



Volk und Wissen
Verlag GmbH
Berlin
ISSN 0004-6310
Preis 2,50 DM

Astronomie in der Schule

- Landesverbände für astronomische Bildung
- Zur Erforschung des Sternaufbaus und der Sternentwicklung
- Das galaktische Zentrum
- Eine Variante für die Behandlung der Sonne
- Modell der Größen- und Entfernungsverhältnisse im Kosmos
- Experimente zur Strahlungsmessung mit einem Fototransistor



28. Jahrgang · 1991



Inhalt

- Das aktuelle Thema**
2 *M. Schukowski:* Landesverbände für astronomische Bildung
Astronomie
3 *H. Zimmermann:* Zur Berechnung des Sternaufbaus und der Sternentwicklung
5 *H.-E. Fröhlich:* Das galaktische Zentrum
8 *U. Seidenfaden:* Der heilige Stuhl und seine Astronomen
Unterricht
10 *L. Clausnitzer:* Eine Variante für die Behandlung der Sonne
11 *A. Muster:* Jahresinhaltsverzeichnis 1990
12 *Redaktion:* Wichtige Mitteilung an unsere Leser
15 *F. Ludwig:* Modell der Größen- und Entfernungsverhältnisse im Kosmos
17 *K. Hofmann:* Experimente zur Strahlungsmessung mit einem Fotometer
Sternwarten und Vereine
19 *H.-J. Leue:* Oibers-Gesellschaft Bremen e. V.
Beobachtung
21 *K. Lindner:* Der Mond bedeckt Antares
Die Abende werden wieder länger
Kurz berichtet
22 Wissenswertes
24 Rezensionen
Abbildungen
24 Umschlagseiten
Redaktionsschluss: 17. 1. 1991

From the Contents

- 2 *M. Schukowski:* Regional Associations for Astronomical Education
3 *H. Zimmermann:* Computing Interior Structure and Development of Stars
5 *H.-E. Fröhlich:* The Galactic Centre
8 *U. Seidenfaden:* The Holy See and its Astronomers
10 *L. Clausnitzer:* One Variant for Instructional Treatment of the Sun
15 *F. Ludwig:* A Model of Magnitude Distance Relations in Space
17 *K. Hofmann:* Experiments towards the Measurement of Radiation by means of a Photometer

Из содержания

- 2 *М. Шукowski:* Земельные общества по астрономическому образованию
3 *Х. Циммерманн:* Определение внутреннего строения и развития звёзд
5 *Х.-Э. Фрöhlich:* Центр Галактики
8 *У. Сеиденфаден:* Папский престол и его астрономы
10 *Л. Клаусницер:* Один из вариантов изучения солнца
15 *Ф. Людвиг:* Модель соотношений между величиной и расстоянием в космосе
17 *К. Хофманн:* Опыты по измерению радиации при помощи фотометра

En résumé

- 2 *M. Schukowski:* Les associations des pays pour l'éducation astronomique
3 *H. Zimmermann:* Le calcul de la constitution et du développement des astres
5 *H.-E. Fröhlich:* Le centre de la galaxie
8 *U. Seidenfaden:* Le Saint-Siège et ses astronomes
10 *L. Clausnitzer:* Une variante de la présentation du soleil
15 *F. Ludwig:* Un modèle pour les proportions des étendues et des distances dans l'univers
17 *K. Hofmann:* Des expériences pour le mesurage d'une radiation avec un photomètre

Del contenido

- 2 *M. Schukowski:* Federaciones provinciales (de los «länder») de formación en astronomía
3 *H. Zimmermann:* En cuanto a la computación de la estructura estelar y del desarrollo de estrellas
5 *H.-E. Fröhlich:* El centro galáctico
8 *U. Seidenfaden:* La Corte Pontificia y sus astrónomos
10 *L. Clausnitzer:* Una variante de tratar el capítulo Sol en clase
15 *F. Ludwig:* Un modelo para enseñar el tamaño de cuerpos celestes y las distancias entre ellos en el cosmos
17 *K. Hofmann:* Experimentos de la medición de radios con un fotómetro



Heft 1

28. Jahrgang 1991

Herausgeber: Volk und Wissen Verlag
GmbH, Berlin,
Lindenstraße 54a, Postfach 1213,
O-1086 Berlin Telefon 2 04 30,
Postcheckkonto: Berlin 7199-57-1326 26

Anschrift der Redaktion: Friedrich-List-
Straße 8 (Sorbisches Institut für Lehrerbildung
«Karl Jannack»), Postfach 440,
O-8600 Bautzen Telefon 4 25 85

Redaktionskollegium: Oberstudienrat
Dr. paed. Helmut Bernhard (Chefredakteur),
Studienrat Dr. paed. Klaus Lindner (stellv.
Chefredakteur), Dr. sc. nat. Ulrich Bleyer,
Dr. rer. nat. Hans-Erich Fröhlich, Dr. sc. phil.
Fritz Gehlhar, Prof. Dr. sc. phil. Nina Hager,
Prof. Dr. sc. nat. Dieter B. Herrmann, Dr. paed.
Eckhard Kersten, Oberlehrer Volker Kluge,
Studienrat Monika Kohlhausen, Oberlehrer
Jörg Lichtenfeld, Oberstudienrat Hans
Joachim Nitschmann, Prof. Dr. rer. nat. habil.
Karl-Heinz Schmidt, Oberlehrer Eva-Maria
Schöber, Prof. Dr. sc. paed. Manfred
Schukowski, Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus-Günter
Steinert, Studienrat Joachim Stier, Oberlehrer
Dr. paed. Uwe Walther, Prof. Dr. rer. nat. habil.
Helmut Zimmermann, Günter Zimmermann.

