurück. Sie können nur das Geschehene malen, aber schlecht, das Gefühlte noch schlechter, aber gar nicht die namenlos tragische Musik von Farben und Lichtern, die durch den ganzen Himmel liegt - ein Requiem, ein Dies irae, das unser Herz spaltet, daß es Gott sieht und seine teuren Verstorbenen, daß es in ihm rufen muß: "Herr wie groß und herrlich sind deine Werke, wir sind wie Staub vor dir, daß du uns durch das bloße Weghauchen eines Lichtteilchens vernichten kannst und unsere Welt, den holdvertrauten Wohnort, in einen wildfremden Raum verwandelst, darin Larven starren!"

Aber wie alles in der Schöpfung sein rechtes Maß hat, so auch diese Erscheinung, sie dauerte zum Glücke sehr kurz, gleichsam nur den Mantel hat er von seiner Gestalt gelüftet daß wir hineinschauen, und augenblicks wieder zugehüllt, daß alles sei wie früher. Gerade da die Menschen anfangen, ihren Empfindungen Worte zu geben, also da sie nachzulassen begannen, da man eben ausrief: "Wie herrlich, wie furchtbar!" gerade in diesem Momente hörte es auf: mit eins war die Jenseitswelt verschwunden und die hiesige wieder da, ein einziger Lichttropfen quoll am Oberen Rande wie ein weißschmelzendes Metall hervor, und wir hatten unsere Welt wieder - er drängte sich hervor, dieser Tropfen, wie wenn die Sonne selber ordentlich froh wäre, daß sie überwunden habe, ein Strahl schoß gleich durch den Raum, ein zweiter machte sich Platz - aber ehe man nur Zeit hatte, zu rufen: "Ach!" bei dem ersten Blitz des ersten Atomes, war die Larvenwelt verschwunden und die unsere wieder da; das bleifarbene Lichtgrauen, das uns vor dem Erlöschen so ängstlich schien, war uns nun Erquickung, Labsal, Freund und Bekannter, die Dinge warfen wieder Schatten, das Wasser glänzte, die Bäume waren grün, wir sahen uns in die Augen - siegreich kam Strahl an Strahl, und wie schmal, wie winzig schmal auch nur noch erst der leuchtende Zirkel war, es schien, als sei uns ein Ozean von Licht geschenkt worden - man kann es nicht sagen, und der es nicht erlebt, glaubt es kaum, welche freudige, welche siegende Erleichterung in die Herzen kam: wir schüttelten uns die Hände, wir sagten, daß wir uns zeitlebens daran erinnern wollen, daß wir das miteinander gesehen haben - man hörte einzelne Laute, wie sich die Menschen von den Dächern und über die Gassen zuriefen, das Fahren und Lärmen begann wieder, selbst die Tiere empfanden es; die Pferde wieherten und die Sperlinge auf den Dächern begannen ein Freudengeschrei, so grell und närrisch, wie sie es gewöhnlich tun, wenn sie sehr aufgeregert sind, und die Schwalben schossen blitzend und kreuzend, hinauf, hinab, in der Luft umher. Das Wachsen des Lichtes machte keine Wirkung mehr, fast keiner wartete den Austritt ab, die Instrumente wurden abgeschraubt, wir stiegen hinab, und auf allen Straßen und Wegen waren heimkehrende Gruppen und Züge in den heftigsten, exaltiertesten Gesprächen und Ausruf-

fungen begriffen. Und ehe sich noch die Wellen der Bewunderung und Anbetung gelegt hatten, ehe man mit Freunden und Bekannten ausreden konnte, wie auf diesen, wie auf jenen, wie hier, wie dort die Erscheinung gewirkt habe, stand wieder das schöne, holde, wärmende, funkelnde Rund in den freundlichen Lüften, und das Werk des Tages ging fort; - wie lange aber das Herz des Menschen fortwogte, bis es auch wieder in sein Tagewerk kam, wer kann es sagen? Gebe Gott, daß der Eindruck recht lange nachhalte, er war ein herrlicher, dessen selbst ein hundertjähriges Menschenleben wenige aufzuweisen haben wird. Ich weiß, daß ich nie, weder von Musik noch Dichtkunst noch von irgendeinem Phänomen oder einer Kunst so ergriffen und erschüttert worden war - freilich bin ich seit Kindheitstagen viel, ich möchte fast sagen, ausschließlich mit der Natur umgegangen und habe mein Herz an ihre Sprache gewöhnt und liebe diese Sprache, vielleicht einseitiger, als es gut ist; aber ich denke, es kann kein Herz geben, dem nicht diese Erscheinung einen unverlöschlichen Eindruck zurückgelassen habe.

Ihr aber, die es im höchsten Maße nachempfunden, habet Nachsicht mit diesen armen Worten, die es nachzumalen versuchten und so weit zurückblieben. Wäre ich Beethoven, so würde ich es in Musik sagen; ich glaube, da könnte ich es besser.

Zum Schlusse erlaube man mir noch zwei kurze Fragen, die mir dieses merkwürdige Naturereignis aufdrängte.

Erstens. Warum, da doch alle Naturgesetze Wunder und Geschöpfe Gottes sind, merken wir sein Dasein in ihnen weniger, als wenn einmal eine plötzliche Änderung, gleichsam eine Störung derselben geschieht, wo wir ihn dann plötzlich und mit Erschrecken dastehen sehen? Sind diese Gesetze sein glänzendes Kleid, das ihn deckt, und muß er es lüften, daß wir ihn selber schauen?

Zweitens. Könnte man nicht auch durch Gleichzeitigkeit und Aufeinanderfolge von Lichtern und Farben ebensogut eine Musik für das Auge wie durch Töne für das Ohr ersinnen? Bisher waren Licht und Farbe nicht selbständig verwendet, sondern nur an Zeichnung haftend; denn Feuerwerke, Transparente, Beleuchtungen sind doch nur noch zu rohe Anfänge jener Lichtmusik, als daß man sie erwähnen könnte. Sollte nicht durch ein Ganzes von Lichtakkorden und Melodien ebenso ein Gewaltiges, Erschütterndes angeregt werden können wie durch Töne? Wenigstens könnte ich keine Symphonie, Oratorium oder dergleichen nennen, das eine so hehre Musik war als jene, die während der zwei Minuten mit Licht und Farbe an dem Himmel war, und hat sie auch nicht den Eindruck ganz allein gemacht, so war sie doch ein Teil davon.

Aktivitäten in Zusammenhang mit der totalen Sonnenfinsternis vom 11. August 1999 auf der Kuffner-Sternwarte

Ab Mai 1999 beginnen regelmäßige Führungen und Vorträge an der Sternwarte zum Thema *Im Schatten des Mondes*.

Kurzbeschreibung der Führung

Diese Spezialführung ist als Vorschau auf ein astronomisches Jahrhundertereignis gedacht: auf die Sonnenfinsternis über Österreich am 11. August 1999, die in weiten Teilen unseres Landes als total zu sehen sein wird, während für den überwiegenden Rest des Bundesgebietes noch mindestens 98% der Sonnenscheibe vom Mond verdeckt werden. Die Führung geht auf Entstehung und Sichtbarkeit dieses und ähnlicher Phänomene ein und gibt Hinweise zur sicheren und erfolgreichen Beobachtung.

Sondervortrag zur Sonnenfinsternis

Im Schatten des Mondes, zur totalen Sonnenfinsternis am 11. August 1999

Datum und Zeit: Mittwoch, 16. Juni 1999, 19.30 Uhr:

Ort: Kuffner-Sternwarte, Johann Staud-Straße 10, 1160 Wien

Vortragender: Dipl.-Ing. Mag. Peter Habison, Leiter der Sternwarte

Sonderveranstaltung zur Sonnenfinsternis am 11. August 1999

Die Sternwarte wird am Tag der Finsternis für maximal 100 Personen eine spezielle Führung veranstalten. Die Führung beinhaltet bei Schönwetter die direkte Beobachtung der Finsternis, die Beobachtung per Video durch den Großen Refraktor sowie zwei informative Vorträge zum Themenkreis "Sonnenfinsternisse". Karten für diese Veranstaltung sind ab etwa Mitte Mai auf der Sternwarte erhältlich.

Achtung! Die Sternwarte ist am Tag der Finsternis nur für jene Personen zugänglich, die eine Karte für die Veranstaltung gekauft haben.

Termine

Die Spezialführung *Im Schatten des Mondes* findet statt:

Mai 1999: Di, 4., 11. und 18.

Juni 1999: Fr, 4., 11. und 25.

Juli 1999: Sa, 3., 10., 17.; Di, 20.; Fr, 23.; Sa, 24.; Di, 27.; Fr, 30.; Sa, 31.

August 1999: Di, 3.; Fr, 6.; Sa, 7.; Di, 10.

Di und Fr um 21 Uhr, Sa 17 Uhr und 21 Uhr

Eine *Nachlese Sonnenfinsternis* findet statt:

Fr, 13. 8., 21 Uhr und Sa, 14. 8., 17 Uhr und 21 Uhr

Kopf hoch!

Zur totalen Sonnenfinsternis über Mitteleuropa am 11. August 1999

Roman J. Buchelt

Wenn am Mittwoch, dem 11. August dieses Jahres das Wetter mitspielt, wird erstmals nach 157 Jahren wieder eine totale Sonnenfinsternis über Teilen Österreichs zu sehen sein. Seit dem Jahr 1961 hat der Kernschatten des Mondes das europäische Festland gemieden - österreichisches Gebiet seit jener Finsternis am Morgen des 8. Juli 1842, die durch die Schilderung von Adalbert Stifter berühmt wurde. Die diesjährige Verfinsterung werden viele Landsleute zur besten Tageszeit, wenn die Sonne schon fast ihre Mittagshöhe erreicht hat, gleichsam vom Logenplatz aus verfolgen können.

Entstehung



Abb. 1: Die ringförmige Sonnenfinsternis vom 4. Juni 1992

Eine Sonnenfinsternis ist eigentlich eine besondere Form der Sternbedeckung, die jedoch nur zu Neumond möglich ist, wenn also Mond und Sonne in der gleichen Richtung stehen, und die, da der Erdtrabant die Sonne aufgrund ihrer Größe nicht schlagartig verdecken kann, in ausgeprägten Phasen verläuft. Anders formuliert, der Mond als von einer nicht-punktförmigen Lichtquelle (nämlich der Sonne) beleuchtetes Objekt wirft einen Halb- und einen Kernschatten und der genaue Verlauf einer Finsternis hängt einzig davon ab, ob und wie diese Schattenkegel die Oberfläche der Erde berühren. Daß *totale Sonnenfinsternisse* überhaupt auftreten können und dann auch noch so spektakulär ausfallen, verdanken wir dem Zufall, daß Sonne und Mond von der Erde aus etwa gleich groß erscheinen, weil die rund 400mal größere Sonne im Mittel auch 400mal weiter von der Erde entfernt ist als der Mond. Doch bei weitem nicht alle Sonnenfinsternisse sind total: während einer *partiellen (teilweisen) Sonnenfinsternis* berührt nur der Halbschatten des Mondes die Erdoberfläche, während sein Kernschatten unseren Planeten verfehlt und über dem Nordpol bzw. unter dem Südpol vorbeizieht. Eine weitere Möglichkeit wäre, daß der Kernschatten zwar auf die Erde weist, jedoch aufgrund der momentanen Entfernung des Mondes auf seiner exzentrischen Bahn nicht bis zur ihrer Oberfläche reicht. Der Mond scheint dem Beobachter dann zu klein, um die Sonnenscheibe vollständig zu bedecken, es kommt zu einer *ringförmigen Finsternis*, während der stets ein mehr oder weniger großer Kreisring der Sonnenscheibe sichtbar bleibt. Für alle Orte, die außerhalb des Kernschattenpfads, jedoch noch innerhalb der Halbschattenzone liegen, verlaufen totale und ringförmige Finsternisse natürlich ebenfalls partiell.

Die Erfahrung lehrt uns, daß nicht jeder Neumond zu einer Sonnenfinsternis führen muß. Aufgrund der Neigung der Mondbahn gegen die Bahnebene des Erdumlaufs um die

Sonne, der Ekliptik, zieht der Mond für einen Beobachter auf der Erde fast immer über oder unter der Sonne vorbei, sein Schatten berührt die Erdoberfläche nicht und es kommt zu keiner Finsternis. Nur wenn er sich zum Neumondtermin auf Höhe der Ekliptik befindet, kann eine Sonnenfinsternis eintreten. Man sagt auch, er muß in oder nahe einem seiner *Bahnknoten* stehen, das sind jene Punkte seiner geneigten Bahn, in denen er die Ekliptik durchstößt.

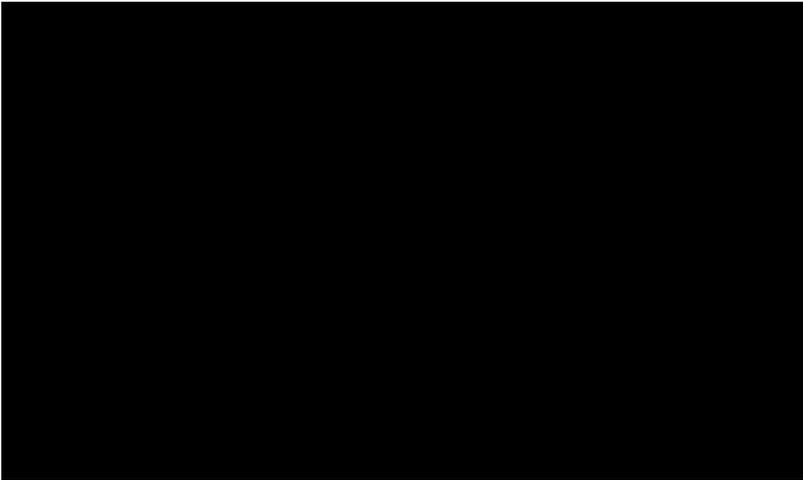
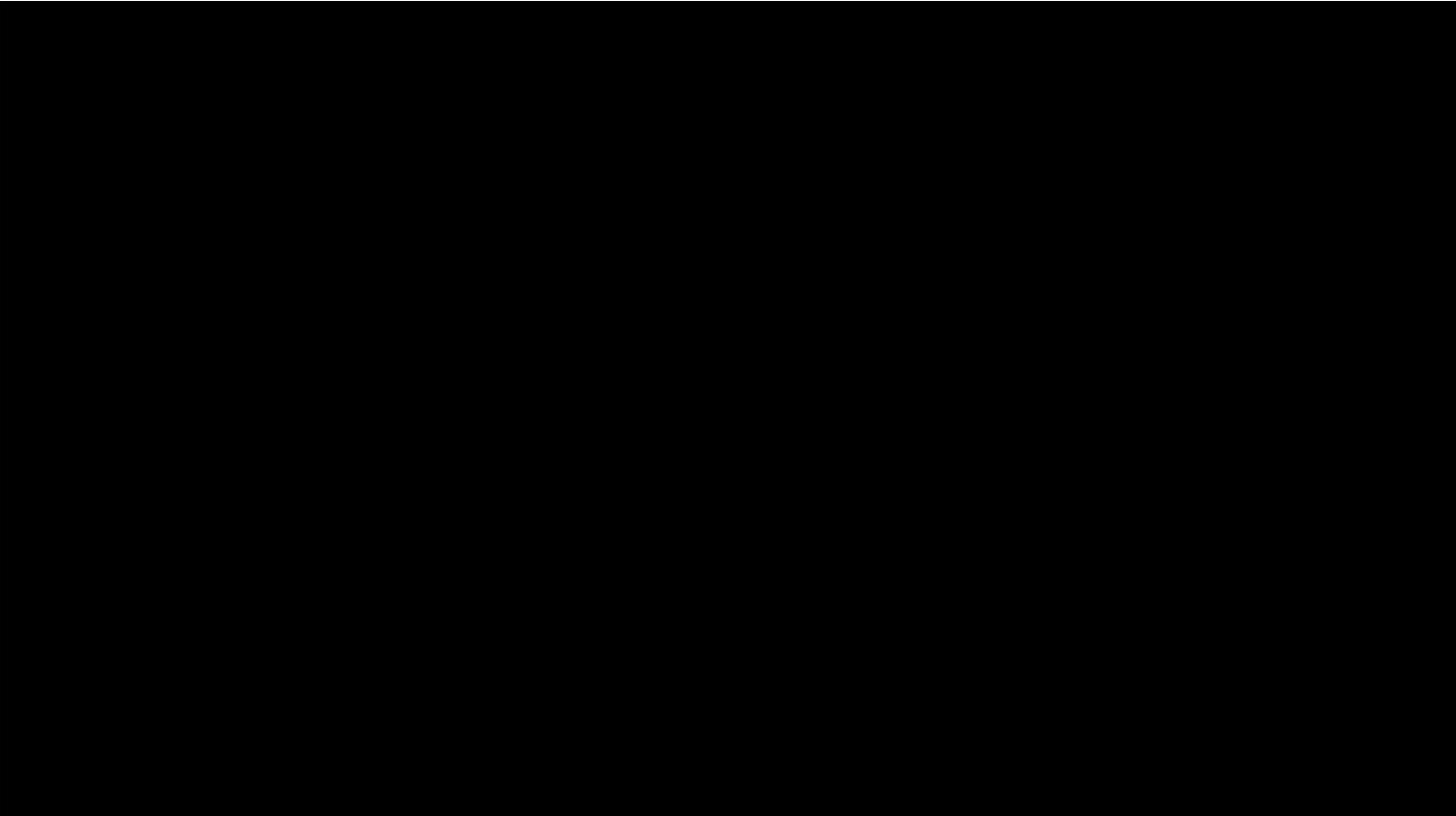
Das Auftreten von Finsternissen wird demnach durch zwei Perioden im Umlauf des Mondes bestimmt: die eine ist der bekannte *Lichtmonat*, auch *synodischer Monat* oder Lunation genannt, der zwischen zwei identischen Mondphasen, z. B. Vollmond liegt und im Mittel etwa 29,5 Tage dauert. Die andere ist jene *Zeitspanne*, die der Mond braucht, um von einem Knoten seiner Bahn wieder in denselben Knoten zu gelangen, diese heißt *drakonitischer* - oder *Drachenmonat* (hier dringt noch der Mythos vom Drachendämon durch, der die Sonnengottheit verschlingt und so die Finsternis hervorruft). Seine mittlere Dauer weicht mit 27,2 Tagen deutlich vom Lichtmonat ab, der Grund ist die überlagerte jährliche Bewegung der Erde um die Sonne, sie verlängert die Lunation. Für die Entstehung einer Sonnenfinsternis müssen beide Bedingungen (Neumond und Mond in Knotennähe) erfüllt sein, und so gibt es im Abstand von knapp sechs Monaten nur zwei-, mitunter dreimal im Jahr die Gelegenheit für Sonnen- bzw. Mondfinsternisse (für letztere lauten die Bedingungen analog: Vollmond und Mond in Knotennähe). Da die Mondbahn und ihre Knoten räumlich nicht unveränderlich sind (die gedachte Verbindungslinie zwischen den Bahnknoten, die *Knotenlinie*, dreht sich entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung des Mondes), fallen die Finsternistermine jedes Jahr knapp zehn Tage früher und wandern so nach und nach durch das ganze Kalenderjahr.

Daß eine Finsternis eintritt, bedeutet freilich weder, daß sie total verlaufen, noch daß sie von einem bestimmten Ort der Erde beobachtbar sein muß. Trotzdem fanden vermutlich schon die Priestergelehrten im antiken Babylon einen Schlüssel zum Verständnis der zeitlichen Aufeinanderfolge von Finsternissen, nämlich daß diese nach rund 18 Jahren wiederkehren. Das zugrunde liegende Muster, der sog. *Saros*, ist dem Zufall zu verdanken, daß 223 synodische Monate fast genau gleich 242 drakonitischen Monaten sind. Je nach Schaltregel wird sich 18 Jahre und 11 1/3 bzw. 10 1/3 Tage nach einer Sonnen-/Mondfinsternis wieder eine Sonnen-/Mondfinsternis ereignen, der Dritteltag bewirkt dabei eine Verschiebung des Sichtbarkeitsgebietes auf der Erdoberfläche um 120° westwärts. Finsternisse, die durch die Sarosperiode auseinander hervorgehen, faßt man zu einer ebenfalls Saros genannten Gruppe zusammen. Die Finsternis am 11. August gehört z. B. dem Saros Nr. 145 an und ist die 21. von 77 Finsternissen. Ihr Zyklus begann am 4. Jänner 1639 und wird am 17. April 3009, nach 1370 Jahren, enden.

Roman J. Buchelt, Kuffner-Sternwarte, Johann Staudstraße 10, 1160 Wien

Den Auftakt zur europäischen Jahrhundertfinsternis bildet ein un beobachtbares Ereignis, wenn der alte Mond um 03:55 mitteleuropäischer Sommerzeit (MESZ) den aufsteigenden Knoten seiner Bahn im Sternbild Krebs durchläuft. Um 10:26 erreicht der Halbschatten des Mondes mitten im Atlantik die Erdoberfläche, eine weitere Stunde später, um 11:31 setzt der Kernschatten vor der kanadischen Küste auf und der totale Abschnitt des Finsternisverlaufes beginnt. In den folgenden 40 Minuten überquert der Kernschatten als dunkle Projektion den Atlantik und hat auf den winzigen Scilly Islands vor der Südwestküste Englands um 12:10 MESZ erstmals Landkontakt; bereits eine Minute später streift er in Cornwall kurz das englische Festland und zieht mit der dreifachen Schallgeschwindigkeit Richtung Ärmelkanal weiter. Um 12:19 erreicht er die Normandie nördlich von LeHavre, er durchquert dann Teile Nordfrankreichs, streift Belgien und Luxemburg, wechselt nach Deutschland (Saarbrücken, Karlsruhe, Stuttgart, Augsburg, München) und erreicht um 12:39 österreichischen Boden, und zwar am äußersten Nordrand Tirols bzw. am west-

lichsten Zipfel Oberösterreichs. Zwei Minuten später liegt er über weiten Gebieten Oberösterreichs und dem Norden Salzburgs; mit Mach 2 rast er weiter durch das südliche Niederösterreich und einen Großteil der Steiermark, durchquert das Mittel- und Südburgenland und verläßt schließlich um etwa 12:48 österreichisches Staatsgebiet. Im Anschluß wandert er weiter über Ungarn (Szombathely, Balaton) und Rumänien, wo kurz vor Bukarest die maximale Totalitätsdauer von 2m23s erreicht wird. Ziemlich genau mit dem Eintreten des astronomischen Neumondes um 13:08 streift er Bulgarien und überquert dann das Schwarze Meer. Um 13:21 trifft der nunmehr junge Mond auf die türkische Schwarzmeerküste, streift Syrien und zieht über den Irak, den Iran, Pakistan und Indien zum Golf von Bengalen, wo sein Kernschatten die Erdoberfläche nach mehr als drei Stunden und über 14000 km Schattenpfad wieder verläßt. Die Finsternis endet schließlich, wenn auch der Halbschatten sich um 15:40, mitten im indischen Ozean, von der Erde löst.



Stadt	Beginn	Höhep.	Ende	Höhe	Bed.
Bregenz	11:13	12:35	13:59	57°	98.2%
Innsbruck	11:16	12:38	14:02	57°	98.5%
Salzburg	11:18	12:41	14:04	57°	2:04
Linz	11:21	12:43	14:04	57°	0:29
Klagenfurt	11:20	12:44	14:08	58°	98.3%
St.Pölten	11:23	12:45	14:08	57°	99.5%
Graz	11:22	12:45	14:09	58°	1:06
Wien	11:24	12:46	14:09	57°	99.0%
Eisenstadt	11:24	12:47	14:10	57°	99.9%

ihr Ablauf in den Landeshauptstädten.

Es heißt also an diesem Tag zur richtigen Zeit am rechten Ort zu sein und zu wissen, worauf man achten muß und was es zu sehen gibt. Da der Mond sich, entgegen seiner täglichen Auf- und Untergangsbewegung, pro Stunde um etwa seinen eigenen Durchmesser nach Osten weiterbewegt (eine Folge seines monatlichen Erdumlaufs), berührt er für einen Ort innerhalb

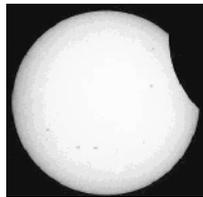


Abb. 4: Aller Anfang ist partiell.

der Totalitätszone rund eine Stunde vor der Mitte der Finsternis erstmals die Sonne entlang ihres westlichen Randes, dies ist der "erste Kontakt". Mit freiem Auge zunächst unmerklich (siehe Beobachtungshinweise), beginnt er sich stetig vor die Sonne zu schieben und wird bald als schwarze Delle am Sonnenrand erkennbar. Während der Mond mehr und mehr von der sichtbaren Sonnenscheibe bedeckt, wird es langsam dunkler, bis in den letzten Minuten vor Beginn der Totalität die Tageshelligkeit jäh abnimmt. Noch während eine zusehends dünner werdende Sonnensichel am Himmel steht, kann man ein interessantes Phänomen beobachten: dünne Wellenlinien, *fliegende Schatten* genannt, bewegen sich, ähnlich den Schattencolumnen am Boden eines Schwimmbeckens, über gleichmäßige Flächen wie etwa Hausmauern oder Böden. Wenn schließlich auch der letzte dünne Bogen Sonnenlichtes verlöscht, bleibt eine Gruppe von Lichtpunkten am Mondrand etwas länger sichtbar. Da sie gleichsam aufgefädelt erscheinen, spricht man vom *Perlschnurphänomen*, es sind die allerletzten Sonnenstrahlen, die noch durch Täler am östlichen Mondrand hindurchdringen, während die umgebenden Mondberge bereits über den Rand der Sonne hinausragen. Auch sie verschwinden nach und nach, und wenn nur mehr ein einziger übrig ist, wird bereits die dunkle Kontur des Mondes vor der Sonnenkorona sichtbar, und es entsteht der sogenannte *Diamantring*. Dieser Moment markiert den Beginn der Totalität und die Ankunft des Kernschattens beim Beobachter ("zweiter Kontakt"). Es wird stockdunkel, und wo zuvor die Sonne war, prangt nun der schwarze Umriß des Mondes. Nur gegen den Horizont hin bleibt ringsum ein dämmeriges Leuchten in roten und schwefelig gelben Farbtönen, dort sieht man das Streulicht aus jenem Teil der Atmosphäre, der nicht vom Kernschatten erfaßt wird. Um den Mond strahlt das perlmuttfarbene Licht der Korona, der äußersten Atmosphäre der Sonne, die nur zu solchem Anlaß sichtbar wird, ihre Form wird vom momentanen Stand im solaren Fleckenzzyklus bestimmt. Am Rand der Sonne sind oftmals Protuberanzen zu sehen, rötliche



Abb. 5: Die Korona während der totalen Finsternis vom 26. 2. 1998

wolkenartige Auswüchse der Sonnenatmosphäre. Und wo untermittags plötzlich das gleißende Licht der Sonne fehlt, gibt es auch noch andere Attraktionen: helle Sterne und Planeten (Merkur, Venus) werden sichtbar, und mit etwas Glück kann man sogar einen kleinen Kometen in Sonnennähe beobachten.

Ebenso unvermittelt, wie der Kernschatten des Mondes den Beobachter erfaßt hat, gibt er ihn schließlich auch wieder frei, ein erster Sonnenstrahl durchbricht den Westrand der schwarzen Mondscheibe und die Totalität ist vorüber. Effekte wie das Perlschnurphänomen und die fliegenden Schatten treten nun in umgekehrter Reihenfolge auf und das Tageslicht ergreift zunehmend Besitz von der Umgebung. In der folgenden Stunde

gibt der Mond die Sonnenscheibe langsam wieder frei und bald ist der Sonne keine Veränderung mehr anzumerken.

Es sei nochmals betont, daß die totale Phase und die mit ihr verbundenen Phänomene *nur vom Totalitätsgebiet* aus beobachtet werden können (siehe Karte). Orte außerhalb dieses Gebietes erleben lediglich eine, wenn auch sehr starke, teilweise Verfinsternung.

Geschichte

Finsternisse hatten seit jeher mythologische und ominöse Bedeutung, sie wurden als eine Störung der kosmischen Ordnung empfunden und verhiessen als Vorzeichen meist nichts Gutes. Die primäre Reaktion der Menschen war eine verständliche Furcht, die Angst vor der ewigen Finsternis ohne die Sonne, die Licht und Wärme gibt und die Saat keimen läßt. Man unternahm alles, um das Tageslicht zurückzuholen: der Dämon, der hier die Sonne zu verschlingen drohte, wurde mit Gebrüll und Geheule empfangen und man erzeugte auf jede erdenkliche Weise Lärm, um ihn zur Aufgabe zu zwingen. Einige Indianerstämme Nordamerikas fürchteten, daß während einer Finsternis das Feuer der Sonne verlöschen würde, und schossen deshalb sogar brennende Pfeile in den Himmel, um es wieder zu entfachen. Als bereits bekannt war, daß es "nur" der Mond ist, der während einer Sonnenfinsternis sein schwarzes Profil vor das Tagesgestirn drängt, schrieb man immerhin noch dem Schatten des Mondes eine unheilbringende Wirkung zu: er könne Seuchen unter den Tieren hervorrufen, sei die Ursache von Erdbeben und Fluten und bringe auch den Menschen Krankheit und Tod. Bis ins letzte Jahrhundert wurden mancherorts die Brunnen zugedeckt, so daß die "schwarze Sonne" sie nicht vergiften konnte.

Wissenschaft

Schon Kepler und Cassini hatten die Erscheinung der Korona beschrieben, Halley und sogar noch Doppler hielten sie für eine dünne Atmosphäre des Mondes. Bis zur Mitte des letzten Jahrhunderts war keineswegs klar, ob Korona und Protuberanzen zur Sonne oder zum Mond gehören, ob es sich um Ausdünstungen der Erdatmosphäre oder überhaupt um eine optische Täuschung handelt. Als der solare Ursprung der Korona dann endlich feststand und man an die spektroskopische Erforschung ihres Lichtes ging, fand man dabei zunächst die Spektrallinien der verschiedensten chemischen Elemente, wie sie auch auf der Erde vorkommen (Spektrallinien, die ein Element hervorruft, d.h. das ausgeprägte Vorhandensein bestimmter Wellenlängen im beobachteten Licht, sind eine Art physikalischer Fingerabdruck, ein untrügliches Zeichen dafür, daß das nämliche Element im Beobachtungsobjekt vorhanden sein muß). Zur Verwirrung der Wissenschaftler aber fanden sich im Licht der Korona auch Spektrallinien, die zu keinem bekannten Element paßten - also taufte man diesen Neuling kurzerhand "Coronium". Erst später stellte sich heraus, daß es sich um die Spektrallinien hochionisierter Eisenatome handelt, wie sie unter irdischen Bedingungen nie auftreten. Auf ganz ähnliche Weise wurde in der Sonne übrigens tatsächlich ein Element entdeckt: wenn die Chromosphäre der Sonne im Verlauf einer totalen Sonnenfinsternis für wenige Sekunden sichtbar wird, kann sie auch spektrographiert werden, so fand man die Linien eines bislang unbekanntes Elementes, des Heliums (*grch. *hélíos* = Sonne).

Wie jede Sternbedeckung durch den Mond erlaubt auch eine Sonnenfinsternis Rückschlüsse auf den Rotationszustand der Erde, auf die Differenz zwischen dem stetigen Zeitmaß der Astronomen und der bürgerlichen Weltzeit, die ja auf der täglichen Drehung der Erde beruht. Umgekehrt wird damit auch die im Detail recht komplizierte Bewegung des Mondes entlang seiner Bahn genau beobachtet. Zu den astrophysikalischen Aspekten zählen z.B. die Feststellung von Form und Zustand der Korona, die Beobachtung des Sonnendurchmessers oder der exakte Wert der Lichtablenkung am Sonnenrand, wie ihn die Allgemeine Relativitätstheorie Einsteins vorhersagt.

Beobachtung

Eine Sonnenfinsternis falsch zu beobachten, kann gefährlich sein. Das soll nicht heißen, daß es zu einem solchen Anlaß *gefährlicher* ist, die Sonne zu beobachten, als an irgendeinem anderen Tag - es ist nur verlockender, unvorsichtig zu sein und auf diese Weise sinnlos sein Augenlicht zu riskieren. Außer wenn der Mond die Sonne bereits vollständig verdeckt, sollten Sie *niemals direkt in die Sonne blicken*, nicht mit freiem Auge und schon gar nicht durch einen Feldstecher, Operngucker oder ähnliches - der Verlust Ihres Sehvermögens könnte die Folge sein. Verwenden Sie *Filter* oder geeignete *Projektionsverfahren* zur Darstellung des Sonnenbildes.

Ein vernünftiges Filter muß das sichtbare Licht der Sonne abschwächen und die gefährlichen unsichtbaren Anteile des Sonnenlichtes absorbieren. *Untaugliche Filter* sind: mehrere übereinandergestellte Sonnenbrillen, fotografisches Filmmaterial, CD-ROMs, Floppy-Disks, metallisierte Plastikverpackungen, gekreuzte Polarisationsfilter und auch die berühmte rußgeschwärzte Glasscheibe. *Empfehlenswert* hingegen sind insbesondere die sogenannten Mylar-Filter, das sind spezielle metallbeschichtete Folien, die sowohl in der Form von Fernrohrfiltern als auch von "Finsternisbrillen" mit Karton- oder Kunststoffrahmen angeboten werden, oder z.B. auch professionelle Schweißgläser der Dichte 14. Damit ist sicheres Beobachten gewährleistet, solange die Filterfolie nicht verletzt wird und - insbesondere bei Kindern - die Brille auch richtig sitzt. Während der Totalität kann und soll die Brille bzw. das Filter natürlich abgenommen werden.

Projektionsverfahren funktionieren entweder nach dem Prinzip der Lochkamera (camera obscura) oder mit optischen Hilfsmitteln, indem man einen Feldstecher oder ein Fernrohr als Projektor benützt. Eine *Lochkamera* ist einfach zu konstruieren, und wenn das erzeugte Bild auch klein und seine Qualität nicht überragend sein mag, so handelt es sich doch um eine lehrreiche, intuitive und zugleich sichere Form der Beobachtung. Man benötigt dazu ein an beiden Enden verschlossenes längliches Volumen (Kartonschachtel, Papprohr o.ä.) von mindestens 50x10x10cm, dessen vorderes Ende man mit einem Loch von etwa 2x2 cm versieht. Nahe dem hinteren Ende macht man in eine der Seitenwände einen Sehschlitz, so daß man bequem auf die dem Eintrittsloch gegenüberliegende Rückwand sehen kann, diese kleidet man innen mit einem Stück weißen Papier als Schirm aus. Das Loch am Vorderende wird nun mit Aluminiumfolie überklebt (in die kann man exaktere Löcher machen) und mit einer Nadel durchbohrt. Als Faustregel gilt, daß der Durchmesser dieses Loches 500-800mal kleiner als die Länge der Schachtel sein sollte (d.h. 0.6-1mm auf je 50cm Länge) - fertig! Richtet man diese Ka-

mera nun längs auf die Sonne (indem man sie so hält, daß die Schachtel einen möglichst kleinen Schatten wirft), so erkennt man durch den Sehschlitz in der Seitenwand eine Abbildung der Sonnenscheibe auf dem Schirm. Kleinere Löcher bzw. längere Schachteln erzeugen dabei größere, zugleich aber lichtschwächere Bilder und umgekehrt, hier mag jeder nach Belieben experimentieren. Kleine Abbilder der Sonnensichel während einer Finsternis, wie man sie unter Bäumen oder Sträuchern findet, entstehen übrigens nach demselben Prinzip, hier erfolgt die Projektion durch die kleinen Lücken zwischen den Blättern hindurch.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, *ein* Objektiv (*nicht* das Okular) eines Feldstechers zu verschließen und ihn dann so zu halten, daß der verbleibende Teil der Optik ein Bild der Sonne auf einen Schirm wirft. Das Verfahren ist insofern vorteilhaft, als eine partielle Phase von mehreren Beobachtern gleichzeitig verfolgt werden kann, die Gefahr bei dieser Methode ist allerdings, daß jemand auf die Idee kommen könnte, die Sonne direkt durch den Feldstecher zu betrachten. Auch kann sich bei noch kleinen Phasen die Optik des Feldstechers beträchtlich erwärmen, so daß man anfangs besser nicht zu lange projiziert, um keine Beschädigung zu riskieren. Obwohl der ungewöhnliche Eindruck der Korona in ihrer ganzen Ausdehnung bei freisichtiger Beobachtung am stärksten ist, kann man in der totalen Phase (und nur dann!) den Feldstecher auch direkt einsetzen, um mehr Details, etwa Protuberanzen, am Sonnenrand zu erkennen, doch ist hier schon Vorsicht geboten, denn die Totalität dauert immer kürzer als man denkt.

Beim Photographieren der partiellen Phasen einer Sonnenfinsternis gelten dieselben Regeln wie für die Beobachtung: nicht ohne Filter und vor allem nicht durch den Sucher in die Sonne schauen. Während der totalen Phase kann man wieder gefahrlos ohne Filter arbeiten, sollte aber wegen der unterschiedlich hellen Phänomene Reihen variabler Belichtungszeit aufnehmen. Ein größerer Aufwand dürfte sich wegen der kurzen Totalität nicht auszahlen, man sollte das Ereignis besser in Ruhe genießen, als hektisch Aufnahmen zu produzieren (die sehr leicht mißlingen) und dann festzustellen, daß man vom eigentlichen Geschehen nichts mitbekommen hat.

Eine totale Sonnenfinsternis ist ein Naturschauspiel, das sich gleichermaßen am Himmel wie im Herzen des Beobachters vollzieht, unabhängig vom Wissen um die räumlichen Dimensionen oder den mechanischen Ablauf. Adalbert Stifter schrieb:

"... man wende nicht ein, die Sache sey ja natürlich, und an den Bewegungsgesetzen der Körper leicht rechenbar; die wunderbare Magie des Schönen, die Gott den Dingen mitgab, fragt nichts nach solchen Rechnungen ..."

Gleichwohl ist uns die Nacht bei Tage auch mahndendes Zeichen für die Abhängigkeit vom Zentralgestirn, ein drohender Fingerzeig, wie beklemmend schon wenige Minuten ohne die gewohnte Wärme und das kostbare Licht der Sonne sein können. Eine totale Sonnenfinsternis mitzuerleben ist ein Privileg, das nur wenigen Menschen zukommt, sie hinterläßt beim Beobachter einen unauslöschlichen Eindruck und es ist nicht zuletzt eine Erfahrung, die man in Österreich vor 2081 nicht mehr machen kann. Deshalb also: Kopf hoch am 11. August, lassen Sie sich nichts entgehen.

Das Hubble-Weltraumteleskop

Neue Perspektiven für die Astronomie – Teil 1

Karl-Heinz Lotze

Einführung

Die Astronomie beansprucht unsere Vorstellungskraft wie kaum eine andere Wissenschaft, denn die Dimensionen des Weltalls übersteigen jedes menschliche Maß. Wie sollen wir, die wir die Entfernungen, welche wir in unseren Autos zurücklegen, in Kilometern messen, eine Anschauung davon haben, was eine Milliarde Lichtjahre ist? Ein Lichtjahr ist ja die Wegstrecke des Lichtes in einem Jahr, wobei das Licht allein in einer Sekunde schon 300000 km zurücklegt!

Wie können wir uns bei einer durchschnittlichen Lebenszeit von 70 Jahren vorstellen, was ein Weltalter von etwa fünfzehn Milliarden Jahren bedeuten soll? Auf der Erde leben etwa fünf Milliarden Menschen, unser Milchstraßensystem hat aber schon 200 Milliarden Sterne, und es gibt mehr als 100 Milliarden vergleichbarer Sternsysteme!

Und dennoch: Es ist, im Verein mit technologischen Entwicklungen, die Astronomie selbst, die uns hilft, die Vorstellungskraft, die sie von uns verlangt, auch wirklich aufzubringen.

So können wir uns seit der Benutzung des Fernrohres durch Galilei vorstellen, daß es Flecken auf der Sonne und Berge und Täler auf dem Mond gibt, daß in Gestalt der Jupitertrabanten wenigstens im Kleinen noch ein "Planeten"-System existiert, und daß das Milchstraßenband am Himmel aus Tausenden einzelner Sterne besteht.

Heute stellen wir andere Fragen: Wie sahen die Galaxien des frühen Universums aus? Wie groß ist dessen Expansionsgeschwindigkeit? Wie und woraus entstehen Sterne? Existieren die Schwarzen Löcher? Gibt es Planetensysteme bei anderen Sternen? Wie ist das Wetter auf den Planeten des Sonnensystems? Und so weiter ...

Und wieder haben wir ein Instrument, das uns auch in Bildern zeigt, was bisher "nur" in den Köpfen der Theoretiker existierte - das Hubble-Weltraumteleskop. Wenn dieses Teleskop nach etwa fünfzehn Jahren Betriebszeit seine Arbeit einstellen wird, so wird man sagen können, daß sein Beitrag zur astronomischen Wissenschaft wie auch sein pädagogischer Wert dem des Galileischen Fernrohres - gemessen an den Aufgaben seiner Zeit - in nichts nachsteht.

Edwin Powell Hubble - eine biographische Skizze

Wer war der Mann, dessen Namen das Weltraumteleskop trägt?

Edwin Powell Hubble wurde am 20. November 1889 in Marshfield im US-Bundesstaat Missouri geboren. Bereits in jungen

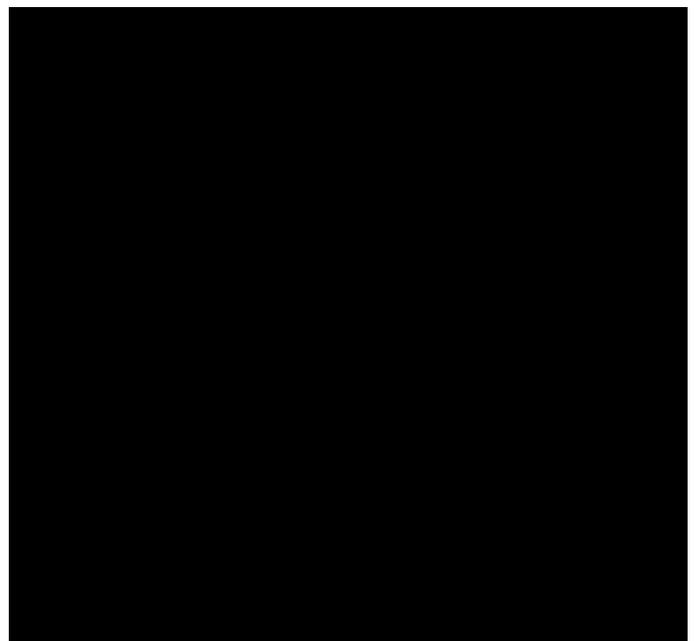
Jahren fiel er durch sein Interesse an den Naturwissenschaften auf, dem er zunächst mehr mit dem Schmetterlingsnetz als mit dem astronomischen Fernrohr nachging, aber auch durch Sprachbegabung und die Liebe zum Sport.

Mit 16 Jahren schrieb sich Hubble an der Universität Chicago für die Fächer Mathematik und Astronomie ein. Fünf Jahre später studierte er Jura in Oxford, übte den Juristenberuf aber niemals aus. Er sagte einmal zu seinem Freund N. Mayall: "Ich hatte Jura an den Nagel gehängt und mit Astronomie begonnen, und ich wußte, selbst wenn ich nur zweit- oder drittklassig würde, kam für mich nur Astronomie in Frage."

Im Alter von 25 Jahren war Hubble Doktorand an der Yerkes-Sternwarte. In seiner Doktorarbeit mit dem Thema "Photographische Untersuchung schwacher Nebel" beschäftigte er sich mit der Morphologie und Klassifikation jener "Welteninseln", deren extragalaktische Natur zur damaligen Zeit noch nicht erwiesen war.

Im Jahre 1916 wurde Hubble das Angebot unterbreitet, auf dem Mount Wilson zu arbeiten, wo das 2,5 m-Hooker-Teleskop gerade vollendet wurde. (Etwa zur gleichen Zeit erhielt auch die Allgemeine Relativitätstheorie ihre endgültige Fassung. Sowohl die technologischen als auch die theoretischen Entwicklungen waren für die Astronomie entscheidend.) Hubble trat jedoch zunächst freiwillig in den Kriegsdienst und begann erst 1919, im Alter von 30 Jahren, seine Arbeit auf dem Mt. Wilson (Abb. 1).

Im Laufe seines Lebens machte Hubble drei große Entdeckungen, von denen jede für sich ausgereicht hätte, ihm einen Platz als erstklassiger Astronom in der Geschichte der Wissenschaft zu sichern.



Doz. Dr. Karl-Heinz Lotze, Friedrich-Schiller-Universität Jena, AG Physik- und Astronomiedidaktik, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena
Nachdruck aus *Praxis der Naturwissenschaften - Physik 3/47 (1998)* mit freundlicher Genehmigung des Aulis Verlag Deubner & Co, Köln



Bevor wir zu diesen Entdeckungen kommen, beschreiben wir - zum Zwecke des späteren Vergleichs mit dem Weltraumteleskop - das Instrument, das sie ermöglichte, nämlich das 2,5 m-Hooker-Teleskop (Abb. 2). Der Durchmesser seines Hauptspiegels beträgt 2,5 m, die Länge seines Gittertubus ist 10 m. Äußerlich erinnert dieses Instrument gar nicht an ein optisches Präzisionsinstrument, sondern eher an ein Produkt des Schwermaschinenbaus. Tatsächlich sind große Teile der Montierung - alle beweglichen Teile zusammengenommen haben eine Masse von 90 Tonnen - auch von einer Schiffswerft gebaut worden.

Mit diesem zur Zeit seiner Errichtung weltgrößten Spiegelteleskop konnte Hubble zunächst qualitativ die extragalaktische Natur der "schwachen Nebel" feststellen, indem es ihm gelang, die Spiralnebel M31 und M33 in den Sternbildern Andromeda bzw. Triangulum in Einzelsterne aufzulösen.

Damit war auch die Voraussetzung gegeben, die Entfernung zum Andromeda-Nebel zu bestimmen, denn Hubble konnte unter den einzelnen Sternen auch sog. Cepheiden ausmachen, die als "Standard-Kerzen" für kosmische Entfernungsbestimmungen dienen. Cepheiden sind veränderliche Sterne, deren Helligkeitsänderung aus einer Störung ihres hydrostatischen Gleichgewichts resultiert. Infolge der hohen Temperaturen liegt in der Sternatmosphäre Helium als wichtiger Bestandteil in einfach ionisierter Form vor. Es wird dann durch die aus dem Innern kommende Strahlung doppelt ionisiert. Die dadurch sehr zahlreichen, frei beweglichen Elektronen stehen dieser Strahlung als Streuzentren im Weg und verursachen einen Strahlungstau. Die Folge davon ist einerseits eine Ausdehnung des Sterns und andererseits - wegen dieser Ausdehnung - eine Abkühlung, wodurch das Helium durch Elektroneneinfang in den einfach ionisierten Zustand zurückkehren kann. Dann kann die gestaute Strahlung entweichen, der Stern zieht sich wieder zusammen, und der Zyklus beginnt von neuem. Die Dauer des durch die Pulsation der Sterne hervorgerufenen periodischen Lichtwechsels, der durch einen raschen Anstieg und einen langsamen Abfall der Helligkeit charakterisiert ist (Abb. 3), steht in einem ganz bestimmten Zusammenhang zur *absoluten* Helligkeit dieser Sterne, so daß man aus dem Vergleich mit der scheinbaren Helligkeit auf die Entfernung schließen kann.

So ermittelte Hubble die Entfernung zur Andromeda-Galaxie zu 900000 Lichtjahren und bestätigte damit auch quantitativ



Andromeda-Galaxie gefundenen Cepheiden-Veränderlichen

die extragalaktische Natur dieses Spiralnebels. Dabei setze er die Idee der Einheit der Natur insofern als konstruktives Prinzip ein, als er annahm, daß die Perioden-Helligkeits-Beziehung der Cepheiden, die zunächst in unserem Milchstraßensystem gewonnen wurde, für Cepheiden in anderen Galaxien ebenso gilt. Wir sollten im Astronomie-Unterricht nicht veräußen, derartige *Annahmen*, ohne die astronomische Forschung oft nicht möglich wäre, klar herauszustellen.

Heute geben wir die Entfernung zur Andromeda-Galaxie mit 2,4 Millionen Lichtjahren an. W. Baade hatte nämlich 1952, ein Jahr vor Hubbles Tod, erkannt, daß es zwei Typen von Cepheiden gibt, die unterschiedliche Perioden-Helligkeits-Beziehungen haben, so daß die vorher bestimmten kosmischen Entfernungen etwa zu verdoppeln waren. Erst damit hatte übrigens die jahrhundertelange Kopernikanische Kontroverse ein Ende, denn die beobachteten scheinbaren Abmessungen der Galaxien hätten zusammen mit den zu kleinen Entfernungen bedeutet, daß diese Galaxien kleiner sind als unser Milchstraßensystem. Erst nach der "Verdopplung der Welt" und der daraus resultierenden Größenvergleichbarkeit *aller* Galaxien wurde endgültig deutlich, daß wir keinen bevorzugten Platz im Universum einnehmen.

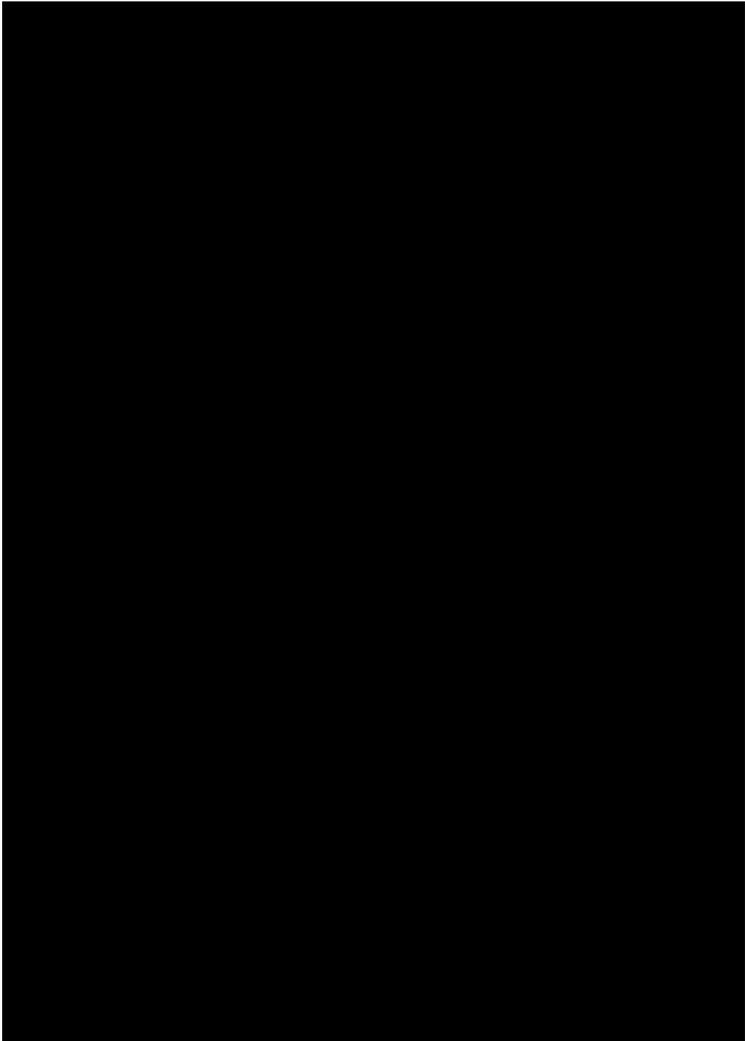
Nachdem Hubble zuerst qualitativ, dann auch quantitativ eine Entscheidung über die extragalaktische Natur der Spiralnebel gefällt hatte, entdeckte er, daß das Universum nicht statisch ist, sondern eine Geschichte hat. Er und M. Humason schlossen dies aus der in den Spektren der Galaxien gefundenen Rotverschiebung der Spektrallinien im Vergleich zu ihrer Laborwellenlänge. Hubble interpretierte diese Rotverschiebung als Doppler-Effekt und kam zu dem Ergebnis, daß die Galaxien in einer Fluchtbewegung voneinander weg begriffen sind. Obwohl ihrer physikalischen Natur nach *diese* Rotverschiebung kein Doppler-Effekt ist, bleibt die Aussage, daß sich der Abstand zwischen den Galaxien in kosmologisch relevanten Dimensionen ständig vergrößert, richtig. Damit ist Hubble der Entdecker des "Urknalls", wenngleich die physikalischen Eigenschaften dieses Zustandes der Welt erst später beschrieben wurden.

Die Bedeutung dieser Entdeckung Hubbles kann kaum überschätzt werden, denn die Vorstellung, das Universum sei der Inbegriff von Ewigkeit und Unveränderlichkeit, ist die hartnäckigste in der Geschichte der Kosmologie. Noch A. Einstein hat 1917 seine Relativitätstheorie dahingehend abgeändert, daß sie ein statisches Universum beschreibt. Erst Hubbles Entdeckung hat ihn die Theorien eines expandierenden Universums akzeptieren lassen.

Edwin P. Hubble starb am 28. September 1953 im Alter von 63 Jahren.

Das Hubble-Weltraumteleskop und seine Instrumente

Auf den ersten Blick scheint das Hubble-Weltraumteleskop (HST) ein eher durchschnittliches, in mancher Hinsicht mit dem Hooker-Teleskop vergleichbares Instrument zu sein (Abb. 4). Sein optisches Prinzip war bereits im 17. Jahrhundert bekannt, der Durchmesser seines Hauptspiegels beträgt "nur" 2,4 m, der des Sekundärspiegels 0,3 m; das Teleskop ist 13,1 m lang, hat einen Durchmesser von 4,27 m und eine Masse von 11 Tonnen.

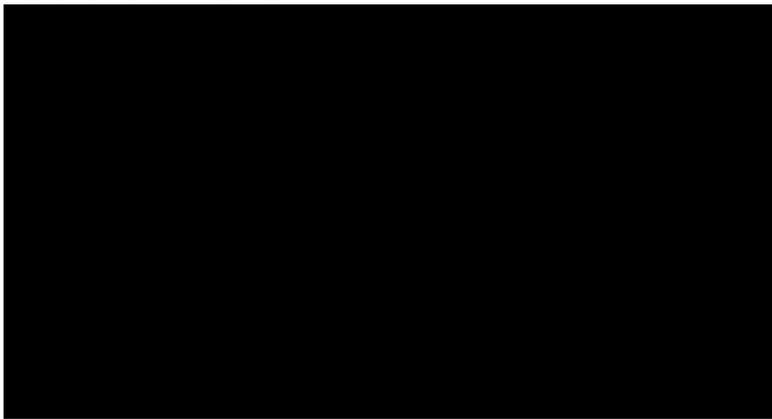


Selbstredend hinkt dieser Vergleich. Was das HST vor allem zu einem außerordentlichen Instrument astronomischer Forschung macht, ist die Möglichkeit, außerhalb des störenden Einflusses der Erdatmosphäre zu beobachten. Dadurch verbessern sich nicht nur die Beobachtungsbedingungen im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums, auch der Infrarot- und insbesondere der Ultraviolett-Bereich werden zugänglich. Und schließlich fliegt niemand zu diesem Teleskop, um "hindurchzuschauen", also müssen die von ihm gesammelten Daten elektronisch verschlüsselt, zur Erde übermittelt und dort in Bilder übersetzt werden.

Die Planungen für das HST begannen etwa 10 Jahre nach Hubbles Tod, und nach Startverzögerungen infolge des Challenger-Unglücks wurde es am 25. April 1990 auf seine Erdumlaufbahn in 612 km Höhe gebracht.

Bekanntlich hat es zunächst nicht die in die Qualität seiner Bilder gesetzten hohen Erwartungen erfüllt. Die Bilder litten au-

ßer an einem Verlust räumlicher Auflösung vor allem darunter, daß lichtschwache Details völlig verloren gingen (Abb. 5). Dies wird dadurch verursacht, daß der *Hauptspiegel* des Teleskops im Vergleich zu seinem Sollprofil zu flach ist (sphärische Aberration). Am äußeren Rand beträgt dieser Unterschied 0,002 mm. Das ist ein Fünfzigstel vom Durchmesser eines menschlichen Haares. Trotzdem ist die *Spiegeloberfläche* eine der genauesten, die je geschliffen wurden. Zum Vergleich: Wären die Unebenheiten der Erdoberfläche so gering wie die dieses Spiegels, dürften Berge nicht höher und Täler nicht tiefer als 7 cm sein.