Gesamtherstellung: Lausitzer Druckhaus
GmbH i. G., Bautzen
AN (EDV 427)

Erscheinungsweise: zweimonatlich, Preis
des Einzelheftes 2,50 DM; im Abonnement
zweimonatlich (1 Heft) 2,20 DM.
Bestellungen werden von der Deutschen Post
entgegengenommen. Unsere Zeitschrift kann
auch über die Redaktion, den Buch- und
Zeitschriftenhandel bezogen werden. Bei
Bezugsschwierigkeiten im Ausland wenden
Sie sich bitte direkt an unsere Redaktion.

ISSN 0004-6310

Landesverbände für astronomische Bildung

Manfred Schukowski

Rückblickend kann man das Jahr 1990 aus der Sicht des Astronomieunterrichts als Zeit der Bemühungen um den Erhalt und die Neuprofilierung dieses Faches im Rahmen einer demokratischen Schule bezeichnen. Im Ergebnis zahlreicher Wortmeldungen an das damalige Ministerium für Bildung in Berlin blieb das Unterrichtsfach Astronomie in der zehnklassigen Schule in den fünf neuen Bundesländern und in Ostberlin zunächst für das Schuljahr 1990/91 erhalten. Für die Arbeit mit dem Lehrplan von 1987 wurde eine Handreichung erarbeitet. Die Zeitschrift **ASTRONOMIE IN DER SCHULE** brachte im Jahre 1990 eine Fülle von Beiträgen für den Erhalt astronomischer Bildung und konstruktive Vorschläge für die Art und Weise dieses Unterrichts.

Aber das letzte Wort über die Zukunft des Astronomieunterrichts ist noch nicht gesprochen. Daneben stehen Fragen nach der Aus-, Weiter- und Fortbildung der Astronomielehrer. Volks- und Schulsternwarten und Planetarien sind nicht ohne Sorge um ihre Zukunft.

In dieser Situation wuchs der Gedanke, Vereinigungen zu bilden, die sich im Interesse der Jugend für den Erhalt astronomischen Bildungsgutes in Unterricht und Freizeit, für den Erhalt von Bildungsmöglichkeiten für Astronomielehrer sowie für das weitere Bestehen von Schulsternwarten und Planetarien als Stätten der Bildung und Zentren der Kultur in den neuen Bundesländern und darüber hinaus in Deutschland überhaupt einsetzen.

So entstanden im Laufe des Sommers 1990 in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Sachsen-Anhalt Landesverbände der «Gesellschaft für astronomische Bildung» (GAB), in Thüringen der «Förderverein astronomische Bildung» und in ganz Berlin die «Vereinigung für astronomische Schulbildung». Sie alle sind unabhängige Vereinigungen mit eigenen Statuten.

Als ihre dringlichste Aufgabe sehen sie ihren Einsatz für das Weiterbestehen und die Förderung der astronomischen Bildung in den Schulen des jeweiligen Landes an. Entsprechend der Vielgestaltigkeit der Schullandschaft werden dafür verschiedene Inhalte und Formen astronomischen Unterrichts vorgeschlagen, wobei eine Konzentration auf ein selbstständiges Fach Astronomie gegen Ende der Pflichtschulzeit für effektiv angesehen wird.

In diesem Sinne haben sich die Verbände im Herbst 1990 mit Denkschriften an die Kultusminister ihrer Länder gewandt, ihre Forderungen angemeldet

und ihre konstruktive Mitwirkung bei der Erarbeitung der notwendigen Materialien zugesagt.

Durch das Kultusministerium Mecklenburg-Vorpommern wurde inzwischen – wie für alle anderen Unterrichtsfächer – ein Lehrplanausschuß Astronomie gebildet. Zu seinem Leiter hat der Kultusminister den Vorsitzenden des Landesverbandes der GAB berufen. Weitere Mitglieder des Landesverbandes arbeiten in diesem Gremium. Es wurde beauftragt, – Vorschläge für die Arbeit nach dem Lehrplan Astronomie (1987) und mit dem Lehrbuch Astronomie an den mecklenburg-vorpommerschen Schulen für das Schuljahr 1991/92 vorzulegen – Lehrpläne Astronomie für verschiedene Schultypen Mecklenburg-Vorpommerns auszuarbeiten, nach denen ab 1992/93 gearbeitet werden kann, und Lehrbücher und andere Unterrichtsmaterialien auszuarbeiten oder vorzuschlagen – Vorschläge für die Berücksichtigung astronomisch relevanter Stoffe in anderen Fächern und früheren Klassenstufen an die entsprechenden Lehrplanausschüsse zu geben.