Die am 1. Dezember 1993 gestartete Endeavour-Mission hatte die Aufgabe, mit Hilfe einer Korrekturoptik (COSTAR) das Teleskop von seinen Mängeln zu befreien. Viele der in diesem Aufsatz vorgestellten Aufnahmen zeugen von dem außerordentlichen Erfolg dieser Mission. Sie war beinahe "zu erfolgreich", denn Sterne werden mit einer Genauigkeit punktförmig abgebildet, die sie mit Punktdefekten, die von der Einwirkung der kosmischen Strahlung auf die Detektoren des HST herrühren, verwechselbar macht.

Welche räumliche Auflösung und Lichtempfindlichkeit das Teleskop nach erfolgreicher Reparatur hat, mag folgender Vergleich verdeutlichen: Ein Glühwürmchen wäre vom HST noch erkennbar, wenn es sich in der Entfernung von einem halben Erdumfang befindet, und zwei Glühwürmchen könnte das Teleskop als "Doppelstern" in dieser Entfernung wahrnehmen, wenn sie einen Abstand von nur 3 Metern entsprechend einem Winkelabstand von 0,03" haben!

Das HST hat eine Erdumlaufzeit von 95 Minuten, woraus eine hohe Anforderung an seine *Orientierungsstabilität* resultiert. Lange Belichtungszeiten bei der Aufnahme von Himmelsobjekten werden nämlich dadurch unterbrochen, daß ein bestimmtes Objekt nur während eines Teils des Erdumlaufs für das Teleskop sichtbar ist. Soll die Belichtung dennoch länger dauern als diese begrenzte Sichtbarkeitsdauer, darf das Teleskop sein Ziel auch dann nicht verlieren, wenn dieses unsichtbar ist. An Bord des Teleskops befinden sich drei Fine-Guidance-Sensoren (Orientierungskameras), die es ermöglichen, ein Target so präzise zu verfolgen, daß es innerhalb von 24 Stunden um nicht mehr als 0,007" von diesem Ziel abweicht! Beim "Einschwenken" auf ein neues Objekt dreht sich das Teleskop nur so schnell wie der Minutenzeiger einer Uhr. Damit bestimmt das Teleskop und nicht etwa ein einzelnes Beobachtungsprogramm die optimale Reihenfolge zu beobachtender Objekte.

Mit den drei Orientierungskameras können auch Positionsmessungen von Sternen bis hinab zur 20. Größenklasse mit ei-

ner Genauigkeit von 0,005" durchgeführt werden. Dadurch werden trigonometrische Fixsternparallaxen bis zu einer Entfernung von 650 Lichtjahren bestimmbar, was eine Verbesserung um etwa den Faktor 10 im Vergleich zu erdgebundenen Messungen bedeutet - jedenfalls wenn man eine relative Genauigkeit von besser als 10% anstrebt.

Die ursprüngliche *Instrumentenausstattung* des HST war:

- Eine Weitwinkelkamera (WF/PC2), die bereits in zweiter Generation vorhanden und mit einer eigenen Korrekturoptik ausgestattet ist. Die Diagonale des "weiten Gesichtsfeldes", das die Kamera abbilden kann, beträgt 2,6'. Bereits mit einer Belichtungszeit von nur 0,1 s kann diese Kamera Sterne der 16. Größenklasse erreichen. Diese Sterne sind 10000 mal schwächer als die schwächsten mit bloßem Auge noch wahrnehmbaren Sterne.

Die WF/PC2 besteht aus vier Kameras, die verschiedene, aneinander angrenzende Himmelsareale aufnehmen. Drei der vier Kameras (WF₁, WF₂, WF₃) sind Weitwinkelkameras. Die Planetenkamera (PC) bildet von einem kleineren Feld mehr Details ab. Gleicht man ihren Abbildungsmaßstab dem der Weitwinkelkameras an, entsteht die für viele Aufnahmen typische Mosaikstruktur (Schema s. Abb. 6).

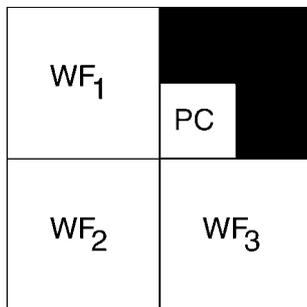


Abb. 6: Zur Entstehung der Mosaikstruktur auf den Aufnahmen der Weitwinkelkamera WF/PC2

Während man bislang auf der Erde unter günstigen Sichtbarkeitsbedingungen eine ganze Nacht lang belichten mußte, um bis zu den Sternen der Größenklasse 24 vorzudringen, erreicht die Weitwinkelkamera z.B. im Falle des Hubble Deep Field (s.u.) die Größenklasse 29 - 30. (Erst die modernsten erdgebundenen Teleskope wie das Keck-Teleskop haben bei einer Nacht Belichtungszeit eine Reichweite von 28 - 29 Größenklassen.) Ein Reichweitengewinn von vier Größenklassen bedeutet, daß das überschaubare Volumen des Universums um den Faktor 250 größer wird.

- Ein Hochgeschwindigkeits-Photometer, das in der Lage ist, Lichtwechsel zu registrieren, die sich in 20 µs vollziehen. Die Unruhe der irdischen Atmosphäre gestattet hingegen nur eine Zeitauflösung von einer Sekunde. Dieses Photometer wurde "geopfert", um für die Korrekturoptik COSTAR Platz zu machen, damit diese für die drei nachfolgend genannten Instrumente zur Verfügung steht.
- Eine Schwachlichtkamera (FOC), die so empfindlich ist, daß einzelne Photonen nachweisbar sind und Sterne der 21. Größenklasse, die also eine Million mal schwächer als die schwächsten mit bloßem Auge sichtbaren Sterne sind, ausgeblendet werden müssen.
- Ein Schwachlicht-Spektrograph
- Ein hochauflösender Spektrograph für den ultravioletten Spektralbereich.

Während einer planmäßigen Service-Mission im Februar 1997 wurde der hochauflösende Spektrograph durch einen Langspalt-Spektrographen (STIS) ersetzt, und an die Stelle des Schwachlicht-Spektrographen trat die aus drei einzelnen Kameras bestehende Infrarot-Kamera (NICMOS). Diese wird thermoelektrisch und mit Stickstoff gekühlt und kann durch Hinzuschalten von Filtern als Multiobjekt-Spektrograph im Wellenlängenbereich $\lambda = 0,8 \mu\text{m} - 2,5 \mu\text{m}$ eingesetzt werden.

Wir wollen nun - ohne Anspruch auf Vollständigkeit - einige Erkenntnisse zusammentragen, die die astronomische Wissenschaft dem HST verdankt.

Kosmologie: Galaxien, Gravitationslinsen und Schwarze Löcher

Da der Name Hubble für das Programm des Weltraumteleskops steht, stellen wir manche der Fragen, vor die sich Hubble seinerzeit gestellt sah, noch einmal und versuchen, sie mit Hilfe dieses Instruments zu beantworten.

Wie bereits erwähnt, wissen wir seit Hubble, daß das Universum eine Geschichte hat. Wir wissen, daß es anfangs von Strahlung erfüllt war und noch nicht den hochgradig strukturierten Anblick unseres heutigen, von elliptischen und spiralförmigen Galaxien bevölkerten Universums bot. Die Galaxien sind die Grundbausteine des Universums. Dessen Geschichte verstehen wir erst dann wirklich, wenn wir begreifen, wie es zu seinen Galaxien gekommen ist und wie sich diese im Laufe von Jahrmilliarden verändert haben. Mit dem Hubble-Weltraumteleskop haben wir die Möglichkeit, einen vielleicht schon ausreichend tiefen Blick in die Kinderstube des Universums zu werfen, indem wir dieses Teleskop in dem nun zu erläuternden Sinne als "Zeitmaschine" benutzen.

Wenn wir in den Raum hinausschauen, schauen wir wegen der endlichen Geschwindigkeit des Lichtes, das uns die Information übermittelt, stets auch in die Zeit zurück. Jedesmal, wenn wir unseren Blick zum Himmel richten, sehen wir die Himmelsobjekte nicht nur räumlich verteilt, sondern wir werfen auch einen Blick in die Vergangenheit. Das ist vielleicht nicht sehr aufregend im Falle der Sonne, die wir so sehen, wie sie vor 8,5 Minuten beschaffen war. Aber z.B. die Wega, der hellste Stern am Sommerhimmel, hat das Licht, das wir heute empfangen, vor 27 Jahren ausgesandt, als unsere Schüler noch gar nicht geboren waren. Möglicherweise gibt es manche anderen Himmelskörper mittlerweile gar nicht mehr, die wir aber dennoch sehen, weil ihr früher ausgesandtes Licht erst jetzt bei uns ankommt.

Abb. 7 zeigt den Galaxienhaufen CL 0939+4713. Die in den Spektren dieser Galaxien gemessene Rotverschiebung beträgt $z = 0,4$. Das bedeutet, daß sich das Universum um den Faktor 1,4 ausgedehnt hat, seit diese Galaxien das Licht emittiert haben, das wir heute empfangen.

Dies ist die einzige verlässliche Aussage über diese Galaxien, und - vor allem in der populärwissenschaftlichen Literatur oftmals kommentarlos mitgeteilte - Entfernungsangaben entbehren solange einer Grundlage, wie nicht spezifiziert wird, mit Hilfe welchen kosmologischen Modells Rotverschiebungen in Entfernungen umgerechnet wurden.

Auch wir wollen uns nicht mit einer Angabe der Rotverschiebung begnügen, denn eine Aussage darüber, wie weit wir zu

bung $z = 0,4$ entspricht eine Rückblickzeit $\tau = 0,396 \cdot t_0 = 5,1 \cdot 10^9$ Jahre. Als die Galaxien von Abb. 7 ihr Licht aussandten, waren also $t_c = t_0 - \tau = 7,9 \cdot 10^9$ Jahre seit dem Urknall vergangen. Wir betonen aber nochmals, daß diese Angaben (außer der Rotverschiebung selbst) zwar in der Größenordnung stimmen mögen, daß sie jedoch nicht ernster zu nehmen sind als das von uns gewählte kosmologische Modell.

Wenn wir nun die Galaxien dieses Haufens nach morphologischen Kriterien zu katalogisieren versuchen, ergibt sich die aus 8 Zeilen und 5 Spalten bestehende Matrix von Abb. 8. Wir sehen oben kugel- oder ellipsoidförmige Galaxien, dann Spiralgalaxien und in den beiden unteren Zeilen große, irreguläre Galaxien, wie sie in unserer kosmischen Nachbarschaft nicht vorkommen. Obwohl wir von ein oder zwei Aufnahmen des HST nicht erwarten können, daß sie uns die bislang weitgehend unverstandene Entwicklungsgeschichte der Galaxien offenbaren, spielen die beiden unteren Zeilen der Matrix von Abb. 8 doch die gleiche Rolle wie die "missing links" der Darwinischen Entwicklungsbiologie.

Die irregulären Galaxien erhalten ihr Aussehen durch zahlreiche helle Knoten, die Sternentstehungsgebiete verraten. Im Vergleich zu den unserem Milchstraßensystem benachbarten Galaxien, die wir wegen der geringeren Rückblickzeit in einem fortgeschrittenen Stadium ihrer Entwicklung sehen, war die Sternentstehungsrate etwa um den Faktor 10 größer.

Auch Hubble hat, allerdings für nähergelegene Galaxienhaufen, eine derartige morphologische Klassifikation durchgeführt und die Ansicht vertreten, daß eine derartige Matrix, liest man sie von links oben nach rechts unten, ein Entwicklungsdiagramm für Galaxien darstellt. Wir wissen heute jedoch, daß in elliptischen Galaxien mit ihren alten, kühlen Sternen die Neubildung von Sternen offenbar rasch zur Ruhe gekommen ist. Aus ihnen können nicht die Spiralgalaxien hervorgegangen sein, in deren Spiralarmen heiße, junge Sterne vorkommen und auch heute noch entstehen. Ein Beispiel dafür ist das Sternentstehungsgebiet NGC 604 in der benachbarten, "nur" 2,7 Millionen Lichtjahre entfernten Galaxie M33 (Abb. 9). Was sich von der Erde aus als heller Knoten verrät, enthält über 200 junge, heiße und sehr massereiche Sterne.

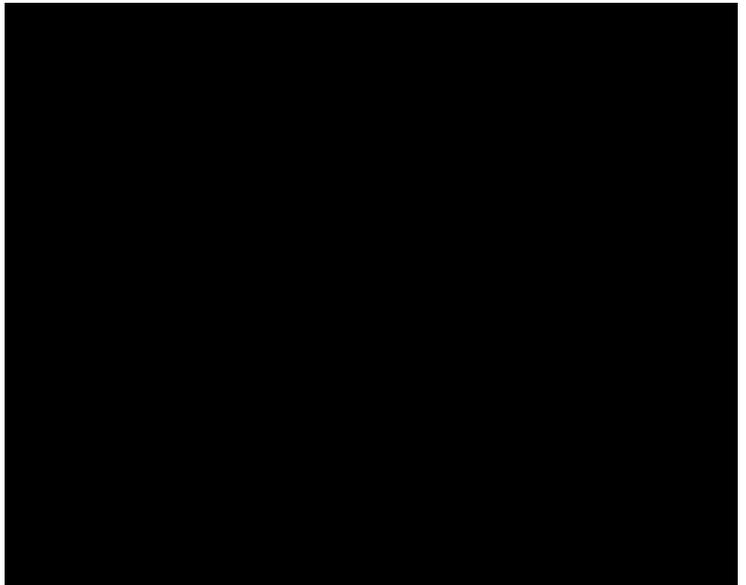
Kann es aber sein, daß sich aus den irregulären Galaxien aus der Frühzeit des Universums die stabilen, symmetrischen Formen der Spiralgalaxien gebildet haben, während die Sternentstehung nachließ?

Vielleicht gibt es noch weiter in die Vergangenheit zurückreichender Blick darüber Aufschluß. Das Hubble Deep Field (Abb. 10) gewährt den bislang tiefsten Blick zurück in die Vergangenheit. Es ist entstanden aus der Superposition von 276 Aufnahmen, die das HST in den Tagen zwischen dem 18. und 28. Dezember 1995 in verschiedenen Spektralbereichen gewonnen hat. Bis hinab zu einer Grenzhelligkeit von 29 bis 30 Größenklassen wird ein Feld in einer sternarmen Gegend des Großen Bären abgebildet. Bedenkt man, wie klein das Gesichtsfeld der Weitwinkelkamera ist und daß uns diese *eine* Aufnahme Galaxien aus vielen verschiedenen Epochen zeigt, so drängt sich der Vergleich mit einem Bohrkern auf, aus dessen Inhalt Geologen Rückschlüsse auf die verschiedenen Erdzeitalter ziehen.



Unter den 1500 Galaxien dieser Aufnahme mögen vielleicht ganz wenige mit Rotverschiebungen $z = 4 - 5$ sein, ganz sicher aber solche mit $z = 2$. Eine Rotverschiebung $z = 4$ wäre in unserem kosmologischen Modell mit einer Rückblickzeit $\tau = 0,911 \cdot t_0 = 11,8 \cdot 10^9$ Jahre gleichbedeutend. Eine Galaxie mit dieser Rotverschiebung hätte also bereits $t_e = 1,2 \cdot 10^9$ Jahre nach dem Urknall ihr heute sichtbares Licht ausgesandt. Aber auch bei $z = 2$ würden wir schon wenig mehr als 80% der Entwicklungsgeschichte des Universums überblicken. Demnach gab es schon elliptische und Spiralgalaxien, als die Welt erst $2,5 \cdot 10^9$ Jahre alt war. Letztere waren - anteilig gesehen - noch nicht so zahlreich und wegen der aber umso zahlreicheren Sternentstehungsgebiete in ihnen auch noch nicht ganz so regulär wie heute. Die irregulären Galaxien haben bei $z = 2$ einen Anteil von 40%, bei $z = 0,4$ von etwa 30% und heute ($z \ll 1$) von 10%. Zu ihrer großen Häufigkeit in der Vergangenheit mag beigetragen haben, daß bereits existierende Spiralgalaxien durch Wechselwirkung miteinander ihre symmetrische Gestalt verloren haben. Immerhin stand diesen Galaxien wegen der noch wenig fortgeschrittenen Expansion des Universums damals weniger Raum zur Verfügung. Daß auch in jüngerer kosmischer Vergangenheit derartige Kollisionen stattgefunden haben, zeigt Abb. 11. Die sogenannten "Antennengalaxien" NGC 4038/4039 sind 63 Millionen Lichtjahre entfernt, d.h. das auf Abb. 11 registrierte Licht verließ diese Galaxien, als auf der Erde die Kreidezeit zu Ende ging. Durch den Zu-

sammenstoß beider Galaxien wurde eine stürmische Entstehung neuer Sterne angeregt.

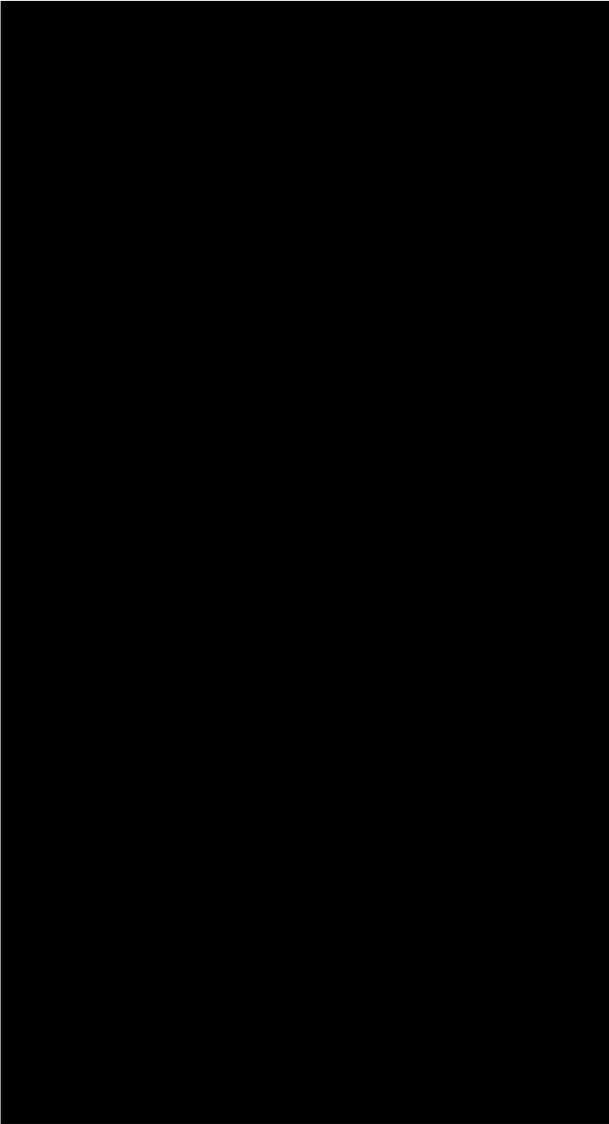


Die Zahl der irregulären Galaxien war jedenfalls zu groß, als daß sich aus jeder von ihnen eine Spiralgalaxie hätte entwickeln können. Vielleicht war das nur für die größten unter ihnen der Fall, und kleine irreguläre Galaxien mußten erst miteinander verschmelzen oder wurden unsichtbar, weil die Sternentstehung zum Erliegen kam.

Alle bisher gemachten Zeitangaben waren von der Wahl eines kosmologischen Modells abhängig, die solange getroffen werden muß, wie wir nicht wissen, welches Modell unser Universum am besten beschreibt. Diese Entscheidung und damit auch eine Aussage über das Weltalter setzt die Bestimmung zweier Parameter voraus: der Hubble-Zahl H_0 und der mittleren Materiedichte im Universum. Damit die Hubble-Zahl bestimmbar wird, muß neben der Rotverschiebung in den Spektren auch die Entfernung möglichst weit entfernter Galaxien gemessen werden.

So wie Hubble mit dem Hooker-Teleskop in der Andromeda-Galaxie einzelne Cepheiden-Veränderliche aufspüren konnte, ist das HST in der Lage, viel weiter entfernte Galaxien in Einzelsterne aufzulösen, z.B. auch die Galaxie M100 aus dem Virgo-Galaxienhaufen (Abb. 12). In diesem Sternsystem wurden mit dem HST 20 Cepheiden gefunden. In deren Lichtkurven (Abb. 13) beobachtet man den typischen langsamen Abfall und schnellen Anstieg der Helligkeit, wie er uns aus Hubble's Notizbuch (Abb. 3) schon bekannt ist. Unter der Annahme, daß die Cepheiden in M100 die gleichen Eigenschaften haben wie die in anderen Galaxien, erhalten wir 56 Millionen Lichtjahre für die Entfernung dieses Sternsystems [LO2].

Wenn man nun noch mit Hilfe der Rotverschiebung feststellt, wie groß die Geschwindigkeit ist, mit der sich M100 von uns entfernt, kann man (im Prinzip) herausfinden, mit welcher Geschwindigkeit das Weltall expandiert. Man bestimmt also die Hubble-Zahl und aus ihrem Kehrwert zumindest grob das Weltalter. Es stellte sich heraus, daß die Hubble-Zahl mit $(80 \pm 17) \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ viel größer ist, als z.B. in unserer obigen Modellannahme [FRE]. Das entsprechende Weltalter betrüge nur 8 - 12 Mrd. Jahre. Ein fundamentales Prinzip der Kosmochronologie besagt aber, daß es im Universum keine Objekte geben darf, die älter sind als das Weltall selbst, denn sie sind ja alle



erst nach dem Urknall entstanden. Man kennt aber Kugelsternhaufen, denen man aufgrund der Theorien der Sternentwicklung ein Alter von 14 Mrd. Jahren und mehr zuordnet. Demnach gäbe es einzelne Objekte, die älter sein sollen als das Universum. Irgendwo muß ein Fehler sein - vielleicht in der Entfernungsbestimmung oder in den Theorien der Sternentwicklung?

In diesem Fall liegt die Lösung wohl auf der Hand. Eine Entfernung von 56 Millionen Lichtjahren ist noch nicht genug, um die beobachtete Rotverschiebung als überwiegend durch die Expansion des Universums verursacht interpretieren zu können. Lokale Gravitationswirkungen von anderen Galaxien des Virgo-Haufens erteilen M100 eine zusätzliche Geschwindigkeit, die auch zur Rotverschiebung beiträgt und nicht kosmologischen Ursprungs ist.

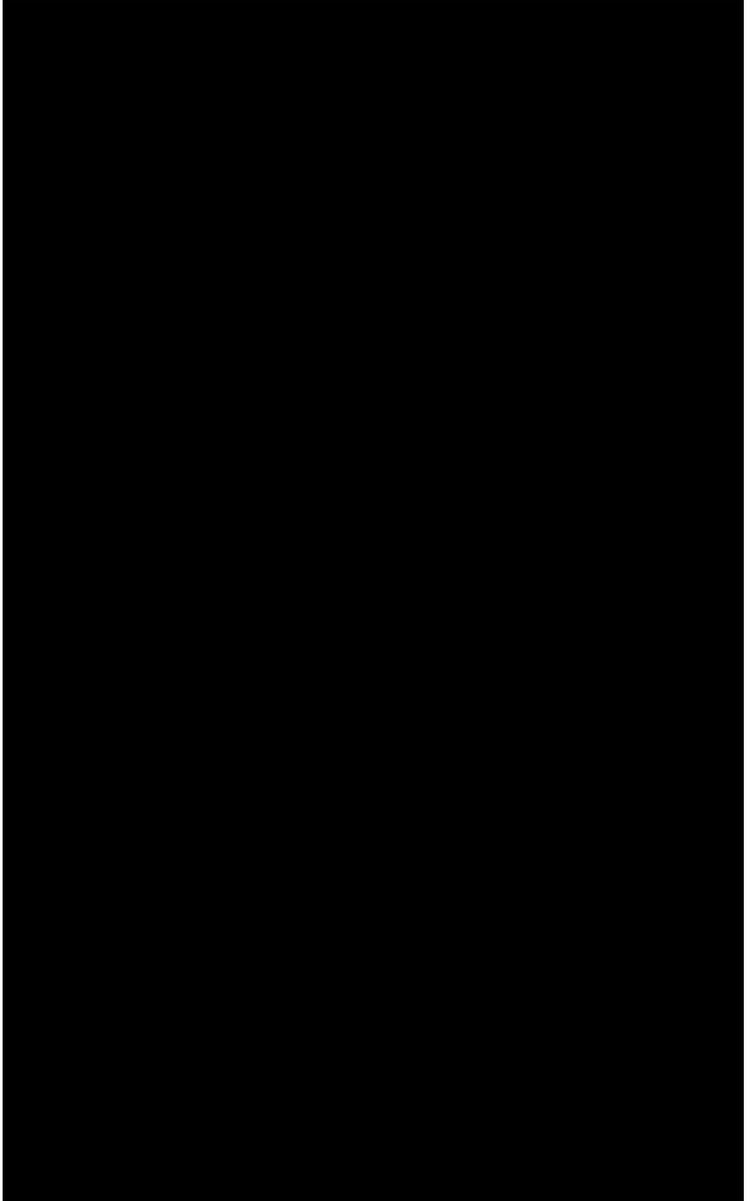
Also kommt es darauf an, die Entfernung viel weiter entfernter Galaxien zu bestimmen, in denen auch das HST schließlich keine Cepheiden mehr ausmachen kann. Glücklicherweise haben wir dann aber neue Entfernungskennzeichen: die Supernovae vom Typ Ia [TAM].

Es gibt noch ein völlig unabhängiges Verfahren, die Hubble-Zahl zu bestimmen: den Gravitationslinseneffekt [LO3]. Diesen wollen wir hier jedoch unter dem Gesichtspunkt des Nachweises von Dunkelmaterie betrachten, die zur mittleren Materiedichte im Universum in entscheidendem Maße beiträgt.

Das Prinzip ist das folgende: Das Licht von entfernten Sternen, das an der Sonne vorbeigeht, wird bekanntlich durch deren Schwerkraft abgelenkt. Da unser Blick aber immer geradeaus gerichtet ist, projizieren wir wegen der Ablenkung der Lichtstrahlen die durch diese abgebildeten Objekte an einen anderen Punkt des Himmelshintergrundes. Dies hat man bei einer Sonnenfinsternis 1919 zum ersten Mal nachgewiesen.

Der Gravitationslinseneffekt wurde mit Galaxien und Galaxienhaufen anstelle der Sonne als Gravitationslinse und Galaxien und Quasaren statt Sternen als Lichtquellen inzwischen so oft beobachtet, daß man sagen muß: Wir sehen das ganze Weltall durch die Brille der Schwerkraft.

Eine der ersten nach 1979 entdeckten gravitationsoptischen Abbildungen dieser Art ist das "Einstein-Kreuz" QSO 2237+0305. Abb. 14 ist eine Aufnahme mit dem noch nicht reparierten HST. In ihrem Zentrum sehen wir den Kern der als Gravitationslinse wirkenden Galaxie ($z = 0,038$). Die Lichtquelle ist ein Quasar in riesiger Entfernung ($z = 1,7$), von dem wir - kreuzförmig in Abständen von knapp 2" angeordnet - vier Bilder sehen.



Wie kommt man nun darauf, daß es sich hier um vier Bilder eines Objektes handelt und nicht um vier verschiedene Objekte?

Abb. 15, die von der Erde aus gewonnen wurde, zeigt die Spektren dieser vier Bilder, die für den Astronomen ja so etwas sind wie die Fingerabdrücke für den Kriminologen. Die übereinander angeordneten Spektren der Bilder A, B, C, D stimmen in ihren wesentlichen Strukturen, z.B. der Lage der Maxima, offensichtlich überein.

Das HST hat eine ganze Reihe weiterer kreuzförmiger und anderer Anordnungen von Bildern um ihre jeweilige Gravitationslinse herum entdeckt. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel zeigt Abb. 16. Wir sehen einen Haufen von Galaxien, deren kollektives Gravitationsfeld als Gravitationslinse wirkt und das Licht einer Galaxie beeinflusst, deren sichelförmiges Bild von dem kleinen Rechteck umschlossen wird. Es handelt sich dabei um die Galaxie mit der größten bisher bekannten Rotverschiebung, die vom Keck-Teleskop zu $z = 4,92$ bestimmt wurde. In unserem vereinfachten kosmologischen Modell bedeutet das, daß diese Galaxie ihr heute empfangenes Licht emittierte, als erst 900 Millionen Jahre seit dem Urknall vergangen waren. Besonders bemerkenswert ist, daß selbst das HST *allein* nicht in der Lage wäre, ein so großes und detailreiches Bild dieser Galaxie zu zeichnen, wenn der Gravitationslinseneffekt nicht für eine 5 - 10-fache Vorvergrößerung gesorgt hätte. Erst durch das Zusammenwirken von Gravitationsoptik und HST sind wir in der Lage, in Gestalt der hellen Knoten zahlreiche Sternentstehungsgebiete in einer so weit entfernten Galaxie zu sehen!

und den jupiterähnlichen Planeten und "Braunen Zwergen" andererseits auch die Schwarzen Löcher. Die Antwort auf die Frage, ob in den Kerngebieten der Galaxien sehr massereiche Schwarze Löcher verborgen sind, ist auch für das Verständnis der Leuchtkraft von Quasaren und anderer charakteristischer Merkmale aktiver Galaxien von Bedeutung. Auf die Anwesenheit Schwarzer Löcher können wir nur indirekt durch ihre Gravitationswirkung auf Sterne und Gas in ihrer Nähe schließen.

So legt die detaillierte Untersuchung der Eigenbewegung von Sternen in der Umgebung der Radioquelle Sagittarius A die Existenz eines Schwarzen Loches von mindestens 10^5 Sonnenmassen in unserem Milchstraßensystem nahe [GEN].

Durch die spektroskopische Messung der Rotationsgeschwindigkeit einer Gasscheibe im Zentrum der 50 Millionen Lichtjahre entfernten Galaxie M87, die wie auch M100 dem Virgo-Galaxienhaufen angehört, ergab sich die Masse des dort vermuteten Schwarzen Loches zu $2,4 \cdot 10^9$ Sonnenmassen. Das Meßprinzip ist aus der Keplerschen Himmelsmechanik bekannt. Da wir die Masse der Sonne kennen, können wir die dem bestimmten Abstand eines Planeten entsprechende Bahngeschwindigkeit berechnen. Im vorliegenden Fall gehen wir umgekehrt vor [BH]: Wir ermitteln mit Hilfe des Doppler-Effekts aus der Rot- bzw. Blauverschiebung in den Spektren der sich um das Galaxienzentrum bewegenden Gasmassen deren Geschwindigkeit und schließen aus der Entfernung, in der diese Geschwindigkeit auftritt, auf die Zentralmasse.

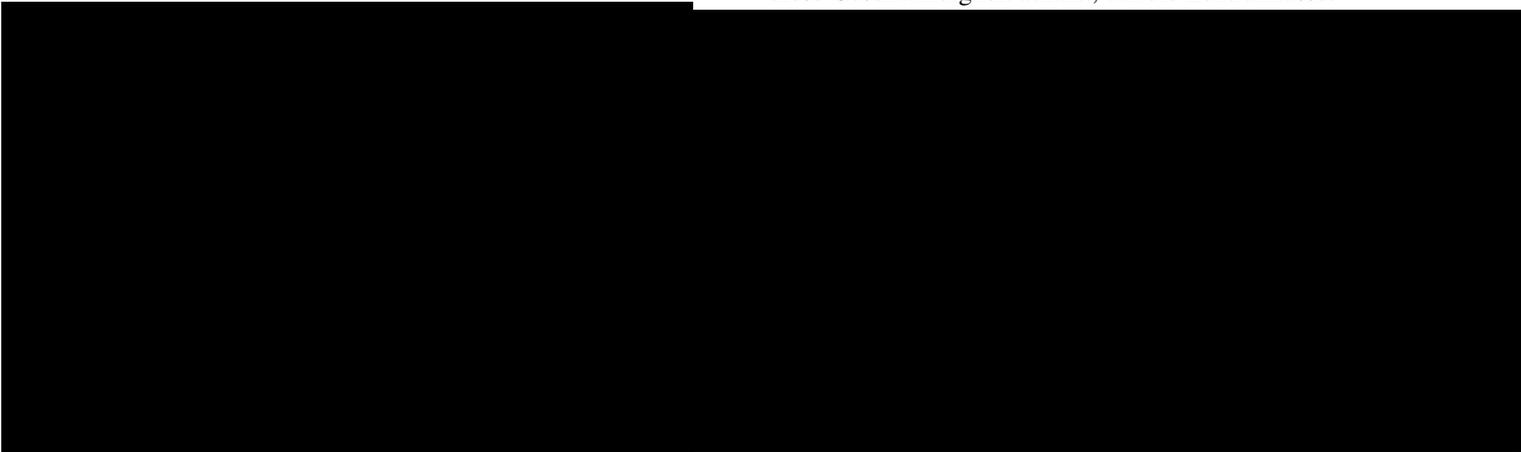


Abb. 16: PRC 97-25 Ein Galaxienhaufen, der als Gravitationslinse wirkt und (eingerahmt) die Galaxie mit der größten bisher bekannten Rotverschiebung abbildet

Die Bedeutung dieser Gravitationslinsen-Phänomene für den Aufbau des Universums liegt u.a. in der Frage, wieviel Materie in der Gravitationslinse konzentriert sein muß, damit die Bilder die beobachteten Abstände von der Linse haben. Als Antwort erhält man nicht, wieviel Materie *sichtbar* ist, sondern wieviel *vorhanden* ist und Schwerkraft ausübt. Die Analyse der Bilder ergibt, daß die Materie im Universum zu etwa 95% als Dunkelmaterie existiert.

Damit ist weder die Frage beantwortet, woraus die Dunkelmaterie besteht, noch wie groß die mittlere Materiedichte im Universum ist. Wir sind aber davor gewarnt, nur die leuchtende, für uns sichtbare Materie zu deren Abschätzung heranzuziehen.

Zu den Kandidaten für Dunkelmaterie gehören neben ruhe-massebehafteten Neutrinos und exotischen Teilchen einerseits

Abb. 17: PRC 97-12 Das Zentrum der Virgo-Galaxie M84 (links) und die mit dem Langspalt-Spektrographen gemessene Geschwindigkeitsverteilung der um dieses Zentrum rotierenden Gasmassen (rechts)

Der Langspalt-Spektrograph (STIS) des HST eignet sich besonders gut für derartige Messungen. Das kleine Rechteck im linken Teil von Abb. 17 markiert die Stelle im Zentrum der Virgo-Galaxie M84, auf die der Spektrographenspalt gerichtet war. Im rechten Bildteil sehen wir die Geschwindigkeitsverteilung der Gasmassen über den Spektrographenspalt hinweg. Eine gemessene Geschwindigkeit von 400 km/s in einem Abstand von 26 Lichtjahren vom Zentrum der Galaxie ergibt für die Masse des sehr wahrscheinlich dort vorhandenen Schwarzen Loches $3 \cdot 10^8$ Sonnenmassen.

Bilder in Farbe zum Artikel im Internet unter <http://www.thp.univie.ac.at/~vfpc/pl9901/lotze.html>

Teil 2 folgt im nächsten Heft.

Karl Schwarzschild und sein fotografischer Effekt

Peter Habison

Vor einhundert Jahren fand Karl Schwarzschild einen bedeutenden Effekt der fotografischen Photometrie. In umfangreichen Belichtungsreihen an mehreren offenen Sternhaufen unserer Sonnenumgebung wurde ein neues Verfahren zur Messung von Sternhelligkeiten entwickelt. Dieses Verfahren führte unter anderem zur Entdeckung des sog. Schwarzschildschen Schwärzungsgesetzes für fotografische Platten. Mit diesen Arbeiten von Karl Schwarzschild begann der Siegeslauf der fotografischen Photometrie.

Um die Jahrhundertwende vollzog sich der Übergang von der klassischen Astronomie zur modernen Astrophysik. Schwarzschild war einer seiner wichtigsten Wegbereiter und die Spuren seines Wirkens lassen sich gleichermaßen in der klassischen Astronomie, der Astrophysik und Stellarastronomie, aber auch in der theoretischen Physik, Optik, der Elektrizitätslehre sowie der damals neuen Quantentheorie und Relativitätstheorie finden. Er war genialer Mathematiker, Experimentator und beobachtender Astronom in einer Person.

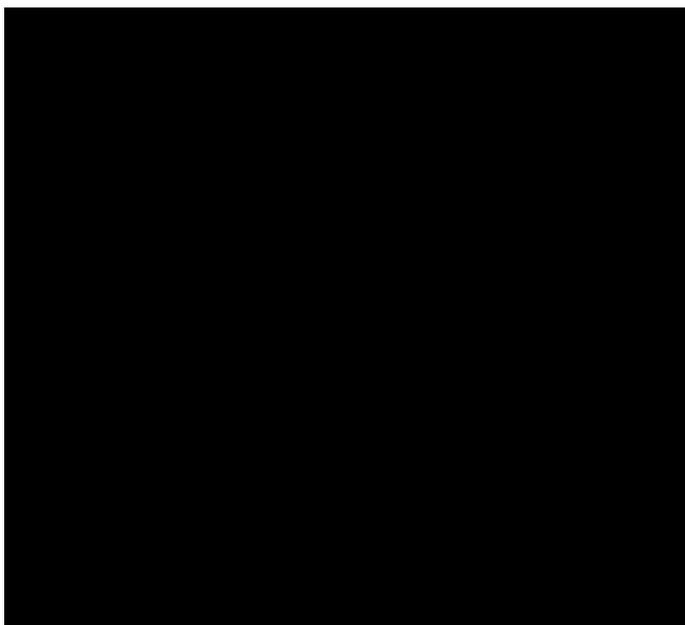
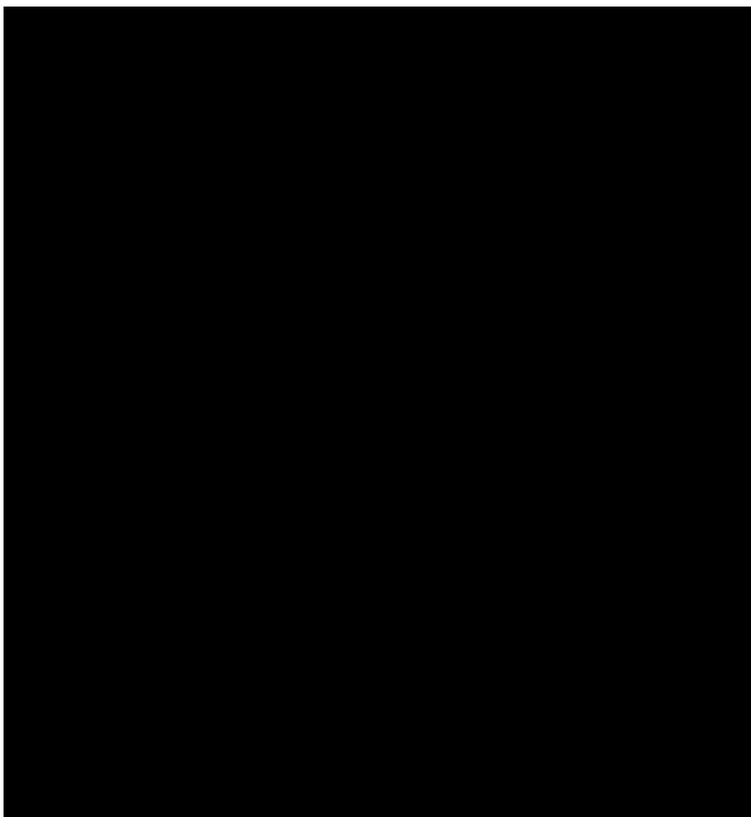


Abb. 1: Karl Schwarzschild als junger Mann in München, kurz nachdem er seine Stelle an der Kuffner-Sternwarte in Wien verlassen hatte. Aufnahme um 1900.

Schwarzschild als junger Astronom in Wien

Nachdem Karl Schwarzschild in München im Oktober 1896 sein Doktorat erworben hatte, bot sich dem jungen und hochbegabten Astronomen an der erst kürzlich in Wien gegründeten Privatsternwarte Moriz von Kuffners eine Assistentenstelle. Der historischen Tradition entsprechend widmete sich die Sternwarte noch vornehmlich der klassischen Astronomie und Astrometrie und war daher neben dem Großen Refraktor mit einem Meridiankreis, einem Vertikalkreis und einem He-

liometer ausgestattet. Die meisten Astronomen der Sternwarte, wie auch ihr Direktor Leo de Ball, konzentrierten ihr Interesse auf Himmelsvermessungen wie Parallaxenbeobachtungen und Durchmusterungen. Es war gerade jene Zeit, als die *Astronomische Gesellschaft*, eine 1863 gegründete Vereinigung deutschsprachiger Astronomen, zum *Internationalen Zonenunternehmen für südliche Deklinationen* aufrief. Das Projekt sollte eine Fortsetzung der bereits abgeschlossenen nördlichen Himmelsvermessung ermöglichen und den Bereich von -2 bis -23 Grad südlicher Deklination erfassen. Mit dem leistungsfähigsten Meridiankreis der Österreich-Ungarischen Monarchie und einem Vertikalkreis für Hilfsmessungen konnte sich die junge Sternwarte somit an diesem ehrgeizigen Programm beteiligen. Karl Schwarzschild begann sich, neben seiner Mithilfe in genannten Programmen, intensiv mit dem neu installierten photographischen Refraktor in der großen Kuppel der Sternwarte zu beschäftigen. Das Teleskop war ein Sechszöller (156/2940 mm), gefertigt von der renommierten Firma Repsold und Söhne in Hamburg, versehen mit einer fotografischen Linse von Steinheil aus München. Es wurde für ergänzende Beobachtungen zum großen 27 cm-Refraktor der Sternwarte angeschafft und sollte für astrophotografische Aufnahmen dienen. Zur damaligen Zeit war diese neue Technik der Beobachtung gerade im Entstehen und eine Herausforderung für jedes astronomische Institut. Niemand erahnte jedoch damals, welche große wissenschaftliche Ausbeute Karl Schwarzschild diesem Instrument entlocken sollte. Das 1995 originalgetreu restaurierte Teleskop und seine Kamera (siehe Abb. 2) sind noch heute auf der Sternwarte vorhanden und bei Führungen der Besichtigung zugänglich.



Dipl.-Ing. Mag. Peter Habison ist Leiter der Kuffner-Sternwarte, Johann Staudgasse 10, 1160 Wien

Fotografische Photometrie der Gestirne

Mitte des vorigen Jahrhunderts hielt die Fotografie Einzug in die Astronomie. Die Bestimmung von Sternhelligkeiten mit Hilfe fotografischer Platten steckte jedoch noch um die Jahrhundertwende in ihren Kinderschuhen und zeigte große Schwierigkeiten der Umsetzung. Die Dinge waren alle noch recht qualitativ. Die visuelle Helligkeitsbestimmung der Sterne hingegen hatte sich bereits im Laufe des 19. Jahrhunderts zu einem eigenen Bereich der Astronomie entwickelt. Die Stufenschätzmethode von F.W.A. Argelander für die Beobachtung veränderlicher Sterne (siehe hierzu z.B. [4]) ist bis heute ein ausgezeichnetes Hilfsmittel zur einfachen visuellen Helligkeitsbestimmung. Die fotografische Bestimmung der Sternhelligkeiten erfolgte vorwiegend durch das Abmessen der Scheibchendurchmesser der Sterne auf den Photoplatten, welche sich im Brennpunkt des optischen Systems des Teleskops befanden. Diese Methode ließ im günstigsten Fall eine Genauigkeit von 0,1 mag zu, und war daher schlechter als visuelle Helligkeitsbestimmungen, welche Unterschiede bis zu 0,01 mag zu messen im Stande waren. Beobachtungen der Sterne außerhalb des Fokus waren zwar vorgeschlagen, jedoch noch nicht durchgeführt worden. Hier setzte nun Karl Schwarzschild mit seinen Beobachtungen an. In seiner Arbeit *Die Bestimmung von Sternhelligkeiten aus Extrafocalen Photographischen Aufnahmen* schrieb er:

"Versuche aber, wie ein solches Verfahren (fotografische Photometrie) im einzelnen auszubilden sein und welche Genauigkeit sich dabei erreichen lasse, scheinen noch nicht gemacht worden zu sein. Und doch lehrt eigentlich der Anblick jeder guten Photographie, daß die photographische Platte empfindlich für zarte Tonabstufungen ist wie das menschliche Auge, und verspricht mithin einer auf Beurteilung von Schwärzungen gegründeten photographischen Methode einen ähnlichen Erfolg, wie ihn die visuelle Photometrie erzielt hat."

Schwarzschild erkannte sogleich das Wesentliche und steuerte mit mathematischer und experimenteller Leichtigkeit auf die Lösung des Problems zu. Seine Arbeit beinhaltet zwei grundlegende Entdeckungen, welche wir im folgenden besprechen wollen. Die erste behandelt die Verbesserung der photometrischen Genauigkeit bei Aufnahmen außerhalb der Brennebene des Teleskops, die zweite beschäftigt sich mit dem sogenannten "Reziprozitätsgesetz" für fotografische Platten.

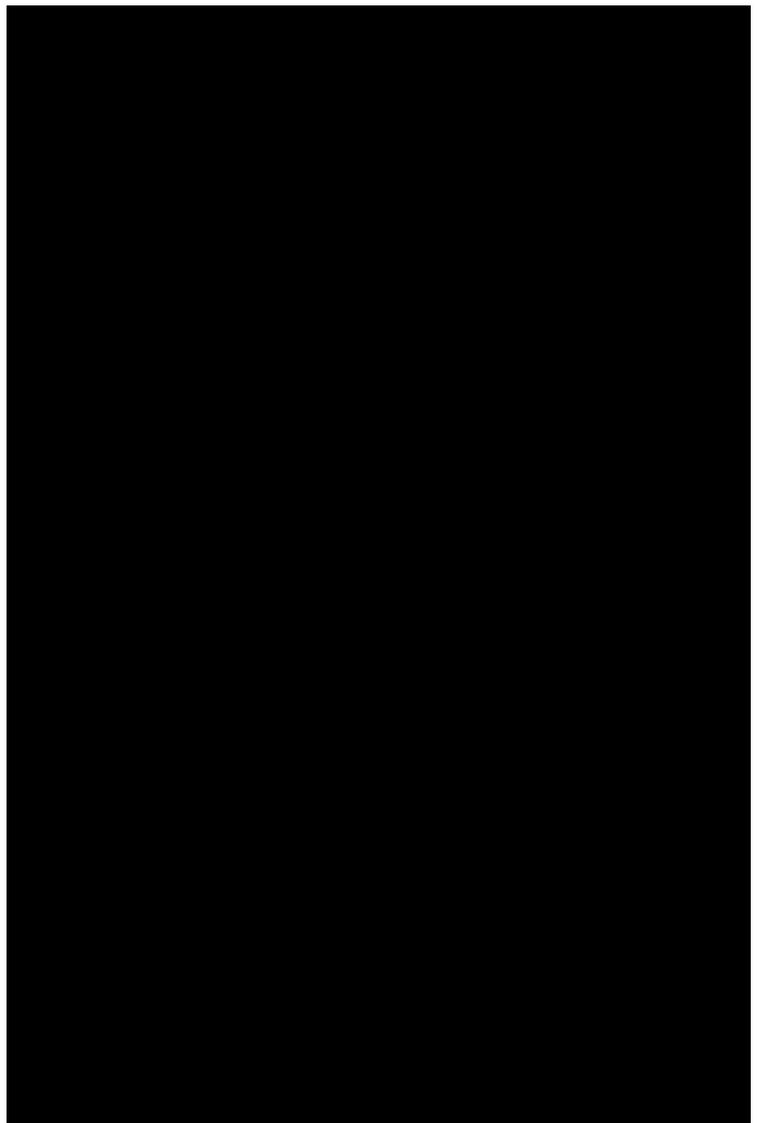
Sternhelligkeiten aus extrafokalen Aufnahmen

Ende des 19. Jahrhunderts war die gebräuchlichste Methode zur Bestimmung von Sternhelligkeiten aus fotografischen Aufnahmen das Ausmessen der Durchmesser der kleinen fokalen Sternscheiben. Es war allgemein bekannt, daß diese Methode für Zwecke der Katalogisierung durchaus ausreichte, für genauere photometrische Messungen jedoch unzureichend war und grundlegende Probleme aufwarf. Als Problem stellte sich einerseits die zeitliche Abhängigkeit der Beugungsscheibchen von der Luftunruhe, andererseits die Unschärfe des Scheibchenrandes. Beide waren Schwarzschild sehr gut bekannt und er suchte eine Lösung der Probleme. Wie oben zitiert, erkannte er, daß eine neue Methode gefunden werden muß und begann mit Experimenten zu extrafokalen Aufnahmen.

Er verwendete für seine Versuche den sechszölligen fotografischen Refraktor der Kuffner-Sternwarte. Die fotografische Platte ließ sich am Refraktor zu beiden Seiten des Fokus um 28 mm verschieben und die Sterne ergaben in verschobenem Zustand intra- bzw. extrafokale Beugungsscheibchen. Das Erscheinungsbild dieser Beugungsscheibchen war jedoch nicht symmetrisch zur Brennebene und so suchte Schwarzschild jene Bilder aus, welche unter allen erzielbaren die größten gleichmäßig belichteten Flächen ergaben. Diese Bedingung war bei der maximalen intrafokalen Verschiebung von 28 mm erreicht und die Durchmesser der Scheibchen betragen 1,5 mm. Alle Aufnahmen wurden sodann in dieser Stellung durchgeführt (siehe Abb. 3). Zur Beurteilung der Schwärzung der Bilder entwickelte Schwarzschild eine Skala, welche durch Aufnahmen des Sternes δ Persei bei den Expositionszeiten

$$t = 3 \left(\frac{4}{3} \right)^k \quad \text{für } k = 0, 1, 2, \dots, 16$$

hergestellt wurde. Die Skalenplatte und die zu beurteilende Platte wurden mit den Schichtseiten aufeinander gelegt und gegen das Licht mit dem freien Auge betrachtet. War die grobe Einschätzung mit dem freien Auge zwischen zwei Skalenwerte erzielt, so wurde mit einer Lupe die Schwärzung auf ein Zehntel des Skalenintervalls bestimmt. Als Plattenmaterial wurden Dr. Schleussner's Gelatine-Emulsionsplatten verwendet, entwickelt wurde mit Rodinal in einer Verdünnung von 1:20 stets fünf Minuten lang.



Gegenüber intrafokalen Helligkeitsmessungen war Schwarzschild hiermit ein großer Fortschritt in der Steigerung der fotografischen Meßgenauigkeit gelungen. Dennoch war ihm klar, daß seine "Wiener Methode" noch nicht ganz ausgereift war, und als er 1901 die Leitung der Universitätssternwarte Göttingen übernahm, konnte er auf seinen Arbeiten aus Wien aufbauen. Zusammen mit Meyermann entwickelte er die sogenannte Schraffierkassette. Mittels einer speziellen Vorrichtung wurde die Platte während der Belichtung derart bewegt, daß das Licht jedes einzelnen Sternes innerhalb von drei Minuten auf ein kleines Quadrat von $\frac{1}{4}$ mal $\frac{1}{4}$ mm² verschmiert wurde. Diese Schwärzung auf der Photoplatte ließ sich nun genau messen.

Nachdem Schwarzschild diese Methode nach allen Richtungen sehr genau getestet hatte, entstand in jahrelanger Arbeit ein Katalog der Helligkeiten von etwa 3500 Sternen in einer 20° breiten Zone entlang des Himmelsäquators. Diese unter dem Namen "Göttinger Aktinometrie" bekannt gewordene Arbeit stellte die erste quantitative Bestimmung von fotografischen Helligkeiten mit einer Genauigkeit von 2 - 3 % dar. Die Aufnahmen wurden mit einem Instrument von Zeiss von nur 4,5 cm Öffnung und 45 cm Brennweite durchgeführt. Noch heute stellt die Göttinger Aktinometrie ein wesentliches Referenzsystem dar, wenn es darum geht, ob ein bestimmter Stern in den vergangenen 90 Jahren seine Helligkeit verändert hat.

Das Schwärzungsgesetz

Für die in der Fotografie üblichen Belichtungszeiten von etwa 1/1000 bis 1 Sekunde gilt das sogenannte Reziprozitätsgesetz von Bunsen und Roscoe. Dieses besagt, daß die nach der Entwicklung einer fotografischen Schicht erhaltene Schwärzung S nur von dem Produkt aus Belichtungszeit t und Beleuchtungsstärke I der fotografischen Platte abhängt. Im Bereich der Astrofotografie mit Belichtungen von Minuten bis Stunden versagt das Gesetz $S = I \cdot t$. Wenn man also eine Photoplatte mit einem Stern einer bestimmten Beleuchtungsstärke 10 Minuten lang belichtet, so erhält man bei einem anderen Stern mit genau der halben Beleuchtungsstärke und doppelter Belichtungszeit (20 Minuten) nicht die gleiche Schwärzung S der fotografischen Platte. Das Reziprozitätsgesetz ist somit verletzt. Seine zentrale Beobachtung beschreibt Schwarzschild folgendermaßen:

"Die Schwärzungszahlen S , welche verschieden lange Expositionen zukommen, und zwar Expositionen von wenigen Sekunden bis zu anderhalb Stunden - lassen sich durch Addition konstanter, d.h. von der Helligkeit der Sterne nicht abhängiger Größen auf einander reduzieren."

Dies bedeutet aber gerade, daß das Gesetz $S = I \cdot t$ nicht gelten kann und an seine Stelle ein Neues treten muß. Schwarzschild erkennt mit Leichtigkeit, daß die neue Form des Schwärzungsgesetzes die Form $S = I \cdot t^p$ mit $p = const$ erhält. Schwarzschild verwendete als Photomaterial damals gebräuchliche Gelatine-Emulsionsplatten von folgender Bezeichnung:

- Dr. C. Schleussner's Gelatine Emulsionsplatten
- Gelatine Trockenplatten der Actiengesellschaft für Anilinfabrikation, Berlin
- Extrarapid Bromsilbergelatine-Trockenplatten von E. Schattera

- Lumière. Plaques sèches au Gelatino-Bromure d'Argent
- Smith. Photomechanic

Mit diesen Platten führte er zahlreiche Versuche sowohl an künstlichen Lichtquellen als auch an Sternen (vornehmlich an den Plejaden) zur Bestimmung des Exponenten p durch. Seine Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Versuch	Empfindlichkeit der Platte	Platte	Exponent p
Labor	hoch	Schleussner	0,89
Labor	hoch	Lumière	0,96
Labor	hoch	Schattera	0,86
Labor	hoch	Anilinfabrik	0,86
Labor	gering	Smith	0,97
Sterne	hoch	Schleussner	0,73
Sterne	hoch	Schleussner	0,76

Tabelle 1: Schwarzschilds Ergebnisse der Bestimmung des Exponenten p an verschiedenen Platten. Die Werte sind Mittelwerte aus mehreren Einzelbestimmungen von p .

Hier bereits zeigte sich, daß der Schwarzschild-Exponent keine echte Konstante ist und von Platte zu Platte variierte. Für kurze Belichtungszeiten nähert er sich dem Wert 1 und damit geht das Schwärzungsgesetz in das altbekannte Reziprozitätsgesetz über. Mit wachsender Belichtungszeit nimmt er immer mehr ab und ist u.a. von Filmtyp, Lagertemperatur, Lichtwellenlänge und Alter abhängig. Die mitunter verwendete Formulierung "starkes" oder "schwaches Schwarzschild-Verhalten" sollte aus oben ersichtlichen Gründen somit vermieden werden, da sie keine gute Charakterisierung des fotografischen Verhalten der Platte darstellt.

Nachdem sich Schwarzschild in seiner Habilitationsschrift *Beiträge zur Photographischen Photometrie der Gestirne* in Kapitel 1 mit dem Schwärzungsgesetz und in Kapitel 2 mit dem Wert des Exponenten p auseinandergesetzt hatte, behandelte er in Kapitel 3 schließlich die Gestalt und Form der Schwärzungskurve. Seine Betrachtungen beginnen mit der Vorbelichtung der photographischen Platte, behandeln sodann die Wirkung der Luftunruhe sowie den Einfluß der Entwicklungsart auf die Platte. In Abb. 4 sind drei originale Schwärzungskurven wiedergegeben, welche Schwarzschild aus seinen Messungen erhalten hatte.