Unser Angebot für eine konstruktive Mitwirkung wurde also akzeptiert und wir sind gefordert. Darüber hinaus setzt sich die GAB Mecklenburg-Vorpommern

- für den Erhalt und die Unterstützung der Volks- und Schulsternwarten und Planetarien.
- für den Erhalt und den Ausbau der Möglichkeiten für die Aus- und Weiterbildung von Lehrern für Astronomie an Universitäten und Hochschulen sowie für die Unterstützung des Landesinstituts bei der Fortbildung der Astronomielehrer ein.

Die Gesellschaften, Fördervereine und Vereinigungen für astronomische Bildung wollen die Tradition der deutschen Schulastronomie seit *Diesterweg* bewahren und fortsetzen. Sie wissen sich dabei in Übereinstimmung mit Lehrern und Sternfreunden in den alten Bundesländern, wie Gespräche, Briefe und nicht zuletzt das Sternfreundetreffen im Oktober 1990 in Hof (s. AS 6/90) zeigen.

Die Möglichkeiten und die Autorität dieser Vereinigungen hängen von der Resonanz ab, die sie bei astronomisch interessierten Pädagogen und anderen Sternfreunden finden. Deshalb liegt diesem Heft von **ASTRONOMIE IN DER SCHULE** eine Karte bei, mit der wir um Ihre Aufmerksamkeit und Mitgliedschaft werben wollen.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. sc. Manfred Schukowski, Heilinkier Straße 79, 0 - 2520 Rostock

Zur Berechnung des Sternaufbaus und der Sternentwicklung

Helmut Zimmermann

Das System der Grundgleichungen

Zur mathematischen Beschreibung des inneren Aufbaus eines Sterns, der sich im mechanischen Gleichgewicht befindet, benötigt man vier Differentialgleichungen, die den Druckverlauf, die Massenverteilung, den Energiestrom und den Temperaturverlauf im Sterninneren beschreiben [1]. Zu diesen vier Differentialgleichungen kommen noch drei algebraische Gleichungen hinzu. Sie geben an, wie der Druck im Stern realisiert ist, wieviel Energie je Sekunde an jeder Stelle im Stern freigesetzt wird und wie sich die Wechselwirkung zwischen Strahlung und Sternmaterie vollzieht. Wie man zu diesen „Materialgleichungen“ gelangt, ist in den drei Artikeln [2], [3] und [4] dargestellt. Für die Berechnung des inneren Aufbaus eines Sterns steht somit ein System von insgesamt 7 Gleichungen zur Verfügung.

Eines der Ziele der Rechnungen ist u. a., die Temperatur-, die Dichte- und die Druckverteilung im Stern zahlenmäßig anzugeben. Dazu müssen die Gleichungen für alle Punkte im Sterninneren – vom Zentrum bis zur Oberfläche – gelöst werden. Es zeigt sich jedoch, daß in den 7 Gleichungen insgesamt 9 Unbekannte auftreten, so daß zwei von ihnen grundsätzlich unbestimmt bleiben; sie können frei gewählt werden und gehen damit als sogenannte freie Parameter in die Lösung ein; diese ist durch die zahlenmäßige Wahl dieser Parameter festgelegt.

Bei den Rechnungen zum Sternaufbau benutzt man als freie Parameter die Sternmasse und die chemische Zusammensetzung der Sternmaterie. Dies ist aus kosmogonischen Gründen sinnvoll, da sich bei der Sternentstehung eine ganz bestimmte Masse von der übrigen interstellaren Materie löst und kontrahiert, und da diese Masse eine ganz bestimmte chemische Zusammensetzung hat. Alle anderen Größen, wie z. B. Radius, Leuchtkraft oder Oberflächentemperatur, ergeben sich dann bei den Rechnungen in Abhängigkeit von der gewählten Masse des Sterns und seiner Zusammensetzung. Prinzipiell könnte man auch zwei andere Größen, etwa den Radius und die Oberflächentemperatur, als freie Parameter wählen und für sie willkürlich Zahlenwerte vorgeben. Es würde sich dann erst im Laufe der Rechnung herausstellen, welche Masse und welche chemische Zusammensetzung eine Stern hätte, der zu solch einem Wertepaar gehört. Physikalisch ist ein solches Vorgehen kaum befriedigend.

Die chemische Zusammensetzung wird bei diesen Überlegungen formal immer als ein einziger Parameter angesehen. Tatsächlich setzt er sich aus vielen Einzelangaben, nämlich den relativen Häufigkeiten der verschiedenen Elemente zusammen.