Um seine Arbeiten einem größeren Leserkreis zugänglich zu machen, veröffentlichte er seine Arbeiten nicht nur in den *Publikationen der Kuffnerschen Sternwarte*, sondern mehrfach in der *Photographischen Correspondenz*. Diese Artikel sind im Gegensatz zu den wissenschaftlichen Abhandlungen kurz gehalten und zeigen sehr schön Schwarzschilds experimentelles Geschick im Labor sowie die Unterstützung durch Herrn Regierungsrat Dr. J.M. Eder an der "k&k Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt" in Wien. Für seine diesbezüglichen Arbeiten wurde Schwarzschild sodann mit der Medaille der Wiener Photographischen Gesellschaft ausgezeichnet.

Die astronomische/astrophysikalische Relevanz der Ergebnisse

Die Arbeiten Karl Schwarzschilds zur fotografischen Photometrie der Gestirne führten darüber hinaus zu neuen Erkennt-

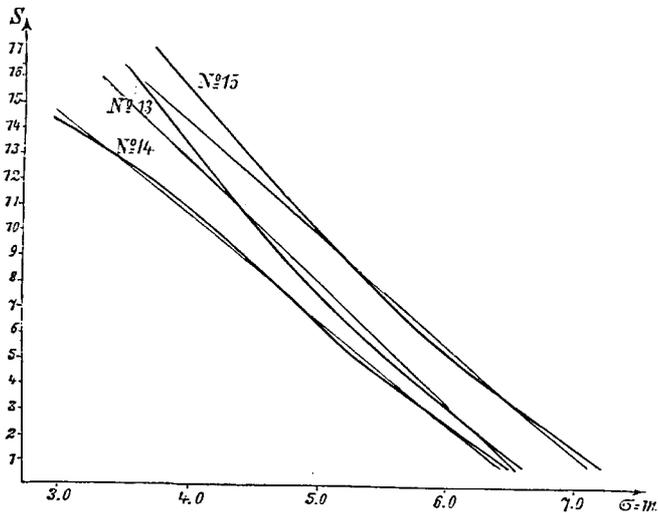


Abb. 4 zeigt drei jener originalen Schwärzungskurven, die Schwarzschild aus seinen Messungen erhielt. Statt der Intensität ist auf der Abszisse die Helligkeit aufgetragen, dadurch ändert sich die Orientierung der Kurven in bezug auf heutige Darstellungen, die vorwiegend Intensitäten angeben. Die Kurven Nr. 14 und Nr. 15 zeigen den Einfluß der Temperatur des Entwicklers. Der kalte Entwickler (9° C) erzeugte ein fast vollständig gerade Kurve, der warme Entwickler (30° C) die viel höher liegende und nach unten konvexe Kurve 15. Kurve 13 läßt den Einfluß des damals gebräuchlichen Bromkalziumzusatzes erkennen, der geringe Schwärzungen mehr unterdrückte als stärkere.

nissen und Anstößen in der Astronomie und neu aufkommenden Astrophysik. Im Zuge seiner Arbeiten konnten die fotografischen Helligkeiten der Plejaden verbessert und neue Daten über die bekannten offenen Sternhaufen η und χ Persei und Praesepe gewonnen werden. Weiters wurden die Helligkeitsvariationen der Sterne η Aql (Abb. 5) und β Lyr mit der neuen Methode vermessen. Beide Sterne wurden sowohl fotografisch als auch visuell gemessen. Hier ergab sich ein für damalige Zeit höchst interessantes Ergebnis: Die Helligkeitsschwankungen von η Aql zeigten im fotografischen Bereich eine fast doppelt so große Amplitude wie im Visuellen. Schwarzschild gab als mögliche Erklärung eine "Variation in der Temperatur" an und folgerte weiter richtig:

"Zur Erklärung der sekundären Anschwellungen der Lichtkurve zieht Herr Lockyer einen zweiten Trabanten heran. Vielleicht könnte man auch an Eigenschwingungen der gasigen Atmosphäre des Hauptkörpers denken, die bei der Größe dieses Körpers wohl in Perioden von der Länge mehrere Tage vor sich gehen können."

Zu dieser Zeit wurde der δ -Cephei Stern η Aql als Doppelstern betrachtet und die Annahme von Pulsationen der Atmosphäre müssen heute als visionäre Gedanken betrachtet werden. Die gleichzeitige Bestimmung der fotografischen und visuellen Helligkeiten der Sterne führte Schwarzschild weiter zur "relativen Farbtonung" der Sterne. Es handelt sich hierbei um ein frühes Konzept der Farbindices der modernen Astronomie.

Weitere Arbeiten aus der Wiener Zeit

Schwarzschild publizierte in Wien nicht nur Arbeiten über fotografische Photometrie, sondern er beschäftigte sich auch mit Problemen der Himmelsmechanik, mit astronomischer Meßtechnik und Optik. Mit seiner Arbeit *Beiträge zur fotografischen Photometrie der Gestirne*, welche er in den Publikatio-



Abb. 5: Historische Lichtkurve von Eta Aquilae in Schwarzschilds Habilitationsschrift. Er vermutete bereits richtig, daß es sich bei den Helligkeitsschwankungen dieses Sternes (klassischer Delta Cephei Stern) um Pulsationen der Sternatmosphäre handeln könnte. Die damalige Lehrmeinung betrachtete Eta Aquilae noch als Doppelsternsystem.

nen der Moriz von Kuffnerschen Sternwarte veröffentlichte, habilitierte sich Schwarzschild dann in München. Mit diesen Arbeiten hat er auf Jahrzehnte hinaus die Grundlage für die praktische Astrophysik geschaffen.

Sein weiterer Lebensweg, welcher hier nicht mehr behandelt werden kann (siehe [1],[3],[5] und [6]), war von großen wissenschaftlichen Leistungen in vielen Bereichen der Astronomie und Physik geprägt. Karl Schwarzschild gilt als Schöpfer der modernen Astrophysik und sein Sohn Martin, welcher sich beruflich ebenfalls der Astronomie und Astrophysik zuwandte, führte das Werk seines Vaters mit großem Erfolg fort.

Literatur

- [1] Paul Ten Bruggencate: *Karl Schwarzschild, Schöpfer der heutigen Astrophysik*, SuW 5, 188, [8/9 1966]
- [2] Peter Habison: *Die Sternwarte des Bierbrauers Moriz von Kuffner in Wien*, SuW 37, 477, [5/1998]
- [3] Hans Kienle: *Auf den Spuren Karl Schwarzschilds*, SuW 13, 79, [3/1974]
- [4] Günther Dietmar Roth: *Compendium of Practical Astronomy*, Vol.1, Springer Verlag Berlin 1994
- [5] Karl Schwarzschild: *Gesammelte Werke/Collected Works*, Ed. by H.H. Voigt, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1992
- [6] Hans Heinrich Voigt: *Von Karl Schwarzschild bis Hans Kienle*, SuW 28, 12, [1/1989]

Walter Kohn, Nobelpreis für Chemie 1998

Peter Weinberger und Peter Mohn

Die Königliche Schwedische Akademie der Wissenschaften verlieh den Nobelpreis für Chemie 1998 an Walter Kohn (University of California, Santa Barbara) und an John A. Pople (Northwestern University, Chicago). Mit der Verleihung des Nobelpreises ehrt die Schwedische Akademie Walter Kohn für die Entwicklung der Dichtefunktionaltheorie. Wenn man sich jedoch die wissenschaftlichen Werke Walter Kohns ansieht, so stellt man fest, daß eben diese Dichtefunktionaltheorie, bei all ihrer Wichtigkeit, auch nur ein Teil in dem an grundlegenden Beiträgen reichen wissenschaftlichen Leben war.

Walter Kohn wurde am 9. März 1923 in Wien-Mariahilf geboren. Er wuchs, gemeinsam mit seiner älteren Schwester Minna, in der aufgeklärten Atmosphäre einer typischen Familie des wiener jüdischen Bürgertums auf. Sein Vater betrieb in der Teinfaltstraße den Kunstpostkartenverlag Brüder Kohn Wien 1, der unter dem Kürzel BKW1 bereits in der Monarchie ein Begriff war. BKW1 verlegte unter anderem auch die Zeichnungen des Karikaturisten Fritz Schönpflug, der auch von Karl Kraus in den "Letzten Tagen der Menschheit" mehrmals zitiert wird. Walter Kohns Mutter war eine hochgebildete Frau, die den Wissensdurst ihres Sohnes zu befriedigen suchte und seine Ausbildung nach Kräften förderte. Nach dem Besuch der Volksschule in der Rahlgasse wurde Walter in das Akademische Gymnasium am Beethovenplatz geschickt. Dort erfuhr er, wie er selbst immer wieder betont, eine profunde Ausbildung in alten Sprachen samt der dazugehörigen Denkdisziplin.

Mit dem Anschluß Österreichs an das Großdeutsche Reich begann der Leidensweg der Familie. Die Wohnung der Familie Kohn in der Theobaldgasse wurde in der Reichskristallnacht verwüstet, und Walter wurde wie alle Schüler jüdischer Abstammung aus dem Akademischen Gymnasium ausgeschlossen und in das Chajes Gymnasium umgeschult. Erst hier wurde er mit den modernen Naturwissenschaften konfrontiert. Sein Physiklehrer Prof. Sabata, ein ehemaliger Mitarbeiter von Albert Einstein in Prag, weckte in ihm das Interesse an Physik, das für sein weiteres Leben bestimmend werden sollte. 1939 konnte Walter mit dem letzten Transport jüdischer Kinder nach England flüchten. Seine Eltern, denen die Ausreise verweigert wurde, wurden zuerst in das KZ Theresienstadt interniert und später in Auschwitz ermordet.

In England wurde er als feindlicher deutscher Bürger interniert und dann nach Kanada deportiert. 1942 in Kanada endlich freigelassen, begann er an der Universität Toronto zu studieren. Nochmals wurde seine Ausbildung unterbrochen, als er für ein Jahr in der kanadischen Armee als Freiwilliger diente.

Seine erste Publikation, ein Problem der Mechanik des Kreisels, schrieb er noch als Undergraduate (Quarterly of Applied Mathematics III/1 1945) bevor er 1945 den B.A. der University of Toronto erhielt. Darauf folgte 1946 der M.A. Mit sei-

nem abgeschlossenen Studium hatte Walter Kohn zwei Angebote, um an seiner Dissertation zu arbeiten: von Rudolf Peierls und von Julian Schwinger. Er entschied sich, auch auf Anraten von Peierls, für zweiteres und übersiedelte, ausgestattet mit einem Stipendium, an die Harvard Universität, wo er mit Julian Schwinger arbeitete und 1948 über Streutheorie promovierte.

Von den mehr als 200 Arbeiten, die Walter Kohn bisher publiziert hat, seien nur einige stellvertretend erwähnt, die seinen wissenschaftlichen Werdegang am besten wiedergeben. Im Jahr 1954 entstand eine Arbeit über die "Lösung der Schrödinger Gleichung auf periodischen Gittern" zusammen mit N. Rostoker (Phys. Rev. 94 (1954) 1111) die die Grundlage der sogenannte KKR-Methode zur Berechnung der elektronischen Struktur von Festkörpern bildet. In den folgenden Jahren erscheint eine Serie von Arbeiten zusammen mit J.M. Luttinger über Halbleiterphysik und Transportphänomene. In diese Zeit fällt auch die intensive Beschäftigung mit den Eigenschaften von Fermiflächen, welche dann zur Postulierung der "Kohn-Anomalien" führt (Phys. Rev. Lett. 2 (1959) 393). Während eines Aufenthaltes in Paris entsteht, gemeinsam mit P. Hohenberg, die erste Arbeit zur Dichtefunktionaltheorie (Phys. Rev. 136 (1964) B864). Hier konnte gezeigt werden, daß der Grundzustand eines Systems wechselwirkender Elektronen durch seine Dichte eindeutig bestimmt ist. Aus diesem Hohenberg-Kohn Theorem leitete Walter Kohn zusammen mit L.J. Sham (Phys. Rev. 140 (1965) A1133) die berühmten Kohn-Sham Gleichungen ab. Diese Gleichungen erlauben die Reduktion eines Vielteilchen Problems (um einen Festkörper zu beschreiben muß man die Eigenschaften von über 10^{23} miteinander wechselwirkenden Elektronen berechnen) auf ein effektives Einteilchenproblem, also die Bewegung eines Elektrons in dem mittleren Feld aller anderen Elektronen. Die Dichtefunktionaltheorie und im speziellen ihre Anwendung auf die Beschreibung der Austausch-Korrelations-Wechselwirkung sind heute zu einer Standardmethode von "Computational Physics and Chemistry" geworden. Ihre Anwendung findet man bei der Berechnung von Molekülen und Festkörpern bis hin zur Physik des Atomkerns.

Nach einem Zwischenspiel in den siebziger Jahren, wo sich Kohn der Anwendung der Dichtefunktionaltheorie auf Oberflächen und dem Problem der Chemisorption zugewandt hat, widmet er sich heute vorwiegend den Verallgemeinerungen seiner Theorie. Es entstanden Arbeiten über angeregte Zustände, Supraleitung und die Beschreibung von van-der-Waals Kräften im Rahmen der DFT. Mit seinen Überlegungen zur "short-sightedness of nature" (Bedeutung der nächsten Nachbarn, red.) liefert Walter Kohn heute auch Beiträge zur Entwicklung von "Order-N" Methoden für die Berechnung großer quantenmechanischer Systeme. Auch vor der Verleihung des Nobelpreises wurden Walter Kohn in Anerkennung seiner Leistungen viele Ehrungen zuteil. Darunter der Oliver Buckley Prize (1960), der Davisson-Germer Prize (1977) sowie die Feenberg Medal (1991).

Univ. Prof. Dr. Peter Weinberger, a. Univ. Prof. Dr. Peter Mohn, Center for Computational Materials Science, TU Wien

Walter Kohn ist Träger der Ehrendoktorate von 8 renomierten Universitäten, darunter auch der TU Wien (1996). Auch als Professor Emeritus (seit 1991) der University of California, Santa Barbara, ist Walter Kohn immer noch an vorderster Front der Wissenschaften tätig. Als großer Humanist ist es ihm auch immer Verpflichtung, sich zu politischen Themen zu Wort zu melden. Er war Mitbegründer des "Santa Barbara Institute of Global Conflict and Cooperation", dessen Aufgabe die Organisation öffentlicher Protestmaßnahmen gegen die US Verteidigungspolitik ist.

Rückblick auf die Fortbildungswoche 1999



*Viktor Obendrauf staunt über die Reichweite seiner Kanone
(bis auf die Galerie ging der Schuß)*

Zwei Monate sind schon wieder vergangen, wie sieht der Organisator die Fortbildungswoche im Rückblick?

Spannend war es bei der Planung, wird der §61 zuschlagen? Ein wenig doch, denn die Teilnehmerzahl sank auf jene des Jahres 1997 - und damals war sie so hoch wie nie davor. Verglichen zu 1998 war es allerdings ein Rückgang um 20%.

Über 360 Anmeldungen zu Exkursionen und Seminaren, 150 Anmeldungen zum Chemietag, das sind die dokumentierbaren Zahlen. Wofür sollten Anwesenheitslisten geführt werden, wenn der große Hörsaal selbst außerhalb der Experimentalvorträge mit 120 bis 150 Personen besetzt ist? Nach meiner Schätzung haben wieder etwa 600 Personen an Veranstaltungen der Fortbildungswoche 99 teilgenommen. Unsere Subventionsgeber - die beiden PIs in Wien leisten erfreulicherweise einen Beitrag, dem BMUKA ist für öS 25.000,- zu danken, können zufrieden sein. So viele "Kunden" werden selten mit so wenig Geld erreicht. Weiterhin kommt ein beträchtlicher Anteil der Kosten aus den Mitgliedsbeiträgen und der freiwilligen unbezahlten Arbeit einiger Aktivisten. Dank gebührt daher besonders ihnen, ganz besonders Dr. Ralf Becker, Mag. Theodor

Duenbostel, Werner Rentzsch, meinen Mitarbeitern am Institut, allen mitwirkenden Universitätsangehörigen und natürlich allen Vortragenden, deren Arbeitseinsatz durch keine (bescheidene) Vergütung abgegolten werden kann.

Jenen, die dabei waren, werden die Experimentalvorträge von Prof. Bürger und von Prof. Obendrauf unvergesslich sein, ein volles Haus dankte den Referenten - einige Bilder dazu verdanken wir Kollegen Grumet mit seiner Digitalkamera.

Wie immer gilt meine Bitte: Schreiben Sie uns Ihre Anregungen, Ideen, Angebote und Kritik für die nächste Fortbildungswoche im ominösen Jahr 2000.

Wichtig ist uns der Praxisbezug der Veranstaltungen, wobei dieses Wort etwas verfänglich ist. Gerade Hintergrundinformation ist für den gelungenen Unterricht die Würze.

Helmut Kühnelt



*Den Becher sollte man nicht fallen lassen.
(Photos: P. Grumet)*

Science Across the World - neue Impulse für den Naturwissenschaftlichen Unterricht

Karl Brachtl

Science Across the World ist eine Arbeitsgruppe der Association for Science Education, die im Jahr 1990 als Initiative zur Förderung der Kontakte zwischen Schülern in den EU-Ländern gegründet worden ist. Seit damals hat das Team von SAW sich zum Ziel gesetzt, jedes Jahr mindestens eine Unterrichtseinheit zu einem naturwissenschaftlichen oder ökologischen Thema zu produzieren.

Die bis jetzt veröffentlichten Themen sind in unserem Schulsystem gut in den Gegenständen Physik, Chemie, Biologie, Geografie und interessanterweise auch im Sprachunterricht einsetzbar. Ein besonderer Reiz dieser Arbeitsbücher ist es, daß sie dem Lehrer ein sehr breites Spektrum an Gestaltungsmöglichkeiten einräumen und sich fast jeder schulischen Situation anpassen lassen.

Eine Grundidee war und ist noch immer, daß Schüler unter der Anleitung des Lehrers möglichst selbstständig Daten sammeln, erfassen, sichten und anschließend aus den gesammelten Daten Fakten und Meinungen destillieren, die für die ganze Klasse in ein vorgegebenes Fragenformular eingetragen werden.

Die zweite Grundidee ist der Datenaustausch mit Klassen in anderen Ländern (möglichst der gleichen Alterstufe), die auch gerade an diesem Thema arbeiten.

SAW stellt nicht nur das Arbeitsmaterial, sondern auch eine Datenbank mit allen zu diesen Themen angemeldeten Schulen zur Verfügung. Neuerdings muß dann nicht einmal mehr die Post bemüht werden, weil sich der gesamte Ergebnisaustausch über die website von SAW abwickeln läßt, falls die Schule einen Internetzugang hat. Sollte diese Voraussetzung fehlen, tauscht man die Ergebnisse eben per Post oder per Fax aus.

Da man bei Bestellung eines Arbeitsbuches automatisch die sechs wichtigsten Europäischen Sprachen geliefert bekommt, bietet es sich auch an, ein fächerübergreifendes Projekt mit einer Fremdsprache zu machen (für ausgefallenerere Wünsche gibt es die Arbeitsbücher auch in Katalan, Ungarisch, Finnisch u.s.w.).

Das Prozedere ist einfach: die Schule bestellt ein Arbeitsbuch zum Preis von 19 Pfund und kann dann die darin enthaltenen Arbeitsblätter für die Schüler nach Belieben kopieren. Sollte ein Lehrer den Wunsch haben, das Projekt im nächsten Jahr mit einer anderen Klasse noch einmal zu machen, braucht er sich (bzw. die Schule) nur erneut (kostenfrei) registrieren zu lassen und steht dann auch im nächstjährigen Austauschverzeichnis wieder drinnen und ist für Schulen aus ganz Europa (neuerdings auch aus Asien, Afrika, Lateinamerika und Australien) als Austauschpartner ansprechbar.

Der Datenaustausch mit anderen Schulen muß wohl in einer gemeinsamen Sprache abgewickelt werden, was wiederum die

Zusammenarbeit mit einem Sprachlehrer als sinnvoll erscheinen läßt. Naheliegenderweise ist die übliche Austauschsprache Englisch - es hat sich aber auch als recht interessant erwiesen, zum Englischen Austauschformular eines in der eigenen Sprache dazuzugeben, weil es für Schüler in anderen Ländern oft schon alleine wegen des optischen Erscheinungsbildes interessant sein kann (selbst, wenn die Sprache selbst gar nicht verstanden wird!).

Die derzeit zur Verfügung stehenden Themen sind:

- Chemie in unserem Leben
- Energie im Haushalt
- Erneuerbare Energien
- Hausmüll
- Verkehrssicherheit
- Gesund bleiben
- Was essen wir
- Trinkwasser
- Saurer Regen
- Globale Erwärmung
- Tropischer Regenwald
- Verschwindende Feuchtbiotope
- Pflanzen in unserem Leben

(die drei Letztgenannten sind derzeit noch nicht in deutscher Sprache zu haben.)

Da die ASE als Mutterorganisation und SAW selbst Lehrervereinigungen sind, wurde die Firma British Petrol als Sponsor gewonnen, der die Infrastruktur der Organisation finanziert.

Fallstudien aus dem eigenen Unterrichtsbereich

Chemie in unserem Leben

Am Europagymnasium in Klagenfurt habe ich im Schuljahr 1997/98 mit einer achten Klasse diese Einheit getestet, bevor sie endgültig veröffentlicht wurde.

Der Fragebogen fordert die Schüler zuerst auf, nach chemischen Verbindungen in Ihrem Haushalt zu suchen. Weiters soll erhoben werden, wie die Schüler die Sichtbarkeit und Wirksamkeit von Warnhinweisen auf Risikostoffe wahrnehmen. Im nächsten Abschnitt soll untersucht werden, ob es in der Geschichte der näheren Heimat der Schüler bekannte Chemiker gegeben hat und schließlich soll noch beurteilt werden, ob und inwieweit die Chemieindustrie einen Einfluß auf die heimische Wirtschaft hat.

Der attraktivste Teil des Projektes ist aber sicherlich, daß die Schüler aufgefordert werden, eine chemische Verbindung selbst herzustellen.

Mag. Karl Brachtl unterrichtet Chemie, Physik und IT am Europagymnasium Klagenfurt, seit 10 Jahren in der Lehrerfortbildung tätig; seit 1997 Repräsentant von Science Across the World in Österreich.

Da es in unserem Normallehrplan nicht vorgesehen ist, daß die Schüler selbst Laborarbeiten erledigen, war es für meine Schüler natürlich besonders spannend, sich plötzlich im weißen Mantel mit Eprövetten in der Hand wiederzufinden.

Der Stoffverlauf der organischen Chemie entsprechend habe ich die Synthese von Fluorescein gewählt, weil sie leicht durchzuführen ist und ein doch recht spektakuläres Ergebnis bringt.

Nach einer Stunde mit Sicherheitshinweisen und theoretischen Grundlagen ging es los und natürlich auch da und dort daneben - manches Chemieheft hat heute noch intensiv gelbe Flecken.

Aber die Begeisterung war groß, der Eifer auch und schon bald gings daran, das Produkt zu testen und sich die wunderschöne grüne Fluoreszenz anzuschauen.

Wir haben dann gemeinsam noch das Produkt unter der UV-Lampe untersucht und dabei sogar noch entdecken können, daß man mittels Fluorescein feststellen kann, daß die Eindringtiefe von UV-Strahlung mit 345 nm im Wasser viel größer ist als die von UV-Strahlung mit 250 nm. An diesem Punkt ergab sich dann noch die Möglichkeit, einen Rückblick auf den Chemielehrstoff der siebenten Klasse mit dem Thema Atmosphärenchemie und Ozonproblematik zu machen.

Wir haben das Arbeitsergebnis mit Schulen in USA, Australien, Japan und Frankreich ausgetauscht, die Arbeitsergebnisse mit dem eigenen verglichen und sind dann wieder zum regulären Lehrstoff zurückgekehrt.

Den Schülern ist eine interessante Erfahrung im Chemieunterricht in Erinnerung geblieben.

Energie im Haushalt und erneuerbare Energien

Am Europagymnasium in Klagenfurt gibt es seit 1995 in jedem Jahrgang der Unterstufe eine Klasse (in der heurigen vierten Klasse sind es ausnahmsweise zwei), die mit Englisch als Arbeitssprache unterrichtet wird. Es werden also alle Unterrichtsgegenstände (mit Ausnahme von Deutsch und Franzö-

sisch, sowie Religion und Mathematik) in Englischer Sprache vermittelt.

Diese Klassen sollen bereits in der Unterstufe einen Auslandsaufenthalt absolvieren und daher fuhren die beiden vierten Klassen im Oktober 1998 für zwei Wochen nach Exeter (UK) an eine Sprachschule. In diesen Auslandsaufenthalt haben wir Lehrer aber auch Projekte für Physik, Biologie und Geschichte integriert.

Ich unterrichte in diesen Klassen Physik und habe nach den ersten kurzen Einblicken in die Elektrizitätslehre noch vor der Abreise die Einheit "Energie im Haushalt" herangezogen, um die Schüler herausfinden zu lassen, welche Energieformen in den elterlichen Haushalten bevorzugt werden und wie groß der Energieverbrauch der Haushalte ist. Mit diesen Daten und einem weiteren, leeren Erhebungsblatt fuhren die Schüler nach England und haben diese Daten auch bei Ihren Gastgeberfamilien erhoben. Nach der Heimkehr wurde dann eine Vergleichsstudie angestellt.

Der in England als Teil dieses Projektes organisierte Besuch eines Wasserkraftwerkes im Dartmoor gab uns zu Hause die Möglichkeit, wieder in den Lehrstoff einzusteigen und die Elektrizität - immer mit dem Rückblick auf diesen Besuch - weiter zu behandeln.

An der Nordküste von Cornwall hatten wir eine Führung durch eine große Windfarm und nach der Rückkehr war dies der Startpunkt für die Durchführung der Arbeitseinheit "Erneuerbare Energien".

Nach dem Ende dieses Projektes wird ein zusammenfassender Bericht geschrieben werden und die gewonnenen Daten werden international ausgetauscht.

Mit dieser Projektgestaltung hat ein Sprachaufenthalt im Ausland einmal ein etwas anderes Profil erhalten.

Schüler und Lehrer waren mit den Ergebnissen der Arbeit mit Science Across the World so zufrieden, daß an dieser Schule sicher weiter mit diesem Projekt gearbeitet werden wird.

Informationen über Science Across the World sind auch im Internet unter <http://www.ase.org.uk/sworld.html> zu finden.



Schülerinnen der 2c der Oskar-Spiel-HS, Wien 20 präsentieren das Experiment "Farbe wegblasen" (siehe Freihandexperimente) während der 53. Fortbildungswoche. (Photo: P. Grumet)

Gletscher und Vulkane im Licht der Mitternachtssonne

29. Internationale Physik Olympiade 1998 in Reykjavik/Island

Helmuth Mayr

1967 wurden die Internationalen Physikolympiaden gegründet, zu denen jedes Jahr ein anders Land einlädt. Österreich nahm 1982 erstmalig an diesem internationalen Treffen teil und war im Jahr 1988 Gastland für damals 29 Nationen. In der Zwischenzeit ist die Gemeinde der Teilnehmerländer auf die respektable Anzahl von 56 angewachsen.

So trafen sich heuer in Island 18 Schülerinnen und 248 Schüler aus insgesamt 56 Staaten, um ihr physikalisches Können in diesem friedlichen Wettstreit, der 29. Internationalen Physik Olympiade 1998, zu messen.

Die isländischen Gastgeber sorgten vom 2. bis 10. Juli 1998 für ein interessantes Rahmenprogramm, das ausreichend Gelegenheit bot, sowohl Land und Leute kennen zu lernen als auch über alle Grenzen reichende Freundschaften zu knüpfen. Die beiden Wettbewerbstage (am 4. Juli fand der theoretische und am 6. Juli der experimentelle Wettbewerb statt) fügten sich harmonisch in dieses Rahmenprogramm ein.

Im folgenden werden die insgesamt vier Wettbewerbsaufgaben vorgestellt. Aus Platzgründen kann jedoch nur eine der Aufgaben im Original betrachtet werden, während die anderen drei Problemstellungen lediglich beschrieben werden können.

Die englischsprachige Fassung aller Aufgabestellungen und Lösungen der 29. IPHO-1998 sowie weitere diesbezügliche Informationen können im Internet unter der Adresse www.hi.is/jpho aufgerufen werden.

Aufgabe 1: Das Rollen eines hexagonalen Prismas

Teil a)

Von einem homogenen, langen, festen, starren und regulären hexagonalen Prisma mit einem gegebenen Ausdruck für das Trägheitsmoment wurde angenommen, daß es eine schiefe Ebene, die einen bestimmten Neigungswinkel aufweist, "ungleichmäßig" hinabrollen kann. Der Zusammenhang zwischen der mit ω_i bezeichnete Aufprall-Winkelgeschwindigkeit einer Prismenkante und der mit ω_f bezeichneten Winkelgeschwindigkeit kurz nach dem Aufprall wurde mit $\omega_f = s \cdot \omega_i$ angegeben. Die Konstante s war zu bestimmen.

Eine entsprechende Bewegungsanalyse liefert entweder mit Hilfe des Drallsatzes und des Satzes von Steiner oder auf Grund entsprechender Komponentenerlegungen der auftretenden Impulse das Verhältnis der beiden betrachteten Winkelgeschwindigkeiten, was zum Ergebnis $s = 11/17$ führt.

OSTR. Prof. Ing. Mag. Helmuth Mayr, BGRG Wien 15/Schmelz, Mitglied der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik an der Universität-Wien, Leiter der österreichischen Delegationen bei Internationalen Physikolympiade

Teil b)

Zunächst wird festgestellt, daß die kinetischen Energien K_i und K_f kurz vor und kurz nach dem Aufprall einer Kante der Beziehung $K_f = r \cdot K_i$ genügen. Der Zahlenwert der Konstante r war zu bestimmen.

Wendet man auf das betrachtete System den Energiesatz an und setzt das unter a) gefundene Ergebnis ein, erhält man:

$$r = 121/289$$

Teil c)

Damit das Prisma weiterrollen kann, muß die Energie K_i größer als ein Minimalwert $K_{i,min}$ sein, für den gilt: $K_{i,min} = \delta \cdot M \cdot g \cdot a$, wobei δ einen neigungsabhängigen Koeffizienten, M die Prismenmasse, g die Fallbeschleunigung und a die Kantenlänge der hexagonalen Prismenquerschnittsfläche bezeichnen.

Bedenkt man, daß beim Abrollen des Prismas dessen Schwerpunkt stets gehoben und wieder gesenkt wird, läßt sich zunächst eine Winkelaussage formulieren, die in den Energiesatz eingesetzt werden kann, was zum Ergebnis

$$\delta = \frac{1}{r} \cdot [1 - \cos(30^\circ - \theta)]$$

führt (wobei θ den Neigungswinkel der schiefen Ebene bezeichnet).

Teil d)

Falls das Prisma ständig weiterrollen kann, nähert sich die kinetische Energie einem Grenzwert $K_{i,0}$, für den gilt: $K_{i,0} = \kappa \cdot M \cdot g \cdot a$, wobei κ eine Konstante ist, die von θ und r abhängt. Der Wert für κ war zu bestimmen.

Eine Betrachtung von aufeinanderfolgenden Abrollbewegungen führt zu Energieaussagen, mit denen ein iterativer Ausdruck für n bzw. $(n+1)$ Bewegungsabläufe formuliert werden kann. Da n als sehr groß angenommen werden muß, führt die Näherung $n \approx n + 1$ zum Ergebnis:

$$\kappa = \frac{\sin \theta}{1 - r}$$

Teil e)

Im letzten Punkt dieser Aufgabe wurde verlangt, den minimalen Neigungswinkel θ_0 für ständiges Abrollen mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1^\circ$ zu bestimmen.

Aus der Ungleichung, daß die aktuelle Energie größer als die Minimalenergie sein muß, und durch Einsetzen der bisher gewonnenen Ergebnisse folgt der Nominalwert: $\theta_0 = 6,58^\circ$

Aufgabe 2: Wasser unter einer Eisdecke

Diese Aufgabe soll im folgenden genauer betrachtet werden.

Deutschsprachige Originalangabe:

In dieser Aufgabe betrachten wir das Schmelzen von Eis und das Verhalten von Wasser unter temperiertem Inlandeis, d.h. mit Temperaturen um den Schmelzpunkt. Die Eisschicht kann einige km dick und hunderte km ausgedehnt sein. Unter diesen Bedingungen kommt es zu Druckunterschieden, auf welche das Eis wie eine zähe Flüssigkeit über einen langen Zeitraum reagiert.

Dichte von Wasser:	$\rho_w = 1,000 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
Dichte von Eis:	$\rho_i = 0,917 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
Spez. Wärmekapazität von Eis:	$c_i = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J/(kg } ^\circ\text{C)}$
Spez. Schmelzwärme von Eis:	$L_i = 3,4 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$
Dichte von Gestein und Magma:	$\rho_r = 2,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
Spezifische Wärmekapazität von Gestein und Magma:	$c_r = 700 \text{ J/(kg } ^\circ\text{C)}$
Spezifische Schmelzwärme von Gestein und Magma:	$L_r = 4,2 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$
Mittlerer Wärmefluß vom Erdinneren durch die Erdoberfläche:	$J_Q = 0,06 \text{ W/m}^2$
Schmelzpunkt des Eises:	$T_0 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$, konstant

Angabe Teil a) (0,5 Punkte) Wir betrachten eine mächtige Eisdecke an einem Ort mit mittlerem Wärmefluß vom Erdinneren durch die Erdoberfläche. Berechnen Sie die Dicke d der Eisschicht an der Erdoberfläche, die jährlich schmilzt.

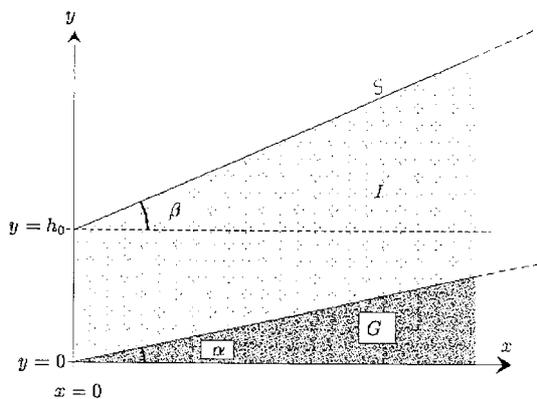


Abb. 2.1: Querschnitt durch eine Eisdecke I mit glatter Oberfläche S, die auf einer geneigten Grundfläche G ruht.

Lösung Teil a)

Auf Grund des Energiesatzes folgt: $J_Q \cdot (1 \text{ Jahr}) = L_i \cdot \rho_i \cdot d$

$$d = \frac{J_Q \cdot (1 \text{ Jahr})}{L_i \cdot \rho_i} = \frac{0,06 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \cdot (365,25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60) \text{ s}}{3,4 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 917 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Angabe Teil b) (3,5 Punkte) Wir betrachten jetzt die Grund- und Oberfläche des Eisfeldes. Der Grund unter dem Eis hat den Neigungswinkel α . Die Eisoberfläche ist um den Winkel β geneigt (Abb. 2.1). Die vertikale Dicke des Eises in $x = 0$ ist h_0 . Damit können die Grund- und Oberfläche des Eisfeldes mit

den folgenden Gleichungen ausgedrückt werden:

$$y_1 = x \tan \alpha, \quad y_2 = h_0 + x \tan \beta$$

Leiten Sie einen algebraischen Ausdruck für den Druck am Grund des Eisfeldes als Funktion der horizontalen Koordinate x ab und schreiben Sie die Antwort auf das Antwortblatt. Am Grunde des Eises sammelt sich Wasser als dünner Film. Unter der Bedingung

$$\tan \alpha = s \cdot \tan \beta$$

fließt dieses Wasser in keiner Richtung ab.

Bestimmen Sie s und schreiben Sie die Antwort auf das Antwortblatt.

Die Gerade $y_1 = 0,8x$ in Abb. 2.2 zeigt die Erdoberfläche unter einem Eisfeld. Die vertikale Mächtigkeit h_e in $x = 0$ ist 2 km. Gehen Sie davon aus, daß sich das Wasser am Grunde des Eises in hydrostatischem Gleichgewicht befindet. Zeichnen Sie die Gerade y_1 auf das karierte Antwortblatt und fügen Sie eine Gerade hinzu, welche die Eisoberfläche darstellt. Machen Sie in dem Diagramm deutlich, welche Gerade was darstellt.

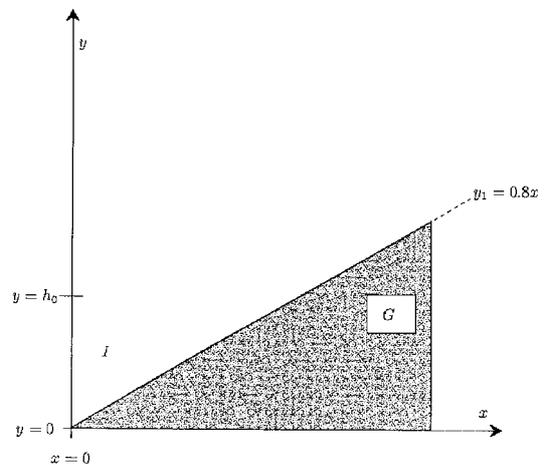


Abb. 2.2: Querschnitt durch ein temperiertes Eisfeld, das auf schrägem Grund G ruht. Das Wasser am Grunde befindet sich in hydrostatischem Gleichgewicht.

Lösung Teil b)

Wenn p_a den als konstant angenommenen Atmosphärendruck bezeichnet folgt für den Eisdruck in einer Tiefe z :

$$p = \rho_i \cdot g \cdot z + p_a$$

Da für die Eistiefe am Grund gelten muß: $z = y_2 - y_1$ folgt:

$$p = \rho_i \cdot g \cdot (y_2 - y_1) + p_a$$

$$= \rho_i \cdot g \cdot x \cdot (\tan \beta - \tan \alpha) + \rho_i \cdot g \cdot h_0 + p_a$$

Damit das Wasser an der Basis der Eisdecke unbeweglich bleibt, muß gelten:

$$p = \text{Konstante} - \rho_w \cdot g \cdot y_1 = \text{Konstante} - \rho_w \cdot g \cdot x \cdot \tan \alpha$$

Daraus:

$$\rho_i \cdot g \cdot x \cdot (\tan \beta - \tan \alpha) = -\rho_w \cdot g \cdot x \cdot \tan \alpha$$

Daher:

$$\tan \beta = \frac{\rho_w - \rho_i}{\rho_i} \cdot \tan \alpha = -\frac{\Delta \rho}{\rho_i} \cdot \tan \alpha \approx -0,091 \cdot \tan \alpha$$

$$\Rightarrow s = -\frac{\Delta\rho}{\rho_i} = -0,091$$

(Dabei ist das negative Vorzeichen wichtig).

Da entsprechend der Angabe gilt: $\tan \alpha = 0,8$
 folgt durch Einsetzen: $\tan \beta = -0,073$
 somit: $y_2 = 2 \text{ km} - 0,073 \cdot x$

Von den Teilnehmern/innen wurde erwartet, diese Gerade auf dem Antwortblatt einzuzeichnen.

Angabe Teil c) (1 Punkt) Eine große Eisschicht auf horizontalem Grund hat ursprünglich eine konstante Dicke $d = 2,0 \text{ km}$. Durch plötzliches Schmelzen bildet sich ein Wasserkegel auf dem Grund mit der Höhe $h = 1,0 \text{ km}$ und dem Radius $r = 1,0 \text{ km}$ (Abb. 2.3). Wir nehmen an, daß das verbleibende Eis sich an die Bedingungen ausschließlich durch vertikale Bewegung anpaßt. Beschreiben Sie analytisch auf dem leeren Antwortblatt und zeichnen Sie auf dem karierten Antwortblatt die Form der Oberfläche der Eisdecke, nachdem sich der Wasserkegel gebildet und hydrostatisches Gleichgewicht erreicht worden ist.

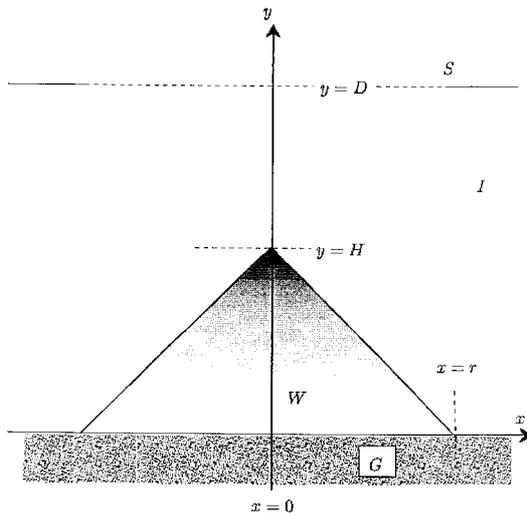


Abb. 2.3: Konischer Wassereinschluss am Grunde eines temperierten Eisfeldes. S: Oberfläche, I: Eisdecke, W: Wasser, G: Grund

Lösung Teil c)

Da das Eis (gemäß Angabe) nur durch vertikale Bewegungen auf das kegelförmige Ausschmelzvolumen reagieren soll, entsteht eine ebenfalls kegelförmige Vertiefung. Entsprechend den Überlegungen zum Punkt b) muß der Radius dieses Ausschmelzkegels ebenfalls $1,0 \text{ km}$ groß sein. Für die Tiefe muß gelten:

$$h = |r \cdot \tan \beta| = \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot r \cdot \tan \alpha = \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot H$$

$$= 0,091 \cdot 1 \text{ km} = 91 \text{ m}$$

Von den Teilnehmern/innen wurde wiederum erwartet, daß sie dies im Antwortblatt maßstabsgerecht graphisch darstellten.

Angabe Teil d) (5 Punkte) Auf ihrer jährlichen Expedition untersucht eine Gruppe internationaler Wissenschaftler ein temperiertes Eisfeld in der Antarktis. Die Eisoberfläche ist gewöhnlich ein ausgedehntes Plateau, doch diesmal finden die

Wissenschaftler eine tiefe, kraterförmige Vertiefung auf der Eisoberfläche, in der Form eines auf dem Kopf stehenden Kegels mit der Höhe $h = 100 \text{ m}$ und dem Radius $r = 500 \text{ m}$ (Abb. 2.4).

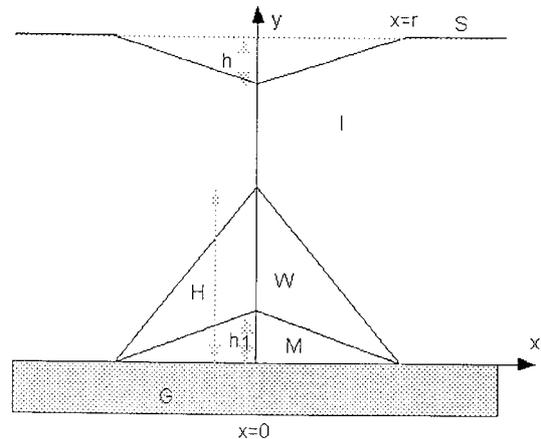


Abb. 2.4: Vertikaler Querschnitt durch das Zentrum einer konischen Vertiefung in einem temperierten Eisfeld. Magma- und Schmelzwassereinschluß am Grunde des Eisfeldes. S: Oberfläche, G: Grund, I: Eisdecke, M: Magma

Nach einer kurzen Diskussion schließen die Wissenschaftler, daß die Vertiefung wahrscheinlich auf eine kleinere Vulkaneruption unter dem Eisfeld zurückzuführen ist. Magma (geschmolzenes Tiefengestein) war wohl in kleiner Menge am Grunde des Eisfeldes ausgetreten, erstarrt und abgekühlt, wobei ein gewisses Volumen an Eis geschmolzen wurde. Die Wissenschaftler versuchten folgendermaßen das Volumen der Magmaintrusion zu berechnen und herauszufinden, was aus dem Schmelzwasser geworden ist.

Wir nehmen an, daß sich das Eis ausschließlich vertikal bewegt. Ebenfalls nehmen wir an, daß das Magma gänzlich geschmolzen war und anfangs eine Temperatur von 1200°C hatte. Zur Vereinfachung gehen wir ebenso davon aus, daß die Intrusion die Form eines Kegels mit Kreisgrundfläche senkrecht unter der kegelförmigen Vertiefung in der Eisoberfläche hatte. Die Zeit, in der die Magmaintrusion anstieg, war kurz im Vergleich zur Zeitspanne des Wärmeaustausches. Wir gehen davon aus, daß der Wärmefluß anfänglich vertikal verlief, so daß das Volumen des Schmelzwassers während des gesamten Vorganges durch eine konische Eiskuppel über dem Zentrum der Magmaintrusion eingeschlossen ist.

Unter diesen Voraussetzungen verlief der Schmelzprozeß in zwei Etappen. Zunächst befindet sich das Schmelzwasser nicht im Gleichgewicht über der Magmaintrusion und fließt weg. Das wegfließende Schmelzwasser habe eine Temperatur von 0°C . Später wird hydrostatisches Gleichgewicht erreicht und das Wasser sammelt sich über der Intrusion, anstatt abzufließen.

Bestimmen Sie für den Fall, dass das thermische Gleichgewicht erreicht ist, die folgenden Größen:

1. Die Höhe H der Spitze des Wasserkegels, der sich unter der Eisdecke gebildet hat, relativ zum ursprünglichen Grund.
2. Die Höhe h_1 der Magmaintrusion.
3. Die Gesamtmasse m_{tot} des produzierten Wassers und die Masse m' des weggeflossenen Wassers.

Zeichnen Sie auf dem karierten Antwortblatt die Form der Intrusion und den Körper des verbleibenden Wassers. Benutzen Sie das Koordinatensystem wie in Abb. 2.4 vorgeschlagen.

Lösung Teil d)

Wird mit h_1 die Höhe der Magma-Intrusion bezeichnet können wir annehmen, daß zunächst der sich aus der Horizontalen erhebende Eiskegel mit demselben Volumen wegschmelzen wird. Deshalb ergibt sich für das anfänglich geschmolzene Eisvolumen:

$$V_1 = \frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot h_1$$

Zunächst ist der Druck-Gleichgewichtszustand noch nicht erreicht. Daher fließt während dieser Zeit das Schmelzwasser ab und das Eis bleibt im Kontakt mit der Magmaoberfläche, wodurch die Eisoberfläche zunächst wieder horizontal wird. Im weiteren Verlauf entsteht dann eine kegelförmige Eisausschmelzung mit der Tiefe h_2 , für die gilt:

$$h_2 = \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot h_1$$

Damit ist der Druck-Gleichgewichtszustand erreicht, wobei auch während dieser zweiten Phase das Schmelzwasser abfließen kann.

In der Annahme, daß der Intrusionskegel noch nicht bis auf 0°C abgekühlt ist, folgt, daß ein weiteres kegelförmiges Schmelzvolumen mit der Höhe h_3 , das nun wegen des erreichten Gleichgewichtszustandes nicht mehr abrinnen kann und daher als "Wasserkegel" an Ort und Stelle verbleiben muß, der die Höhe h_3' hat, entsteht.

Für h_3' gilt:

$$h_3' = \frac{\rho_i}{\rho_w} \cdot h_3$$

Für die Gesamthöhe des geschmolzenen Eiskegels gilt daher:

$$h_{\text{tot}} = h_1 + h_2 + h_3$$

Für die Tiefe des oberflächlichen Depressionskegels muß gelten:

$$h = \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot (h_1 + h_3')$$

Daher folgt für die gesuchte Höhe H der Spitze des Wasserkegels:

$$H = h_1 + h_3' = \frac{\rho_i}{\Delta\rho} \cdot h = 1,1 \cdot 10^3 \text{ m}$$

Aus dem Wärmeenergie-Gleichgewicht folgt:

$$\frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot [\rho_r \cdot h_1 \cdot (L_r + c_r \cdot \Delta T) - \rho_i \cdot L_i \cdot h_{\text{tot}}] = 0$$

wobei ΔT die Änderung der Magmakegeltemperatur um 1200°C bezeichnet.

Verwendet man für h_2 und h_3 die vorhin ermittelten Ausdrücke folgt:

$$h_{\text{tot}} = h_1 + \frac{\Delta\rho}{\rho_i} \cdot h_1 + \frac{\rho_w}{\rho_i} \cdot h_3' = \frac{\rho_w}{\rho_i} \cdot (h_1 + h_3')$$

Unter Verwendung des für die Höhe H ermittelten Ausdruckes ergibt sich daher:

$$h_{\text{tot}} = \frac{\rho_w}{\rho_i} \cdot (h_1 + h_3') = \frac{\rho_w}{\rho_i} \cdot H = \frac{\rho_w}{\Delta\rho} \cdot h = 1,20 \cdot 10^3 \text{ m}$$

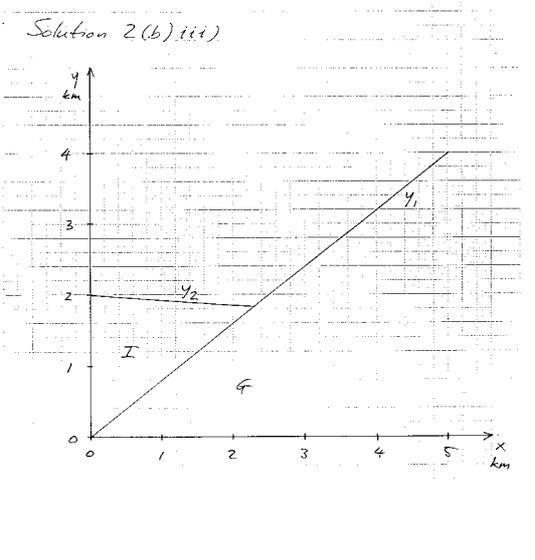
Da die Eisschicht laut Angabe 2 km dick ist, kann man erkennen, daß die Spitze des Schmelzwasserkegels die Eisoberfläche nicht erreicht.

Die ermittelten Werte können in die Wärmeenergie-Bilanz eingesetzt werden, um die Höhe h_1 zu bestimmen. Daher folgt:

$$\rho_r \cdot h_1 \cdot (L_r + c_r \cdot \Delta T) = \frac{\rho_i \cdot \rho_w \cdot L_i \cdot h}{\Delta\rho}$$

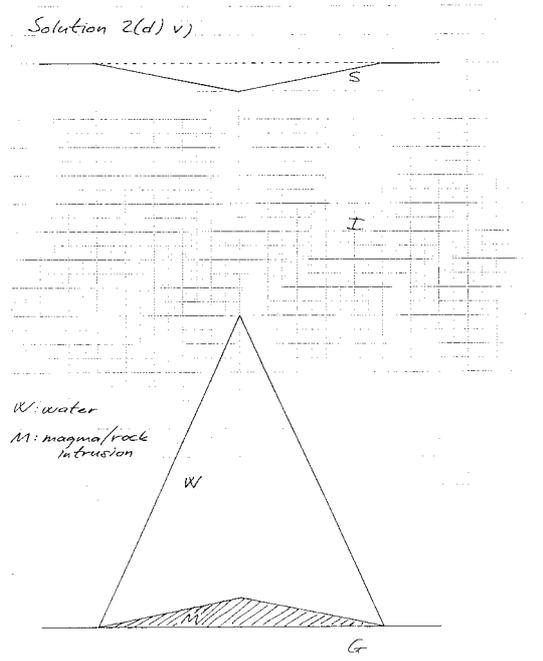
29th IPAC

Delegation	Student no.	Problem no.	Page	Total
------------	-------------	-------------	------	-------



29th IPAC

Delegation	Student no.	Problem no.	Page	Total
------------	-------------	-------------	------	-------



Damit:

$$h_1 = \frac{\rho_i \cdot \rho_w \cdot L_i \cdot h}{\Delta\rho \cdot \rho_r \cdot (L_r + c_r \cdot \Delta T)} = 103 \text{ m}$$

Für die Gesamtmasse des produzierten Wassers ergibt sich:

$$m_{tot} = \frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot h_{tot} \cdot \rho_i = 2,9 \cdot 10^{11} \text{ kg}$$

Die Masse m' des abgeflossenen Wassers läßt sich folgendermaßen berechnen:

$$m' = \frac{h_1 + h_2}{h_{tot}} \cdot m_{tot} = \frac{\rho_w \cdot h_1}{\rho_i \cdot h_{tot}} \cdot m_{tot} = 2,7 \cdot 10^{10} \text{ kg}$$

Von den Schülerinnen und Schülern wurde erwartet, daß sie die berechneten Dimensionen der auftretenden Kegel maßstabsgetreu auf das Antwortblatt zeichnen.

Aufgabe 3: Schneller als das Licht?

Die Schüler erhielten eine maßstabsgetreue Kopie der Aufnahme eines aus mehreren Teilen bestehenden Himmelsobjektes, dessen Veränderungen vom 27. März bis zum 30. April 1994 wiedergegeben worden sind. Dieses Objekt wurde als Radiostrahler charakterisiert, der vorwiegend aus zwei Strahlungsquellen besteht, die sich von einem gemeinsamen Zentrum aus voneinander weg bewegen.

Als erstes wurde nach den sich ergebenden Driftgeschwindigkeiten in der Zeichenebene gefragt.

Durch genaues Vermessen der dargestellten Winkelverhältnisse konnten über die entsprechenden Winkelgeschwindigkeiten die gesuchten Geschwindigkeiten errechnet werden. Erstaunlicherweise ergab sich dabei für die eine der dargestellten Strahlungsquellen eine Driftgeschwindigkeit, die größer als die Lichtgeschwindigkeit ist!

Zwecks Interpretation dieses zunächst erstaunlichen Resultats wurde dann die räumliche Lage der Strahlungsquellen relativ zum Beobachter allgemein beschrieben. Von den Teilnehmern wurde verlangt, einen funktionalen Zusammenhang für die Winkelgeschwindigkeit und die Senkrechtkomponente der Geschwindigkeit in Abhängigkeit von den relevanten Systemgrößen aufzustellen.

Dies konnte nur mit Hilfe der Lageänderungen in Abhängigkeit von der Zeit und einer Näherung erreicht werden.

Im dritten Teil der Aufgabe wurden die numerische Berechnung der Systemparameter der Doppelstrahlungsquelle verlangt, was mit Hilfe der Ergebnisse aus dem Teil b) und einigem mathematischen Aufwand durchgeführt werden konnte.

In der vierten Teilfrage wurde verlangt, eine Bedingung aufzustellen, die für die Existenz der scheinbaren Überlichtgeschwindigkeit verantwortlich ist.

Dies konnte nur unter Beachtung der räumlichen Konfiguration, der Lageparameter und der Beachtung diverser Randbedingungen erfolgreich durchgeführt werden.

Die fünfte Teilfrage befaßte sich mit dem Maximalwert der orthogonalen Geschwindigkeitskomponente, der als Extremwertaufgabe unter Beachtung diverser Randbedingungen errechnet werden konnte.

In der letzten Teilfrage ging es um eine genauere Entfernungsbestimmung mit Hilfe des Dopplereffekts. Es war einerseits zu zeigen, daß das Systemverhalten einer gegebenen Beziehung genügt und andererseits eine unbekannte Konstante dieser Beziehung numerisch zu bestimmen.

Aus der Beschreibung des relativistischen Dopplereffekts und entsprechenden Umformungen konnte man nachweisen, daß die gegebene Beziehung erfüllt ist und damit die gesuchte Konstante mittels Koeffizientenvergleich ermitteln.

Experimentalaufgabe

Das Herzstück der experimentellen Aufgabe waren zwei U-förmige Ferritkerne, von denen einer zwei Spulen aufgesetzt erhalten hatte.

Im ersten Teil dieser Aufgabe wurde nur der Ferritkern mit den beiden Spulen benötigt. Das von diesen zwei Spulen erzeugte magnetische Wechselfeld mit einstellbarer Frequenz wurde durch diverse Metallfolien mit Dicken von 25 µm bis 175 µm gegenüber einer fix installierten Empfängerspule abgeschirmt. Mit Hilfe geeigneter Meßreihen war das Exponentialgesetz der Abschirmung nachzuweisen und der Abschirmkoeffizient als Funktion der angelegten Frequenz zu bestimmen und graphisch darzustellen.