Die Vorgabe von Masse und chemischer Zusammensetzung reicht zum Finden einer Lösung der Grundgleichungen dann aus, wenn der Stern sich in einem vollständigen Gleichgewicht befindet. Wenn das thermische Gleichgewicht gestört ist, muß zusätzlich noch eine Angabe über den thermischen Zustand gemacht werden, die man aus der bisherigen Entwicklung des Sterns gewinnt.

Eine vollständige Lösung des Gleichungssystems bezeichnet man als ein Sternmodell

Eindeutigkeit der Lösung

Bei der numerischen Integration von Differentialgleichungen ist es notwendig, daß man sich Anfangs- oder Randwerte vorgibt. Dies gilt auch für die Integration der Grundgleichungen, wobei die vorzugebenden Werte physikalisch sinnvoll gewählt werden müssen: Im Sternzentrum darf z. B. die Materiedichte weder Null noch unendlich sein, und an der Sternoberfläche müssen sich an die Lösung für das Sterninnere die Werte für eine Sternatmosphäre glatt anschließen lassen. Physikalisch sinnvolle Randwerte kann man bei zwei der vier Differentialgleichungen für das Sternzentrum vorgeben, für die beiden anderen Differentialgleichungen gilt dies hingegen für die Sternoberfläche. Diese Aufspaltung führt bei dem numerischen Lösungsverfahren zu gewissen Schwierigkeiten, sie sind aber überwindbar. Viel schwerwiegender ist hingegen die Tatsache, daß das System der Grundgleichungen nicht notwendig nur eine einzige, eindeutig bestimmte Lösung hat; es können durchaus – Beispiele dafür sind bekannt – mehrere Lösungen für die gleiche Masse und die gleiche Zusammensetzung der Sternmaterie existieren. Es kann also durchaus mehrere Sterne geben, die zwar die gleiche Masse und die chemische Zusammensetzung haben, die aber z. B. unterschiedliche Leuchtkraft und unterschiedliche effektive Temperatur sowie unterschiedliche Zentraldichte und -temperatur besitzen. Dieser zunächst etwas depressive Befund wird dadurch aufgehoben, daß diese Mehrfachlösungen normalerweise,

und zwar dann, wenn sich die Sterne im mechanischen Gleichgewicht befinden, ganz beträchtlich voneinander abweichen. Der innere Aufbau dieser verschiedenen Sterne, und damit z.B. die innere Temperatur- und Dichteverteilung, unterscheidet sich also nicht nur um beliebig kleine, sondern um ganz beträchtliche Werte. Man sagt: In der unmittelbaren Umgebung jeder vollständigen Gleichgewichtslösung existiert normalerweise keine andere. Damit ist auch ausgeschlossen, daß ein Stern ohne weiteres von einem Zustand (einer Lösung) in einen anderen bei unveränderter Masse und chemischer Zusammensetzung übergehen kann.

Man kann auch Wertepaare für Sternmasse und chemische Zusammensetzung angeben, für die es überhaupt keine Lösung im obigen Sinn gibt. Zum Beispiel gibt es keinen 10-Sonnenmassen-Stern im mechanischen Gleichgewicht, der vollkommen aus Eisen besteht.

Berechnung der Sternentwicklung

Die Kernprozesse zur Energiefreisetzung bewirken eine Änderung der chemischen Zusammensetzung der Sternmaterie. Infolgedessen erleidet ein Stern eine allmähliche, und zwar irreversible, Änderung seines Aufbaus: Der Stern entwickelt sich. Gibt man sich die Masse und die chemische Zusammensetzung, die auch von Punkt zu Punkt verschieden sein kann, willkürlich vor und löst die Grundgleichungen, so bezieht sich die Lösung auf einen ganz bestimmten Zeitpunkt in der Entwicklung eines Sterns; man kann diesen Augenblick aber nicht ohne weiteres näher fixieren.

Bei der Berechnung der Sternentwicklung, bei der man für viele aufeinanderfolgende Zeitpunkte jeweils die innere Struktur bestimmt, geht man so vor, daß man zunächst für einen plausiblen Ausgangszustand des Sterns die Gleichungen löst. Als einen derartigen Zustand wählt man im allgemeinen den Beginn der ersten Kernprozesse zur Energiefreisetzung. Zu diesem Zeitpunkt (t_0) ist der Stern noch chemisch homogen, hat also überall die gleiche Zusammensetzung. Das Modell für den Ausgangszustand liefert u. a. die Kenntnis, wo im Sterninnern und in welcher Stärke die Kernprozesse ablaufen, an welcher Stelle und in welchen Umfang sich also die Zusammensetzung während eines kleinen Zeitintervalls Δt ändert. Das eröffnet die Möglichkeit, den Aufbau des Sterns für den Zeitpunkt $t_0 + \Delta t$ zu be-

stimmen. Dieser neue Zustand wird als Ausgangszustand für einen weiteren Zeitschritt genommen, usw.

Bei der Bestimmung der Änderung der chemischen Zusammensetzung ist zu beachten, ob in den Regionen, in denen die Kernprozesse stattfinden, Konvektion herrscht oder nicht. Bei Konvektion, die mit einer großräumigen Durchmischung der Sternmaterie verbunden ist, wird in der gesamten Region die Zusammensetzung einheitlich geändert. Erfolgt in den energiefreisetzenden Gebieten der Energietransport jedoch durch Strahlung, so verbleiben die an einer Stelle neu gebildeten Elemente auch an dieser Stelle.

Die Lösung der Grundgleichungen liefert u. a. die Leuchtkraft und die effektive Temperatur des Sterns. Damit läßt sich die Lage des Modellsterns (genauer die seines Bildpunktes) im Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) angeben. Mit den Entwicklungsrechnungen für einen Stern erhält man eine ganze Folge derartiger Bildpunkte, die zusammen den Entwicklungsweg des Sterns im HRD ergeben. Dieser Entwicklungsweg ist eindeutig durch den Ausgangszustand des Sterns – als dieser chemisch homogen war – vorgegeben, solange der Stern von einem Gleichgewichtszustand zu einem anderen Gleichgewichtszustand übergeht, also keine Instabilität erleidet: Die Lösung der Grundgleichungen zum Zeitpunkt $t_0 + \Delta t$ unterscheidet sich von der Lösung zum Zeitpunkt t_0 beliebig wenig, wenn nur Δt klein genug gewählt wird. Existiert noch eine zweite Lösung für den Zeitpunkt t_0 , so weicht diese um einen endlichen, nicht aber um einen beliebig kleinen Betrag von der ersten Lösung ab. Das Modell für $t_0 + \Delta t$ kann daher nur an das Anfangsmodell anschließen. Gleiche Überlegungen gelten für alle weiteren Zeitpunkte. Für chemisch homogene Sterne wurden bisher noch keine Mehrfachlösungen gefunden, so daß man erwarten kann, daß mindestens bis zum Eintritt einer Instabilität die Sternentwicklung durch das Ausgangsmodell bestimmt ist.

Literatur

- [1] Zimmermann, H.: **Grundprinzipien der Theorie des inneren Aufbaus der Sterne.** In *Astronomie in der Schule* 26 (1989)2, Seite 29. (Man beachte die Korrekturen in 26 (1989)3, Seite 67).
- [2] Zimmermann, H.: **Der physikalische Zustand der Sternmaterie.** In *Astronomie in der Schule* 26 (1989)4, Seite 77.
- [3] Zimmermann, H.: **Energiefreisetzung im Sterninnern.** In *Astronomie in der Schule* 26 (1989)6, Seite 128.
- [4] Zimmermann, H.: **Die Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie im Sterninnern.** In *Astronomie in der Schule* 27 (1990)5, Seite 98.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. habil. Helmut Zimmermann, Sternwarte der Friedrich-Schiller-Universität Jena, O - 6900

Die Erforschung des galaktischen Zentrums, das fast 30 000 ly von uns entfernt ist, ist, bedingt durch die hohe Vordergründextinktion (im Visuellen über 30 Größenklassen!), Sache der Infrarot- und Radioastronomen. Bereits im Infraroten übertrifft die Wellenlänge der Strahlung die Ausdehnung der Stauteilchen. Der Staub stellt dann kein Hindernis mehr für die Wellenausbreitung dar.

Allerdings gibt es nahe der Richtung zum galaktischen Zentrum staubarme «Fenster». Durch ein solches «Fenster» konnte beispielsweise der Deutsch-Amerikaner W. Baade das Zentralgebiet «anschneiden». Ihm gelang es, mit optischen Mitteln den steilen Anstieg der Dichte von RR-Lyrae-Veränderlichen bei Annäherung an das Zentrum zu verfolgen und aus der scheinbaren Helligkeit von RR-Lyrae-Sternen im Bereich des Dichtemaximums auf die Zentrumsentfernung zu schließen.

Im Infraroten gleicht das galaktische Zentralgebiet einem riesigen Sternhaufen von 100 Millionen Sternen mit Dichten, die zehnmilliardenfach höher sind als bei uns. Was wir sehen, sind ausschließlich die Roten Riesen. Die Verhältnisse gleichen denen in anderen Spiralgalaxien. Obwohl einer alten Sternpopulation zugehörig, sind die Sterne des Milchstraßen«bauchs» ausgesprochen metallreich. Das erschwert die Entfernungsbestimmung mittels des Baadeschen Verfahrens. Warum eigentlich müssen die zentrumsnahen RR-Lyrae-Veränder-

lichen die gleiche absolute Helligkeit haben, wie ihre metallarmen Verwandten in der Sonnennachbarschaft?