Im zweiten Teil der Aufgabe waren die beiden Ferrit-U-Kerne so aneinander zu legen, daß ein in sich geschlossener Kern entstand. Zusätzlich wurden einige Informationen zur Theorie dieses magnetischen Kreises angegeben, die weit über dem Niveau einer AHS-Oberstufe angesiedelt waren.

Zunächst war der experimentelle Nachweis für die Richtigkeit der theoretischen Zusammenhänge für die Spuleninduktivitäten und die Kopplungskonstante zu erbringen.

Dann war die Sekundärspule kurzzuschließen, die sich dadurch ergebende Beziehung für den Primärstrom aufzustellen und experimentell zu verifizieren.

Anschließend waren die beiden Spulen so in Reihe zu schalten, daß sich das eine Mal ihre Flüsse addieren und das andere Mal subtrahieren. Außer den zugehörigen Meßwerten wurde noch nach einem theoretischen Zusammenhang für das sich nun ergebende Verhältnis der Primär- zur Sekundärspannung gefragt, in dem nur mehr die Windungszahlen der Spulen und die Kopplungskonstante vorkommen durften.

Als nächstes wurde nach einer experimentellen Bestätigung der Tatsache, daß die Induktivität dem Quadrat der Windungszahl proportional ist, gefragt. Auch diese Teilaufgabe konnte nur mit einer umfangreichen Meßreihe gelöst werden.

Die fünfte Teilaufgabe bestand darin, experimentell nachzuweisen, daß der ohmsche Widerstand der Spulen vernachlässigbar klein gegenüber dem Wechselstromwiderstand sei.

Die sechste und letzte Teilaufgabe ging von dem Phänomen aus, daß ein dünner Papierstreifen, der zwischen die beiden U-Kerne eingelegt werden kann, zu einer drastischen Abnahme der Spuleninduktivitäten führt. Mit Hilfe dieses Effektes war die relative Permeabilität des Ferritkernes zu bestimmen.

Durch nicht mehr elementare Umformungen der gegebenen Theorie ließ sich ein Ausdruck ermitteln, der die gesuchte Permeabilität als Funktion der Papierdicke und diverser System-

parameter beschrieb. Damit ließ sich $\mu_r = 2300 \pm 400$ ermitteln.

Ziele der Physikolympiaden

Das erklärte Ziel aller Physikolympiaden ist es, entsprechend interessierte und talentierte junge Menschen so weit wie möglich zu fördern. Alle internationalen Erfahrungen zeigen, daß ein Gutteil der jungen Spitzenphysiker/innen und -techniker/innen aus dem Dunstkreis der Physikolympiaden kommt.

Österreichische Physikolympiade

In Österreich geschieht die "olympische" Förderung physikalisch interessierter Jugendlicher auf zwei Ebenen, die mit dem "Breitensport" und dem "Spitzensport" verglichen werden können. Entsprechend interessierte AHS-Oberstufen- oder auch BHS-Schüler/innen können einen sogenannten Physikolympiadekurs belegen, der als unverbindliche Übung mit zwei Wochenstunden durchgeführt wird. In diesen Kursen erhalten die Teilnehmer/innen Gelegenheit, physikalische "Nüsse" aus dem Bereich der Schulphysik zu knacken.

Ein schulinterner Kurswettbewerb und ein Landeswettbewerb bieten den Teilnehmern und Teilnehmerinnen einerseits die Gelegenheit, ihr Wissen und Können mit anderen zu vergleichen und andererseits Diplome sowie Buch- und Sachpreise zu gewinnen. (Derzeit nehmen österreichweit ungefähr 550 Schüler/innen dieses Angebot wahr.)

Anschließend erhalten die besten der Landeswettbewerbe die Möglichkeit, sich für den Bundeswettbewerb zu qualifizieren und damit in den "physikalischen Spitzensport" einzusteigen.

Dem eigentlichen Bundeswettbewerb (an dem etwa ein Dutzend Schüler/innen aus ganz Österreich teilnehmen können)

geht ein 10-tägiges theoretisches und experimentelles Intensivtraining voraus. Die besten fünf des Bundeswettbewerbes bilden dann gemeinsam mit Prof. Lechner vom BRG-Wörgl/Tirol und mir die Österreichische Delegation bei der darauffolgenden Internationalen Physikolympiade.

Physikolympiade und Physikunterricht

Seit vielen Jahren stellen Kursleiterinnen und Kursleiter von Physikolympiadekursen immer wieder fest, daß die Abhaltung dieser Kurse das Unterrichtsgeschehen ungemein befruchten kann. Dies deckt sich auch mit meinen ganz persönlichen Erfahrungen. In diesem Sinn kann ich Ihnen, liebe Leserin, lieber Leser, falls Sie Physiklehrer/in an einer AHS-Oberstufe oder einer BHS sein sollten, die Durchführung eines Olympiadekurses nur wärmstens empfehlen!



Die Olympiadeteilnehmer Andreas Gmoser (Graz), Philipp Huber (Graz), Peter Lichtenberger (Linz), Georg Saltentinig (Spittal/Drau), Klaus Schiessl (Berndorf) mit Prof. Helmuth Mayr

Zwei Fische unterhalten sich: "Der Winter kommt!"

Bonusarbeit von Martina Müllner, 2e BRG Hamerlingstr. Linz

In einem kleinen Teich leben zwei junge Goldfische. Da sie noch sehr unerfahren und dies ihr erster Winter im Freien ist, haben sie einige Fragen. "Der Winter ist da," klagt Willi, "was sollen wir nur tun?" Da hat sein Freund Pepi eine Idee. "Als wir beide noch im Wasserbecken vom Hornbach waren, da hat es einen alten Fisch gegeben. Eines Tages erzählte er von einem strengen Winter, den er einmal erlebt hat," berichtete der kleine Pepi, "damals war er selber noch ganz jung. Seine Eltern gaben ihm den guten Rat, sich an die tiefste Stelle, dem Boden des Biotops, zu begeben ehe der Winter kommt und das Wasser gefriert. Dort solle er sich so wenig bewegen wie möglich, um Sauerstoff zu sparen. Er solle aber auch noch so viel wie nur möglich fressen, da es im Winter fast keine Nahrung gibt und er von der angefressenen Fettschicht zehren solle." Die zwei hatten sich nun an die Worte des weisen Fisches erinnert und schwammen augenblicklich nach unten und suchten nach Futter, aber auch um dort zu überwintern. Da hatte Willi schon wieder eine Frage, die ihn sehr beschäftigte: "Wozu brauchen wir eigentlich den Sauerstoff?" Dem Pepi ging sein Freund etwas auf die Nerven, aber er blieb cool. Er antwortete auf seine Frage: "Du Dummchen., na zum Atmen. Schau, die

Pflanzen haben eine Photosynthese. Natürlich funktioniert sie auch im Wasser. Durch diesen Vorgang erhält das Wasser Sauerstoff, den wir durch unsere Kiemen heraus filtern und zum Leben brauchen."

"Aha, doch ich bin nicht so dumm wie du glaubst. Mein Cousin Pauli, er lebt in den Tropen. Bei dem friert das Wasser nie zu. Das find ich aber gemein." "Schau lieber Willi," erklärte ihm der gescheite Pepi, "dort ist es sehr warm. Kein Winter und keine Jahreszeiten, darum gefriert das Wasser nie. Aber in den großen Tiefen der Ozeane, wo kein Sonnenlicht mehr bis auf den Grund durchdringen kann, können keine Wasserpflanzen mehr gedeihen. Dadurch gibt es keinen Sauerstoff mehr und es können dort nur mehr Tiere überleben, die mit nur wenig Sauerstoff überleben können. Diese Tiefen sind zum größten Teil noch unerforscht und dort leben Tiere von denen die Menschen noch gar keine Ahnung haben. Aber weißt du Willi, dort zu leben wäre sicher nicht so schön. Es gibt große Krokodile und Raubfische, die uns sofort fressen würden. Da bleib ich lieber in meinem Teich." Willi stimmte seinem Freund zu und schnappte sich einen großen Klumpen Goldfischfutter, das der Besitzer für die beiden gekauft hatte.

(Eingesandt von Prof. Mag. Engelbert Stütz)

Freihandexperimente

Farbe wegblasen

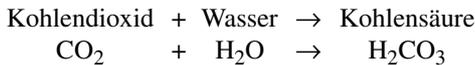
Material: Große pneumatische Wanne, langer Trinkhalm, Glasstab, Becherglas, Natronlauge, Phenolphthaleinlösung

Vorbereitung: Eine große pneumatische Wanne wird zu ca. 2/3 mit Wasser gefüllt. In das Wasser gibt man Phenolphthaleinlösung und rührt mit dem Glasstab um. In ein Becherglas gießt man einige Milliliter Natronlauge und verdünnt stark mit Wasser.

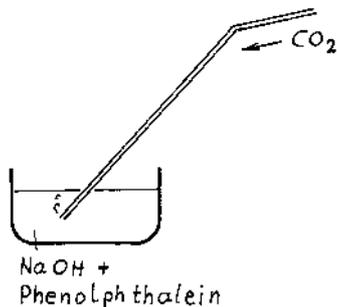
Die verdünnte Natronlauge schüttet man in kleinen Mengen in die Wanne und rührt dabei mit dem Glasstab gut um. Die entstehende Violettfärbung muß gerade gut erkennbar sein (nicht zuviel Natronlauge zugeben!).

Durchführung: Mit einem langen Trinkhalm bläst man ausgeatmete Luft kräftig durch die Lösung. Nach einiger Zeit wird die Farbe blasser und verschwindet schließlich - die Lösung ist dann farblos.

Die ausgeatmete Luft enthält einige Prozent Kohlendioxid.



Die entstehende Kohlensäure neutralisiert die Natronlauge und die Indikatorfarbe schlägt von rotviolett nach farblos um.



Hinweise:

- Steht kein langer Trinkhalm zur Verfügung, kann man auch ein rundgeschmolzenes Glasrohr verwenden.
- Lange Trinkhalme (fast ein Meter) sind in den Haushaltsabteilungen von Einrichtungshäusern von Zeit zu Zeit erhältlich.
- Wenn möglich, verwendet man für diesen Versuch eine pneumatische Wanne aus Kunststoff - billiger, leichter, keine Bruchgefahr!
- **Vorsicht:** Bei manchen Menschen treten bei länger andauerndem Ausatmen Schwindelgefühle und Benommenheit auf (wie beim Aufblasen von Luftballons oder Luftmatratzen) - Versuch kurz unterbrechen und dann weiterblasen.
- Sollte die Farbe zu dunkel geraten sein, können ev. mehrere Personen gleichzeitig die Farbe in einer Wanne "wegblasen" - Gruppenerlebnis! "Verschwindet" die Farbe noch immer nicht, leitet man Kohlendioxid ein, gibt Trocken-eisstücke in die Wanne oder neutralisiert einfach mit etwas Salzsäure.

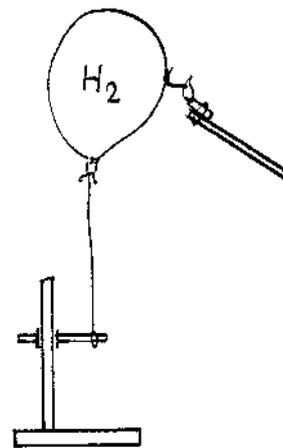
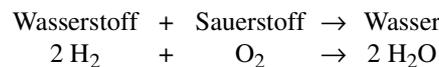
- Als kleine Abwandlung zu diesem Versuch kann man auch folgendermaßen vorgehen: Man stellt mehrere (z.B. 4 Stück) Wannen nebeneinander auf - die Farbtintensität in den Wannen sollte ziemlich gleich sein. Nun beginnt eine Person in die erste Wanne Luft einzublase; nach wenigen Sekunden bläst eine zweite Person in die zweite Wanne Luft usw. Nacheinander wird die Flüssigkeit in den einzelnen Wannen farblos.

Die Ballonzündung

Material: Luftballon, Gasflasche mit Wasserstoff (ev. auch Sauerstoffflasche), Stativ, Zwirn, langer Holzstab, Kerze, Draht, Zündschnur, Schere, Klebeband, Spritzflasche

Vorbereitung: Ein Luftballon wird direkt von der Stahlflasche mit Wasserstoffgas gefüllt und verknotet. Man knüpft den Ballon an ein Stück Zwirn und befestigt diesen am Stativ. Bevor man den Ballon steigen läßt, fixiert man ein Stück Zündschnur (einige Zentimeter lang) mit einem Klebestreifen am Ballon. Der Ballon soll in einer Höhe von ca. 1,5 Metern schweben.

Durchführung: Man entzündet eine an einem langen Holzstab mit Draht fixierte Kerze. Mit der Kerze entzündet man die Zündschnur und tritt zurück. Nach einigen Sekunden bringt die Zündschnur den Ballon zur Explosion. Ein oranger Feuerball ist zu sehen.



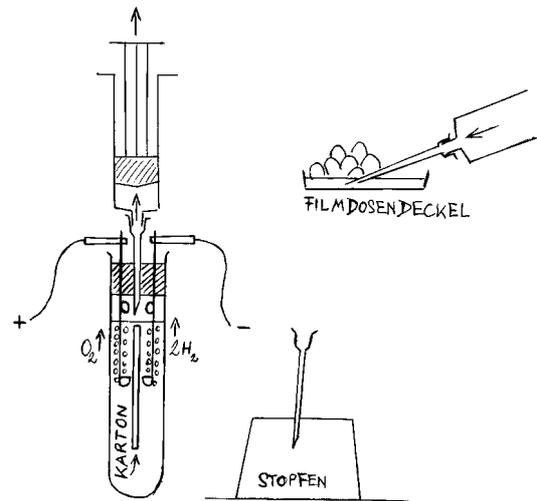
Hinweise:

- Es ist günstig, den Raum für diesen Versuch zu verdunkeln.
- Da die brennende Zündschnur bei der Explosion ein Stück weggeschleudert werden kann, sollte das "Publikum" einige Meter Abstand halten. Zusätzlich ist es günstig, eine Spritzflasche mit Wasser bereitzuhalten, um die ev. noch brennende Zündschnur zu löschen.
- Beim Fixieren des Zwirns und der Zündschnur muß der Ballon gut festgehalten werden (steigt sonst zur Decke). Beim Hantieren mit dem Ballon kann man ihn zwischen den Knien festhalten.

- Die Zündschnur sollte nicht zu lange sein, da sonst der Ballon nicht steigt.
- Steht keine Stahlflasche mit Wasserstoff zur Verfügung, kann man diesen auch aus Zink und Salzsäure in einem Rundkolben herstellen und in einem übergestülpten Ballon auffangen.
- Möchte man eine laute Knallgasexplosion, kann man den Ballon auch zuerst mit ca. 2/3 Wasserstoff und zusätzlich mit 1/3 Sauerstoffgas füllen. *Vorsicht:* die Explosion kann ziemlich laut erfolgen.
- Steht keine Zündschnur zur Verfügung, kann man diese auch leicht selbst herstellen. Man tränkt eine Baumwollschnur mit Schwarzpulverbrei und läßt trocknen.

Werner Rentzsch

- Schaum mit Feuerzeug oder Span anzünden.



Knallgasböllerei im Schüler-Do-It-Yourself-Verfahren

(Variante zu diversen "Obendraufschen Einmalspritzen-tricks")

Material: 1 Reagenzglas (Durchmesser 16 mm), 1 passender Gummistopfen (14x18x20 mm), (1 Reagenzglasgestell), (anstelle des Reagenzglases kann ein kleines Fläschchen verwendet werden.), 2 Sicherheitsnadeln (ca. 5 cm lang), 1 Einmalspritze mit Luer-Anschluß und Kolbenstopfen aus Naturkautschuk (20 ml), 1 Einmalkanüle (1,20x40 mm), Kristallsoda, (Einfülltrichter), 1 Film dosendeckel, "Seifenwasser" für Seifenblasenspiele (Nachfüllflasche aus dem Spielwarenhandel), 1 möglichst großer Gummistopfen, 1 weitere Einmalkanüle (z.B. 0,80x38 mm), Feuerzeug, evtl. Holzspan, 2 Flachbatterien 4,5 V samt Kabeln und Klemmen, (Kombizange), evtl. Karton (Bierdeckel)

Durchführung:

- Sicherheitsnadeln aufbiegen und durch Gummistopfen 14x18x20 durchstechen (evtl. mit Kombizange (s. Skizze!));
- Kanüle 1,20x40 durch Stopfen 14x18x20 (Skizze!);
- Soda in Wasser auflösen (Sättigung!) und (mit Einfülltrichter) in Proberöhre oder Flasche bis etwa 2 cm unter den Rand einfüllen (Rand soll trocken bleiben, sonst rutscht der Stopfen!);
- evtl. Kartonstreifen zwischen Sicherheitsnadeln plazieren
- Stopfen samt Kanüle und Sicherheitsnadeln auf Proberöhre/Flasche aufsetzen;
- Spritze auf Kanüle 1,20x40;
- zweite Kanüle auf großen Gummistopfen aufsetzen
- Spitzen der Sicherheitsnadeln mit Batteriepolen verbinden; Gasentwicklung beobachten (Korrosion der Anode hält sich in Grenzen);
- Stromkreis unterbrechen, sobald sich die Spritze mit Knallgas gefüllt hat; Spritze von der Kanüle 1,20x40 abnehmen und auf der anderen Kanüle (im großen Gummistopfen) "parken";
- ein wenig "Seifenwasser" auf den Film dosendeckel gießen;
- Spritze samt Kanüle vom großen Gummistopfen abziehen und Knallgas in das "Seifenwasser" im Film dosendeckel eindüsen;

Ergänzung: Als Elektrolyt eignet sich durchaus auch Holzaschenlauge (Buche), was der ganzen Sache vielleicht einen gewissen "Öko-Bio-Touch" verleiht, der sich durch die Verwendung eines Solarmoduls (z.B.: Winkler-Schulbedarf, Katalog 1998/99, Seite 22; notfalls Tageslichtprojektor als "Ersatzsonne") zur Stromversorgung noch etwas steigern ließe. Von Vorteil wäre auch die Verwendung eines kleinen (Weißglas)-Fläschchens (250ml oder kleiner) anstelle der Proberöhre.

Ich weiß noch nicht genau, ob die Korrosion einer als Anode verwendeten Sicherheitsnadel "Zufall" war oder System hat. (Wer's genau wissen will, soll's ausprobieren, wie ich überhaupt als Laie fachtheoretische Erklärungen von Versuchsvarianten den dazu berufenen Fachleuten überlassen möchte.)

Die Kombination Kristallsodalösung bzw. Holzaschenlauge - 2 Graphitelektroden - Batterie bzw. Solarmodul/Glühbirne 3,8V/0,07A sowie Solarmotor eignet sich übrigens auch zur "schwefelsäure- und bleifreien" Veranschaulichung der Funktionsweise eines Akkumulators (*Knallgaszelle*).

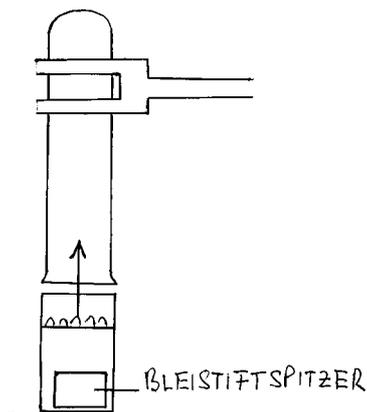
Bleistiftspitzer in Speiseessig

Material: Plattenstativ, Muffe, Universalklemme, Filmdose, Reagenzglas (etwa 25/150 mm), Speiseessig, Bleistiftspitzer aus Metall (Klinge entfernen!), Feuerzeug

Durchführung:

- Reagenzglas mit Öffnung nach unten (Halierung in Uni-Klemme/Muffe/Stativ);
- Bleistiftspitzer in Filmdose mit Speiseessig übergießen (Gasentwicklung);
- Filmdose samt Inhalt unter das Reagenzglas stellen (Reagenzglasöffnung knapp am Rand der Dose);
- 5 Minuten (oder etwas länger) warten;
- Filmdose zu Seite rücken; brennendes Feuerzeug an den Reagenzglasrand ("Knallgaspfiff");
- evtl. Wiederholung der Prozedur.

Evtl. Bleistiftspitzer in einem Reagenzglas unter Speiseessig einige Tage oder Wochen aufbewahren und beobachten!



Anmerkung: Leider bleibt der erhoffte "Knallgaspfeiff" sehr oft aus. (Allerdings haben mich Schüler, denen die in der Schule durchgeführten "Blindgängerversuche" offenbar keine Ruhe ließen, mit Berichten über entsprechende Erfolge bei "freiwilligen Experimentierhausübungen getröstet.)

Zum Thema *Galvanische Elemente* werden in den Lehrbüchern als Elektrolyte meist Substanzen vorgeschlagen, die den Schüler(inne)n unter Umständen als zu "exotisch" erscheinen bzw. die ihnen im Alltag nicht verfügbar sind. Mir ist nicht ganz klar, warum "verschwiegen" wird, daß etwa mit Kochsalzlösung, einem Bleistiftspitzer aus Metall (ohne Klinge) als Kathode, verschiedenen Graphitstäben und -platten jeweils als Anode, einer Glühlampe 3,8V/0,07A samt parallelgeschaltetem Solarmotor (z.B.: Conrad-Electronic, Hauptkatalog 1999, Seite 325, Best.-Nr. 198080-66; Anlaufspannung/-strom 0,4V/10mA) ein recht effektvolles Ergebnis erzielt wird.

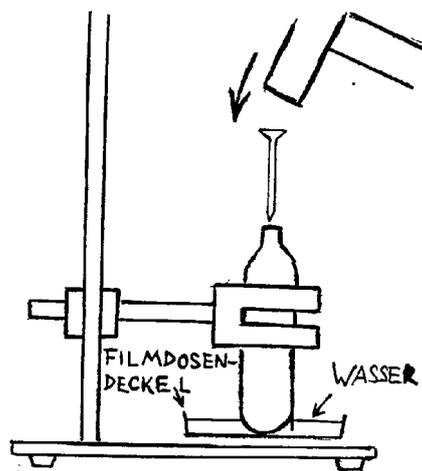
Einen Schwachpunkt stellen evtl. die Graphitelektroden dar. Vor einigen Jahren habe ich im Lehrmittelhandel Kohlestäbe (Länge = 150mm, Durchmesser = 7mm) gekauft, die für den beschriebenen Zweck hervorragend geeignet waren. Bei einer späteren Bestellung wurde zwar ähnlich aussehendes, jedoch nicht so optimal funktionierendes Material geliefert, sodaß ich mich dzt. auf der Suche nach den "guten alten" Elektroden befinde. Dabei bin ich auf sehr gut geeignete Kohle in Form der "Platte E41" von Hoffmann Elektrokohle in 4823 Steeg und "Cretacolor Monolith Graphit 9B" von der Bleistiftfabrik in 7024 Hirn gestoßen. Die 9B-Minen eignen sich allerdings nur in noch nicht verkaufsfertigem (= noch nicht imprägniertem) Zustand für den vorgesehenen Zweck.

Naturgraphit aus der schuleigenen Mineraliensammlung funktioniert ebenfalls bestens. Das Problem ist, daß es zwar geeigneten Graphit in Hülle und Fülle gibt, es aber für einen Kleinstverbraucher schwierig ist, an die Ware heranzukommen.

Abschließend möchte ich auf eine recht einfache und handliche Schülerversuchs-Idee meines Kollegen Johannes Reiting (HS 1 Bad Ischl) zum Verständnis der **Funktionsweise einer Wärmepumpe** verweisen:

Material: Schutzbrille (!), Bunsenstativ, Muffe, Universal-klemme, Deckel einer Filmdose, Nagel, Hammer, "Sodakap-

sel" zur Bereitung von 1l "Sodawasser", ein paar Tropfen Wasser.



Durchführung:

- Schutzbrille aufsetzen!
- Etwas Wasser in den Film Dosen-Deckel füllen.
- "Sodakapsel" im Stativ (Universalklemme) fixieren (im Film Dosen-Deckel stehend).
- Kapsel mit Hammer und Nagel aufschlagen.
- Am Boden vereiste leere "Sodakapsel" aus dem Stativ nehmen u. bestaunen.

Herbert Klinglmair,
HS 1, 4820 Bad Ischl,
Tel.: (06132) 24472-2, Fax: -4



Werner Rentzsch präsentiert mit Schülerinnen Chemie a la Carte
(Photo: P. Grumet)

DPG-Fortbildungskurse für Physiklehrer 1999

Im Physikzentrum der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) in Bad Honnef finden auch im kommenden Sommer wieder Fortbildungsveranstaltungen für Physiklehrer statt. Die Veranstaltungen, finanziell unterstützt durch die DPG und unter Mitwirkung des Fördervereins für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU), sollen die Lehrerfortbildungsprogramme der Länder fachlich ergänzen und dazu beitragen, den Informationsfluß zwischen Schule, Forschung und Arbeitswelt zu verbessern.

Wie in den Vorjahren werden die Vorträge ergänzt durch Diskussionsveranstaltungen und Laborbesuche mit dem Ziel, die wissenschaftlichen Kenntnisse im Schulunterricht umzusetzen. In diesem Zusammenhang werden die Teilnehmer eine Reihe von Materialien zur Verwendung im Unterricht erhalten. Für den Sommer 1999 sind die beiden folgenden Veranstaltungen geplant:

Kurs 1: Die Physik der elementaren Teilchen

21. bis 25. Juni 1999

Wissenschaftliche Organisation: Prof. Dr. Berthold Schoch, Uni Bonn, Prof. Dr. Helmut Hilscher, Uni Augsburg

Vorträge (siehe auch: <http://www.pbh.de/lf99.html>)

Montag, 21. Juni

- 13.45 - 14.00 *Begrüßung und Einführung* - Prof. Dr. Berthold Schoch, Prof. Dr. Helmut Hilscher
14.00 - 15.00 *Standardmodell der Teilchenphysik* - Prof. Dr. Ansgar Denner (PSI, Villigen, Schweiz)
15.30 - 16.30 *Elektroschwache Wechselwirkung und Experimente bei DESY* - Prof. Dr. Dieter Haidt (DESY Hamburg)
17.30 - 18.30 *Quantenchromodynamik - die Theorie der starken Wechselwirkung* - Prof. Dr. S. Bethke (RWTH Aachen)

Dienstag, 22. Juni

- 09.00 - 10.00 *Die Quarkstruktur von Neutronen und Protonen* Prof. Dr. Dieter Drechsel (Uni Mainz)
11.00 - 12.00 *Struktur der Kerne* - Prof. Dr. P. v. Brentano (Uni Köln)
14.30 - 15.30 *Neue Ergebnisse zur Masse der Neutrinos: Experimente* - Prof. Dr. Reinhard Maschuw (Uni Bonn)
16.30 - 17.30 *Neue Ergebnisse zur Masse der Neutrinos: Theorie* - PD Dr. Georg Raffelt (MPI für Physik, München)
18.00 - 19.00 *Quarks in der Schule* - Dr. Hermann Stimm (Institut für Lehrerfortbildung Mainz)

Mittwoch, 23. Juni

- 09.00 - 10.00 *Kosmische Myonen - Ein Hochenergieexperiment im Klassenzimmer* - Prof. Dr. H. Hilscher (Uni Augsburg)
11.00 - 12.00 *Antimaterie: Physik im Spiegelbild* - Prof. Dr. Walter Oelert (Forschungszentrum Jülich)
14.30 - 15.30 *Wurden Gluebälle gefunden?* - Prof. Dr. Helmut Koch (Uni Bochum)

16.30 - 17.30 *Superschwere Kerne* - Prof. Dr. H. Ackermann (Uni Marburg)

Donnerstag, 24. Juni

- 09.00 - 10.00 *Kernmaterie bei hoher Temperatur und hohem Druck* - Prof. Dr. Peter Braun-Munzinger (GSI Darmstadt)
11.00 - 11.45 *COSY - Das Kühlersynchrotron am Forschungszentrum Jülich* - Prof. Dr. Kurt Kilian (Jülich)
11.45 - 12.30 *ELSA - Die Elektronen-Stretcher-Anlage am Phys. Institut der Universität Bonn* - Prof. Dr. Berthold Schoch (Universität Bonn)
ab 14.00 Exkursionen zu ELSA und COSY

Freitag, 25. Juni

- 09.00 - 10.00 *Standardmodell der Kosmologie* - Prof. Dr. Gerhard Börner (MPI für Astrophysik, Garching)
11.00 - 12.00 *Dunkle Materie* - Dr. Stella Seitz (Universitätssternwarte München und MPA Garching)

Kurs 2: Physik des Sports

28. Juni bis 2. Juli 1999

Wissenschaftliche Organisation: Prof. Dr. L. Mathelitsch, Uni Graz und Prof. Dr. H. J. Schlichting, Uni/GH Essen

Vorträge (siehe auch: <http://www.pbh.de/lf99.html>)

- *Computerexperimente zur Physik des Sports* - Prof. Mag. Theodor Duenbostl (Universität Wien)
- *Physikdidaktische Aspekte des Kletterns* - Tina Czermin
- *Computersimulation sportlicher Bewegungsabläufe* - Prof. Dr. Karin Gruber (Universität Koblenz)
- *Ausgewählte Fragestellungen zur Biomechanik des Radfahrens* - Dr. T. Henke (Universität Bochum)
- *Bälle zum Werfen, Schlagen, Stoßen* - Prof. Dr. L. Mathelitsch (Universität Graz)
- *Physik des Schispringens* - Prof. Dr. W. Müller (Uni Graz)
- *Unsinnige Rekorde* - Prof. Dr. Alfred Pflug (Uni Dortmund)
- *Physik am Fahrrad - Fahrwiderstände, Energieumsatz, Fahrstabilität* - Dr. Falk Ries (Universität Oldenburg)
- *Computersimulation in der Biomechanik - Probleme/Lösungen/Anwendungen* - Prof. Dr. H. Ruder (Tübingen)
- *Ausgewählte Themen zur Physik des Sports* - Prof. Dr. H. Joachim Schlichting (Universität GH Essen)
- *Zur Physik des Bumerangs* - Prof. Dr. L. Schön (HU Berlin)
- *Sportwissenschaft zwischen Mechanik und Biologie* Prof. Dr. Martin Sust (Universität Graz)
- *Nutzung eines Laserdiodensystems zur kinematischen Analyse von Start- und Beschleunigungsphasen* - Dr. Uwe Türk-Noack, D.I. P. Dornblut (Jenoptik, Jena)
- *Biomechanische Methoden am Beispiel des Jonglierens* - Dipl.-Phys. T. Wagner (Universität Jena)

Die beiden Kurse finden im Physikzentrum Bad Honnef für jeweils etwa 50 Teilnehmer statt. Die Kursgebühren betragen DM 400.- pro Kurs. Sie beinhalten die Kosten für Unterkunft und volle Verpflegung im Physikzentrum, jeweils von Montagmittag bis einschließlich Freitagmittag. Zusätzlich entste-

hen den Teilnehmern Nebenkosten für Kursmaterialien, Kopien etc. in Höhe von DM 50.-.