Radiobilder des Zentrums, wie man sie seit 1959 kennt (eine moderne Version zeigt Bild 1), lassen wenigstens vier Radioquellen mit einer komplizierten Struktur erkennen: Sagittarius A (Sgr A), Sgr B, Sgr B2 und Sgr C. Das eigentliche Zentrum dürfte mit einer nichtthermischen (unaufgelösten) Punktquelle noch innerhalb von Sgr A zusammenfallen. Sie ähnelt dem kompakten Kern einer Radiogalaxie. Ihre Koordinaten: RA = $17^{\text{h}}42^{\text{m}}29.3^{\text{s}}$, DEC = $-28^{\circ}59'18''$ (1950) – an der Grenze zwischen Schütze, Schlangenträger und Skorpion. Dieser Kern ist selbst mit den Mitteln der VLBI (Very Long Baseline Interferometry) nicht aufzulösen, muß mithin kleiner als 20 AE (Astronomischen Einheiten) sein! Einige Theoretiker glauben, aus der Kompaktheit dieser Quelle auf ein supermassereiches Schwarzes Loch im Herzen der Galaxis schließen zu dürfen. Ein solches Schwarzes Loch von, sagen wir, 1 Million Sonnenmassen wäre geradezu «winzig»: Der sogenannte Gravitationsradius beliefte sich auf nur 3 Millionen Kilometer ($1/50$ AE)! Das Auflösungsvermögen selbst der größten Instrumente reicht bei weitem nicht aus, als daß man in diese Dimensionen vordringen könnte. (Im Abstand des galaktischen Zentrums entspricht $1''$ einer Strecke von 10 ly.) Eine «Punkt»masse von einigen Millionen Sonnenmassen legen auch Molekülbeobachtungen nahe: Der Kern umgibt ein rasch rotierender, staubiger Moleküllring von 20 bis 30 ly Durchmesser. Soll dieser nicht durch die starken Fliehkräfte zerrissen werden – die Rotationsgeschwindigkeit beläuft sich auf immerhin 110 km/s –, wäre eine stabilisierende Masse von ca. 4 Millionen Sonnenmassen erforderlich.

Bemerkenswert ist, daß in den 70er Jahren eine Gamma-Linie (Annihilationslinie der Paarvernichtung Elektron/Position) aus dem Kern der Galaxis beobachtet werden konnte. Warmum diese Quelle seit 1980 «abgeschaltet» ist, bleibt vorerst ein Rätsel.

Von japanischen Radioastronomen ist ein kernnaher «Jet» (Auswurf) entdeckt worden. Solche Radiojets sind typisch für Radiogalaxien und Quasare! Der Verdacht, daß zumindest in der Vergangenheit das Kerngebiet Sitz mysteriöser «Aktivitäten» gewesen ist, läßt sich nicht von der Hand weisen. Expandierende Wasserstoffarme nahe dem Zentralgebiet deuten ebenfalls auf eine «Explosion» vor mehreren



Bild 1: 3-cm-Bild der galaktischen Zentralregion. Das Zentrum (Sagittarius A) ist durch ein Kreuz markiert.

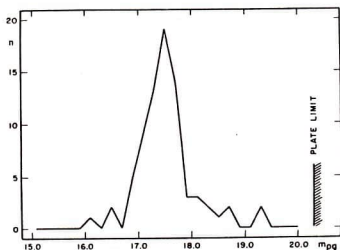


Bild 2: Verteilung der RR-Lyrae-Sterne in Baades Fenster über der scheinbaren Helligkeit. Im Dichtemaximum: RR-Lyrae-Sterne des galaktischen Zentralgebiets.

Millionen Jahren hin, wobei Millionen Sonnenmassen Wasserstoffgas in Marsch gesetzt wurden.

Die bisherigen Ergebnisse bei der Erforschung des galaktischen Zentrums zeigen aber auch, wie weit wir von einem Verständnis dessen, was dort vor sich geht, noch entfernt sind. Das Nebeneinander und Ineinander von thermischen und nichtthermischen Radioquellen macht es uns nicht leicht. Bei einigen Quellen wird es sich um Supernovaüberreste handeln, bei anderen – z. B. einer S-förmigen Region (einem «Miniaturspiralnebel») in der Kernumgebung – um ionisiertes Wasserstoffgas. Finden dort Sternentstehungsprozesse statt, worauf einige Röntgenquellen (Protosterne) hinzuweisen scheinen, oder wer sonst heizt das Gas auf?

Zum Schluß, wie angekündigt, noch einige Nachträge.

Wie mißt man die Entfernung zum galaktischen Zentrum?

Auf einigen Verfahren ist bereits eingegangen worden. Sie seien hier trotzdem noch einmal zusammengestellt. Eine Möglichkeit, die Zentrumsentfernung zu messen, eröffnen die erwähnten staubarmen «Fenster», die zumindest den Blick unmittelbar am galaktischen Zentrum «vorbei» erlauben. Es ist bekannt, daß die Dichte der RR-Lyrae-Veränderlichen schnell ansteigt, nähert man sich dem Zentrum. Trägt man die Anzahl der Veränderlichen dieses Types über der scheinbaren Helligkeit auf, so ergibt sich ein Maximum bei der scheinbaren Helligkeit, die ein RR-Lyrae-Stern in Zentrumsentfernung hat. Aus der bekannten absoluten Helligkeit (ca. nullte Größenklasse) errechnet sich nach einer Extinktionskorrektur die Entfernung. Daß dieses Vorge-

hen nicht unproblematisch ist, wurde bereits angedeutet (Vergleichbarkeit von RR-Lyrae-Sternen unterschiedlichen Metallgehalts). Diese Fehlerquelle vermeidet das folgende Verfahren. Gesetzt den Fall, es fände sich ein weit entfernter Delta-Cephei-Stern mit der Radialgeschwindigkeit Null. Seine Entfernung sei über die Perioden-Leuchtkraft-Beziehung bekannt. Hätte dieser Stern keine Pekuliarbewegung, er müßte exakt den gleichen Zentrumsabstand haben wie wir, denn nur dann hat er genau unsere galaktische Rotationsgeschwindigkeit, so daß die Relativgeschwindigkeit verschwindet. Den Winkelabstand es Cepheiden zum galaktischen Zentrum zu bestimmen, ist kein Problem, da ein gleichschenkeliges Dreieck mit zwei bekannten Winkeln vorliegt. Die Berechnung der Zentrumsentfernung ist nur noch eine Sache der Trigonometrie. Der Vorteil: Der Cepheide hat den gleichen Zentrumsabstand wie jene Cepheiden unserer Umgebung, an denen die Perioden-Leuchtkraft-Beziehung geeicht worden ist. Um Extinktionskorrekturen kommt man allerdings nicht herum, es sei denn, man beobachtete im Infraroten, wo diese Korrekturen klein sind. Zwei weitere Verfahren benutzen wiederum Objekte der Population II. Das Zentrum der Verteilung von Kugelsternhaufen fällt mit dem galaktischen Zentrum zusammen. Kugelsternhaufenentfernungen ergeben sich aus den scheinbaren Helligkeiten der in ihnen befindlichen RR-Lyrae-Sterne. Da sich der weitaus größte Teil der Kugelsternhaufen außerhalb der galaktischen Staubschicht aufhält, spielt die Lichtschwächung durch Staub keine entscheidende Rolle. Aus der auf die galaktische Ebene projizierten Verteilung ergibt sich die Lage des galaktischen Zentrums: Dort häufen sich die Haufen. Das wußte bereits *Shapley*.

Der «Karusselleffekt», der von der Rotation der galaktischen Scheibe herrührt, erlaubt die Bestimmung der Winkelgeschwindigkeit, mit der die Scheibe rotiert, also auch der Umlaufszeit um das galaktische Zentrum (galaktisches Jahr). Da die wahre Rotationsgeschwindigkeit am Ort der Sonne bekannt ist – aus der Geschwindigkeit, mit der die Halozwerge in unserer Nachbarschaft im Mittel zurückbleiben –, ist die Zentrumsdistanz leicht zu berechnen.

Spiralarmtheorien

Spiralarme und differentielle Rotation scheinen, zumindest auf Dauer, einander auszuschließen. Zwar erzeugt die differentielle Rotation spiralförmige Strukturen, da irgendwelche zufälligen Sternklumpungen schnell auseinandergezert werden, durch

den Aufwickeleffekt sollten sie aber genauso schnell auch wieder verschwinden. Seit seinem Entstehen hat sich das Milchstraßensystem schon rund 50mal um sich selbst gedreht. Jede anfänglich vorhandene Spiralstruktur wäre längst «aufgewickelt». Gibt es einen Ausweg aus diesem Dilemma? Zunächst dachte man an eine magnetische Versteifung der Arme. Das galaktische Magnetfeld ist ja fest im Gas verankert, «eingefroren». Wie sich allerdings herausstellte, sind die gemessenen Felder viel zu schwach, als daß sie der differentiellen Rotation ernstlich widerstehen könnten. Bleibt die Annahme, die Spiralarme seien überhaupt keine «Materiearme», also Strukturen, die immer aus dem gleichen Stoff bestehen. Die einfachste Möglichkeit: Das Spiralmuster ist eine Dichtewelle, welche mit konstanter Winkelgeschwindigkeit (also quasi starr) rotiert. Die Arme stellen dann Gebiete erhöhter Stern- und Gasdichte in der Scheibe dar. Die Materie (Sterne sowie Gas und Staub) strömt in den Arm hinein, wird dort komprimiert und verläßt anschließend den Arm wieder, um alsbald auf den nächsten Arm zu treffen. Daß derartige Dichtewellen existieren können, haben 1964 Lin und Mitarbeiter gezeigt. Zweiarmlige Spiralmuster wären danach bevorzugt. Entscheidend ist die Berücksichtigung der Eigengravitation der Materie in den Spiralarmen. Leider werden die Linschen Dichtewellen stark durch Resonanzen gedämpft, sie müssen durch gravitative Störungen von außen ausgelöst, z. B. beim Vorübergang einer Nachbargalaxie, oder aber von innen (Balkenstruktur im Zentrum?) ständig neu angeregt werden.