Die Unterbringung der Kursteilnehmer erfolgt im Physikzentrum Bad Honnef, zum Teil in Doppelzimmern. Es besteht die Möglichkeit, am Sonntag vor dem jeweiligen Kurs anzureisen.

Für Physiklehrer, die DPG- oder MNU-Mitglied sind und die zu diesen Kursen keinen Zuschuß aus öffentlichen Mitteln von Schulämtern, Landesministerien o.ä. erhalten, steht ein begrenzter DPG-Fond zur Förderung der Lehrerfortbildung zur Verfügung. Aus diesen Mitteln kann ein Zuschuss zu den Aufenthalts- und Fahrtkosten (DB II. Klasse unter Ausnutzung von Tarifiermäßigungen) gezahlt werden. Die Höhe der einzelnen Zuschüsse richtet sich nach dem Volumen der Antragstellung, beträgt aber maximal 50% der o. g. Kosten. Die bewilligten Zuschüsse werden während des jeweiligen Kurses im Physikzentrum ausgezahlt. Die Anträge auf Förderung sollten mit der Bewerbung zur Teilnahme gestellt werden.

Bewerbung zur Teilnahme (eventuell mit Antrag auf Förderung) formlos

bis zum 10. Mai 1999

an:

Dr. Joachim Debrus
Physikzentrum Bad Honnef,
Hauptstraße 5, D-53604 Bad Honnef
Fax: 02224/9232-50, e-mail: debrus@pbh.de

Bei mehr als 50 Bewerbern wählt das Organisationskomitee (wissenschaftliche und örtliche Tagungsleitung) die Teilnehmer aus. Die Teilnehmer erhalten ihre Teilnahmebestätigung Mitte Mai 1999.

Es werden bei den zuständigen Landesministerien Anträge auf Anerkennung dieser Kurse als Fortbildungsveranstaltung gestellt.

Die aktuellen Programme (mit Anmeldeunterlagen) sind im Internet auf der www.pbh.de/lf99.html Seite des Physikzentrums unter www.pbh.de/lf99.html zugänglich.

Dihydrogenmonoxid verbieten?

Die HTL Linz führte unter Betreuung des Fachlehrers D.I. Donat eine Unterschriftenaktion zur Verbietung des Stoffes Dihydrogenmonoxid durch.

Wie dem Informationsblatt der Interviewer zu entnehmen war, handelt es sich bei Dihydrogenmonoxid um eine potentiell lebensgefährliche Substanz, deren zum Teil extrem schädigende Wirkungen offenbar nicht ausreichenden Niederschlag in gesetzlich verbindlichen Grenzwerten und Verboten gefunden haben. So wurde nachgewiesen, daß Dihydrogenmonoxid:

- zu starkem Schwitzen und Erbrechen führen kann,
- ein Hauptbestandteil des Sauren Regens ist,
- in gasförmigem Zustand schwere Verbrennungen verursachen kann,
- unbeabsichtigtes Inhalieren dieses Substanz tödlich wirken kann,
- zur Erosion beiträgt,
- die Wirkung von Bremsanlagen von Autos verringert,
- in Tumorgewebe unheilbar kranker Krebspatienten gefunden werden kann.

Von insgesamt 361 Antwortwilligen sprachen sich 357 für gesetzlich verbindliche Grenzwerte oder, wenn nötig, ein völliges Verbot der potentiell lebensgefährlichen Substanz aus und bekundete dies mit Name, Adresse und Unterschrift. Nur 4 der Befragten (= 1%) sprachen sich gegen solche Einschränkungen aus. Das Ergebnis macht deutlich, wie unkritische "der Mann/die Frau von der Straße" ist. Dihydrogenmonoxid ist nichts anderes als Wasser. Es zeigt aber auch die Manipulationsmöglichkeiten mittels Fachchinesisch!

Einmal ehrlich, wie hätten Sie bei dieser Umfrage entschieden?

Andreas Hagen

Aus: *Wochenrundschau* (Bad Ischl), Folge 990 / Do, 8. 10. 1998, mitgeteilt von H. Klinglmayr

Texte und Aphorismen zu Physik und Physikunterricht

Aus: Wie wirklich ist die Wirklichkeit?

Paul Watzlawick

"... Es ist die unverblümete Absicht dieses Buchs, unterhaltend zu sein und dem Leser (...) gewisse willkürlich ausgewählte Gebiete der Kommunikationsforschung vorzulegen, die ungewöhnlich, merkwürdig und vielleicht sogar unglaublich sind, trotzdem (oder vielleicht gerade deshalb) aber unmittelbar an der Entstehung und Ausbildung von Wirklichkeitsauffassungen beteiligt sind. Dem Pedanten mag diese Form der Darstellung oberflächlich und unwissenschaftlich erscheinen, doch sollte er sich vor Augen halten, daß es zwei, grundsätzlich verschiedene Formen wissenschaftlicher Erklärung gibt. Die eine beginnt mit der Formulierung einer Theorie und führt dann den Nachweis ihrer Gültigkeit für das Verständnis von Erfahrungstatsachen. Die andere Methode besteht im Vorlegen einer großen Zahl von Beispielen aus verschiedenen Gebieten und versucht, auf diese Weise aufzuzeigen, welche Struktur diesen scheinbar ganz verschiedenen Beispielen gemeinsam ist und welche Schlußfolgerungen sich daraus ziehen lassen. Bei den beiden Methoden fällt dem Gebrauch von Beispielen also sehr verschiedene Bedeutung zu. In der ersten müssen die Beispiele Beweiskraft haben. In der zweiten ist ihre Rolle die von Analogien, Metaphern und Veranschaulichungen - sie sollen beschreiben, in leichter verständliche Sprache übersetzen, doch nicht notwendigerweise beweisen. Dieses Vorgehen erlaubt daher den Gebrauch von Exemplifikationen, die nicht im strengen Sinne des Wortes wissenschaftlich zu sein brauchen; wie etwa die Verwendung von Zitaten aus Dichtung und Romanen, von Anekdoten und Witzen und schließlich sogar den Gebrauch rein imaginärer Denkmodelle - ein Vorgehen, das Maxwell mit der Postulierung seines Dämons schon vor vielen Jahren respektabel gemacht hat."

ingesandt von E. Stütz

Qualität und Quantität

Eine interaktive Ausstellung im Spannungsfeld:
messen und fühlen, objektiv und subjektiv, aktiv und passiv,
bewußt und unbewußt, wiederholbar und einmalig,...

**Spielerische Experimente mit Wärme,
Licht und Farbe, magnetischer Kraft, Gerüchen,
Tastqualitäten, Formen und Gestalten.**

Objekte: Josef Greiner, Organisation und Didaktik: Elenore Fischer

**FÜR MENSCHEN VON 8 – 100 JAHREN
VOM 12. APRIL – 2. JUNI 1999**

Geöffnet: Samstag, Sonntag und Feiertag von 14 bis 18 Uhr
Montag bis Freitag (mit telefonischer Voranmeldung: 01/403 30 05)
„Aktionsführungen“
für Schulklassen und Gruppen ab 15 Personen (1 1/2 Stunden)
Eintritt: öS 60,-

EXPERIMENTIER
WERKSTATT

AUSEINANDERSETZUNG MIT NATURPHÄNOMENEN

1060 Wien, Hofmühlgasse 17 (2. Hof links), Telefonische Anmeldung 01/403 30 05 oder 595 41 44
Erreichbar mit U4 Pilgramg., U3 Zieglerg. (Ausgang Otto Bauer Gasse),
13A, 14A und 57A Magdalenenstraße bzw. Esterhazygasse
e-mail: j.greiner@experimentier.com, internet: www.experimentier.com

BM | UK

WIEN
KULTUR

JUNGEN
BILDUNG

Bücher und Software

Handbuch der Experimentellen Chemie - Sekundarbereich II

Band 2: Alkali- und Erdalkalimetalle, Halogene

W. Glöckner/W. Jansen/R. G. Weissenhorn (Hrsg.)

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1996, ISBN 3-7614-1816-7

Der zweite Band der Buchreihe, die mit 12 Bänden geplant wurde, behandelt die Alkali- und Erdalkalimetalle sowie die Halogene. Autoren des zweiten Bandes: W. Glöckner, G. Latzel, B. Lutz, P. Pfeifer unter Mitarbeit von M. Horn und J. Lichtenwald, H. Rampf

Gliederung des Gesamtwerkes:

Band 1: Wasserstoff-, Stickstoff- und Sauerstoffgruppe

Band 2: Alkali- und Erdalkalimetalle, Halogene

Band 3: Analytische Chemie und Umweltanalytik I

Band 4: Analytische Chemie und Umweltanalytik II

Band 5: Chemie der Gebrauchsmetalle

Band 6: Elektrochemie

Band 7: Chemische Energetik

Band 8: Kinetik, Reaktionsmechanismen, Katalyse

Band 9: Kohlenwasserstoffe

Band 10: Funktionelle Gruppen

Band 11: Biochemie

Band 12: Kunststoffe, Chemie des Alltags

Einige Autoren dieser Buchreihe haben schon an dem bekannten 9-bändigen Werk "Experimentelle Schulchemie" (Hrsg.: Bukatsch/Glöckner) mitgearbeitet, viele neue sind hinzugekommen.

Zu Beginn eines jeden Kapitels stehen fachwissenschaftliche Grundlagen sowie historische und didaktische Bemerkungen. Der größte Teil des Buches ist dem Versuchsteil gewidmet, in dem die Versuche nach einem bestimmten Schema beschrieben werden.

In der *Sachinformation* werden die zur Durchführung des Versuches wesentlichen theoretischen Grundlagen gelegt. Dann folgen die *Arbeitsmaterialien*, nämlich zunächst die für die Versuchsdurchführung benötigten *Geräte* und *Chemikalien*. Letztere werden untereinander aufgeführt. Jede einzelne Chemikalie wird - soweit nötig - mit dem Namen, der Formel, dem Aggregatzustand und der erforderlichen Gefahrstoffbezeichnung versehen. Dann folgen die wichtigen *Sicherheitshinweise*. Dabei wird bewußt auf alle im Zusammenhang mit der Durchführung des Versuches auftretenden Gefahren hingewiesen, auch auf solche, die vom Lehrer oft nicht genügend Beachtung finden.

Nach den *Arbeitsmaterialien* wird die Versuchsdauer angegeben, die aber nur eine ungefähre Orientierung bedeuten kann.

Schließlich folgt die *Durchführung*. Hier wird genau beschrieben, wie man vorgeht, worauf man achten muß, was zum Gelingen beiträgt.

Als wesentlicher Punkt wird von Autoren und Herausgebern die *Entsorgung* angesehen. Hier findet der Experimentator genaue Hinweise, die unbedingt beachtet werden sollen, auch wenn damit Mehrarbeit verbunden ist.

Schließlich wird unter *Beobachtung* alles beschrieben, was während der Durchführung des Versuchs zu sehen ist und was auf das Ergebnis hindeuten kann.

Wenn nötig, folgen jetzt *Fehlerquellen*. Hier werden insbesondere solche Abweichungen vom Versuchsablauf erwähnt, die das Ergebnis verfälschen, wie z.B. andere Temperatur, andere Zeit, Beschaffenheit von Chemikalien und Geräten.

Eine *Auswertung* oder (und) *Interpretation* folgt im Anschluß daran. Hier werden die Beobachtungsbefunde in Form von Formeln, Gleichungen, Tabellen, Graphiken, Berechnungen, Übersichten o.ä. dargestellt oder auch nur zusammenfassend verglichen. Bei der *Interpretation* werden Angaben zu den aus den experimentellen Befunden ableitbaren Erkenntnissen gemacht. Bei einfachen Versuchen sind diese jedoch oft entbehrlich.

Wenn erforderlich folgen noch *Hinweise*, die sich auf diesen Versuch oder auf ähnliche beziehen und mit der Thematik im Zusammenhang stehen.

Alles in allem ein sehr umfangreiches Nachschlage- und Experimentalwerk für Chemielehrer.

Werner Rentzsch

Crosswords and more ...

Software Brokers GmbH, Mainz 1997, Preis unter 200,-S

Eine preisgünstige und einfache Art, individuelle Kreuzwort-, Kreuzzahlen- oder Wortsuchrätsel zu erstellen, zu lösen, auszudrucken oder zu exportieren. Mit dieser Software hat man die Möglichkeit individuelle Rätsel mit beliebigen Inhalten zu erstellen, in ein Layout zu übernehmen oder einfach direkt auszudrucken. Man kann dabei Größe, Form, Farbe, Inhalt, Schriftart jeweils zum Rätsel selbst bestimmen. Man kann auch Bilder als Bitmaps einbinden und frei innerhalb des Rätsels positionieren. Fragen werden aus der mitgelieferten Datenbank (über 55.000 Begriffspaarungen) oder aus eigenen Begriffen verwendet, hierbei werden die eigenen Begriffe bevorzugt behandelt. Man hat immer die Möglichkeit Lösungen anzeigen zu lassen. Es kann auch ein Gesamtlösungswort generiert werden.

Für die Schule hat man die Möglichkeit in Form des Kreuzwort- oder Kreuzzahlenrätsels den Schülern Übungen, Hausaufgaben oder auch Tests in jedem Unterrichtsfach zu präsentieren.

Auch einige Schiebepuzzle sind auf der CD, in welche eigene Bitmap geladen werden können. Die Anzahl der Puzzleteile ist von 16 bis 100 frei einstellbar.

Werner Rentzsch

Physikalische Freihandexperimente

Helmut Hilscher und Mitarbeiter

CD-ROM mit 402 Versuchsbeschreibungen und 50 Videos. Multimedia Physik Verlag (Alte Salzstraße 1, D-88175 Scheidegg). öS 490,-.

Bücher mit Freihandexperimenten gibt es doch nicht so wenige, nicht zuletzt die 6 thematisch geordneten Bände von Werner Rentzsch! Wozu nun ein weiteres, und noch dazu auf einem neuen Medium?

Die vorliegende CD-ROM entstand aus Staatsexamensarbeiten für das Lehramt Physik an der Universität Augsburg. Sechs Studierende trugen dazu bei und hielten sich dabei an eine einheitliche Strukturierung, sodaß die Benutzung äußerst einfach und ansprechend gelungen ist. Besonderer Wert wurde dabei auf die vollständige Angabe der benötigten Geräte und Materialien gelegt, die exakte Beschreibung von Versuchsaufbau und -durchführung, sowie auf die saubere, physikalisch korrekte Erklärung der Phänomene und Ergebnisse.

Zu jedem Experiment gibt es eine Titelseite mit Kurzbeschreibung, Schlagwörtern (die sich im Index wiederfinden), Kurzbeschreibung, Illustration des Versuchsaufbaus und Materialliste, eine Seite Aufbau und Durchführung, sowie eine Seite Erklärung und Bemerkungen, wobei jede Seite auch mehrere Bildschirmseiten umfassen kann. Alle Texte und Graphiken können ausgedruckt werden, wobei alle Texte als Word97-Dateien auf der CD-ROM vorhanden sind. Ergänzt werden 50 Experimente durch kurze Videos, die eingeblendet werden können und über die übliche Steuerung auch in Einzelbildschaltung betrachtet werden können. Bleibt noch zu erwähnen, daß die einzelnen Experimente, soweit sie sich ergänzen durch Querverweise verknüpft sind.

Gedacht ist die Sammlung hauptsächlich für den Lehrer. Auch wenn das Betrachten der Abbildungen und Lesen der Erklärungen für sich bereits höchst motivierend ist, das reale Experiment, das hier zu einem Schau- und Show-Experiment im besten Sinne wird, kann dadurch nicht ersetzt werden. Die Videos lassen sich teilweise auch im Unterricht einsetzen, wobei gesagt werden kann, daß die meisten gut gelungen sind; einige sind vertont und mit bayerischem Humor gewürzt.

Mein Urteil: absolut empfehlenswert und darüberhinaus auch noch preiswert. Bezugsquelle: Da der Verlag von Studenten gegründet wurde und vielleicht nicht in Katalogen zu finden sein könnte, sei Fax und Internet angegeben: (0049-8381)940937 bzw. www.multimedia-physik.com.

H.K.

Arbeiten zur Elektronik

Manfred von Ardenne

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 264. 2. Aufl. 1998, 169 S., kart., DM 28.-. ISBN 3-8171-3404-5. Verlag Harri Deutsch.

Manfred von Ardenne war eine faszinierende Forschergestalt. Als Sonntagskind 1907 in Hamburg geboren wuchs er in einer Zeit raschen technischen Fortschritts auf und entwickelte früh wissenschaftliche Neugier und technisches Interesse an Ver-

besserungen. Prägend war für ihn seine Bastelphase zwischen dem 10. Lebensjahr und dem Schulabgang mit 16 Jahren. Gleichzeitig mit einer halbjährigen Ausbildung in einer feinmechanischen Werkstätte begann er in der elterlichen Wohnung radiotechnische Entwicklungsarbeit, die so erfolgreich war, daß der wissenschaftliche Leiter von Telefunken dem Nobelpreisträger Nernst empfahl, den begabten jungen Mann trotz fehlendem Abitur zum Physikstudium an der Universität Berlin zuzulassen. 4 Semester hielt es ihn an der Uni, dann setzte er sein selbst gesteuertes autodidaktisches Studium von Spezialfächern, das er von Jugend auf betrieben hatte, für den Rest des Lebens fort.

Wir finden M. v. Ardenne stets in den aktuellen Entwicklungen seiner Zeit. Hatte er nach etwa 5 Jahren Pionierarbeit in einem Gebiet die technischen Grundlagen für den Alltagseinsatz gelegt, so suchte er sich ein neues Gebiet. So gelang es M. v. Ardenne am 14. 12. 1930 als erstem, die Braunsche Röhre zur Bildübertragung zu nutzen. Insgesamt acht Arbeiten zur Elektronik sind in dem kleinen Bändchen zusammengestellt. Sie reichen von einem Meßverstärker zur Feldmessung bei Sendern bis zu Überlegungen, wie der Kontakt mit Zivilisationen außerhalb unseres Sonnensystems hergestellt werden könnte.

Zu den Arbeiten außerhalb der Elektronik muß auf die Literatur verwiesen werden. 10 Jahre verbrachte M. v. Ardenne als Kriegsbeute der Russen am Schwarzen Meer. Nach seiner Rückkehr 1955 in die DDR konnte er ein auf seinen Stil und seine Interessen zugeschnittenes Forschungsinstitut leiten. Bald wandte er sich der Biophysik und insbesondere der Tumorforschung zu. Er starb 1997 im Alter von 90 Jahren.

Das Büchlein ist für historisch Interessierte interessant und steht in guter Tradition mit den anderen Bändchen der von Wilhelm Ostwalds Initiative gegründeten Reihe, in der sich Titel wie "Dioptrik" von Johannes Kepler und die frühen Arbeiten von Manfred Eigen (Die unmeßbar schnellen Reaktionen) finden.

H.K.

Physik Vorkurs

PC-Programm zur Vorbereitung auf die Physikvorlesung

Chr. Heckenkamp

CD-ROM + Buch (236 S., kart.). öS 365. Prentice Hall, Naturwissenschaften Physik. ISBN 3-8272-9559-9

"Die Pflichtvorlesung Physik als Nebenfach kann zur Qual werden, wenn man Physik in der Schule abgewählt hatte", schreibt Heckenkamp aus der Erfahrung als Professor an der FH Darmstadt. In einem Vorkurs vor Semesterbeginn gibt er Studierwilligen die Möglichkeit, ihr Physikwissen aufzupolieren und einfache Begriffe zu wiederholen. 34 Beispiele in 5 Gruppen (Physikalische Größen, Auftrieb, Ohmsches Gesetz, Funktionen, Kinematik) werden angeboten mit Musterlösung und Ergebnis. Dazu gibt es in kompakter Form im Atlas das notwendige Vorwissen und eine Formelsammlung. Durch Verwendung von Toolbook zur Erstellung des Programms ergibt sich eine saubere und klare Bedienungsführung. Die Aufgaben sind aus einem konkreten Bedarf entstanden und sind mitunter sogar witzig. Neben einer Wiederholung einiger elementarer

Begriffe und Methoden für Studienanfänger kann Physik Vorkurs auch in der Schule zur Wiederholung eingesetzt werden.

H.K.

Mathematische Methoden in der Physik

Chr. B. Lang und N. Pucker

Spektrum Hochschultaschenbuch. Spektrum Akademischer Verlag, 1998. 625 S., br., ISBN 3-8274-0225-5. öS 497,-.

Aus der Praxis einer 3-semesterigen Einführungsvorlesung Mathematik für Physiker entstanden führt dieses Buch in 18 Kapiteln durch die für das Studium wichtigsten Teile der Mathematik, wobei sie immer wieder an physikalischen Beispielen vertieft wird. Die Kapitel sind: Unendliche Reihen, Komplexe Zahlen, Differentialrechnung, Integralrechnung, Vektoren und Matrizen, Gewöhnliche Differentialgleichungen, Grundlagen der Vektoranalysis, Krümmungslinige Koordinatensysteme, Integralsätze, Elemente der Tensorrechnung, Funktionenräume, Fourierreihen, Integraltransformationen, Operatoren und Eigenwerte, Spezielle Differentialgleichungen, Partielle Differentialgleichungen, Funktionentheorie, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik. Alle Konzepte werden durch ausgearbeitete Beispiele ergänzt. Da Computer als Arbeitsmittel des Physikers unentbehrlich sind, sind weitere Beispiele der numerischen Umsetzung oder einer Behandlung mit Algebra-Programmen gewidmet; dabei wird eine allgemeine Formulierung speziellen Programmiersprachen vorgezogen. (Programmbeispiele und deren Lösungen sind unter <http://physik.kfunigraz.ac.at/~cbl/mm> im World-Wide-Web zu finden.) Zusammenfassungen unter dem Motto Kurz und Klar bringen das Gelernte in eine mathematisch knappe Sprache und helfen damit nicht nur dem Gedächtnis, sondern stellen auch die Brücke zur "richtigen" Mathematik her.

Höchst empfehlenswert für Studienanfänger und alle, die Schwierigkeiten mit Mathematik in den angeführten Bereichen haben.

H.K.

Crick, Watson und die DNA Hawking und die Schwarzen Löcher Newton und die Schwerkraft Turing und der Computer

Paul Strathern

"Köpfe und Ideen" Fischer Taschenbücher, je öS 94,-.

Wie kam es zu den "magischen Momenten" - den Genieblitzen, die unser Bild der Welt für immer veränderten? Wie entschlüsselten beispielsweise Crick und Watson in einem dramatischen Wettlauf mit der Zeit das Geheimnis der menschlichen Vererbung und wurden damit die ersten Stars der modernen Molekularbiologie? Wie führte Hawking mit seiner Theorie der Schwarzen Löcher die astrophysikalische und kosmologische Forschung zu einem unglaublichen Boom und wurde mit einem Bestseller zum bekanntesten Wissenschaftler unserer

Zeit? Wie fand Alan Turing die mathematischen Grundlagen für die Computerrevolution, und wieso brachte er sich um?

Es sind durchwegs spannende Fragen, denen sich die ersten vier, auf den ersten Blick hübschen, schmalen Bände der neuen Fischer-Taschenbuch-Reihe "Köpfe und Ideen" stellen. Insgesamt ein rundes Dutzend Forscherbiographien soll Einblick in einige der wichtigsten naturwissenschaftlichen "Entdeckungen und Visionen" und ihre geschichtlichen Hintergründe geben. Autor ist der englische Wissenschaftsjournalist Paul Strathern, dessen Stärke flüssig geschriebene episodenhafte Lebensbeschreibungen sind, etwa über Newtons erbarungslose Jagd als königlicher Münzbeamter auf Geldfälscher oder Turings Beitrag zur Entschlüsselung des deutschen Geheimcodes im Zweiten Weltkrieg.

Etwas irritierend sind allerdings die simplistisch psychologisierenden Erklärungsmuster. So wird Newtons Beschäftigung mit den Himmelskörpern darauf zurückgeführt, daß sein Vater "im Himmel", nämlich früh gestorben war. "Ein Leben in Lüge zu führen" sei Turing "wegen seiner sexuellen Neigungen gewöhnt" gewesen; er habe zwar "versucht, sich in der Arbeit zu vergraben", doch es "vertrocknete die Quelle der Inspiration in einer Wüste von Berechnungen".

Derlei Klischees tun dem Lebenswerk der Porträtierten aber nicht annähernd so arges Unrecht wie Verkürzungen und Verfälschungen ihrer wissenschaftlichen Forschungen. So wird Newton eine haarsträubende Erklärung für die angeblich "unregelmäßig" elliptische Mondbahn in den Schuh geschoben, wonach sich aus der "Schwerkraft (g) ... in Richtung Erde" und dem "Antrieb des Mondes ... auf der Kraftlinie m" ein "Gleichgewicht der Kräfte" ergebe (samt Skizze auf S. 44f). Ebenso unsinnig sind Aussagen wie "Relativität hieß, daß der Weltraum gekrümmt und begrenzt war" oder "Hawking hatte festgestellt, daß die Relativität, auf quantenmechanische Vorgänge angewandt, gegen die physikalischen Gesetze verstieß".

Die Bücher dieser Serie lesen sich fast so schnell, wie sie offensichtlich geschrieben wurden, und man kann sie schnell wieder vergessen. Ob sie den Lesern wissenschaftliche Resultate näherbringen, ist eher zweifelhaft. Vielleicht macht aber der schale Nachgeschmack einigen Lesern Lust darauf, richtige Bücher zu naturwissenschaftlichen Themen zu lesen. Also warum nicht gleich?

Die Rezension erschien bereits in DER STANDARD, 22.1.1999, Seite A14

Dr. Thomas Stern