Die Amplitude dieser Störung in dem ansonsten glatten Dichteverlauf in der Scheibe ist im «Sternengas» gering, nicht so beim interstellaren Gas. Dieses brandet ja immerhin mit Überschallgeschwindigkeit gegen das «Hindernis» Gasarm an, so daß die Ausbildung großräumiger Stoßfronten an den Arminnenkanten wahrscheinlich ist. Dort wird das Gas stark verdichtet. Möglich, daß es deshalb dort zu den beobachteten Sternentstehungsvorgängen kommt, die ja für einen Spiralarm charakteristisch sind.

Die Linsche Theorie hat neuerdings Konkurrenz bekommen: durch die «Ansteckungstheorie». Ihre Arbeitshypothese: Sternentstehung breitet sich, einmal in Gang gesetzt, wie eine Pest über die Gas-scheibe der Galaxis aus. Da die Scheibe differentiell rotiert, entstehen alsbald die schönsten Spiralmuster, jedenfalls auf Computerbildschirmen. «Infizierung» ist tatsächlich nicht ganz auszuschließen. So weiß man, daß durch eine Supernovaexplosion in einer angrenzenden Gaswolke Sterngeburten ausgelöst werden können.

Unsichtbare Materie in der Galaxis

Die beobachtete Rotationskurve, d. h. die Rotationsgeschwindigkeit v_{rot} in Abhängigkeit vom Zentrumsabstand R , zeigt keine Neigung, selbst bei großen Abständen – wie es sich eigentlich gehört – abzufallen. Sie verläuft flach. Da Fliehkraft v_{rot}^2/R und Anziehungskraft $G \cdot M(R)/R^2$ an jeder Stelle einander die Waage halten müssen, muß die Masse $M(R)$, die sich innerhalb des Abstandes R befindet, proportional mit diesem anwachsen. Wie schwer die Galaxis ist, hängt demnach davon ab, wo sie endet!

Diese gravitativ sich offenbarende Masse tritt optisch nicht in Erscheinung. Vermutlich ist sie sogar überhaupt nichtbaryonisch, d. h., besteht keineswegs aus den üblichen Protonen und Neutronen wie die Stoffe, mit denen wir täglich Umgang pflegen. Wieso? Moderne inflationistische Kosmologien legen eine mittlere kosmische Materiedichte gleich der kritischen nahe. Ein solcher Kosmos wäre weder positiv noch negativ gekrümmt und «würde gerade ewig expandieren». (Zum Vergleich denke man an eine Rakete, die mit exakt der zweiten kosmischen Geschwindigkeit abgefeuert wird. Die Rakete fiele auch nicht wieder zur Erde zurück und würde nach unendlicher Zeit erst zum Stillstand kommen.) Leider enthält der Kosmos bei weitem nicht die Mengen an sichtbarem Stoff, die nötig wäre, ihn «kritisch» zu machen. Man ist deshalb genötigt, unsichtbare Materie anzunehmen. Über 90 % der kosmischen Materie sollten danach «dunkel» sein. Um baryonisches Material kann es sich allerdings nicht handeln, ansonsten wäre z. B. weit weniger an primordialen Deuterium produziert worden als beobachtet. Der Verdacht liegt damit nahe, daß auch der «dunkle» Stoff in den Galaxienhalos nichtbaryonischer Natur ist. Nichtbaryonisch sind zum Beispiel Neutrinos, aber auch andere Elementarteilchen kommen in Betracht.

Herkunft der Galaxis

Die Protogalaxis bestand ursprünglich, vom «dunklen» Halo einmal abgesehen, aus Gas, und zwar aus Wasserstoff und Helium. Erst später kam es zur Sternbildung. Heute ist diese auf die galaktische Scheibe beschränkt, wo noch genügend Baumaterial für Sterne vorhanden ist. Halo und «Bauch» sind indes nahezu gasfrei. Noch vor wenigen Jahren meinte man, diese Population-II-Gebiete seien einst recht schnell entstanden, binnen weniger 100 Millionen Jahre. Aus dem Restgas, das sich in der Scheibe angesammelt hat, wären dann im Laufe der Zeit die

Sterne der Scheibenpopulation hervorgegangen. Inzwischen gibt es Hinweise, wonach sich die Bildung des Halos, insbesondere des Systems der Kugelsternhaufen, über mindestens 1 Milliarde Jahre hingezogen hat. Da es ohnehin schwer vorstellbar ist, wie aus dem extrem dünnen Halogas einst Sterne auskondensieren konnten – in einer relativ dichten Scheibe ist das sehr viel einfacher –, geht man neuerdings von einer sehr inhomogenen Protogalaxis aus, einer Ansammlung von (scheibenförmigen?) Gasklumpen. In diesen bereits recht dichten Fragmenten konnte es leicht zur Bildung der ersten Sterne und Kugelsternhaufen kommen. Das Urmilchstraßensystem gliche danach eher einem kleinen Galaxienhaufen, bestehend aus Minigalaxien. Durch gasdynamische und gravitative Wechselwirkungen bei Stößen bzw. nahen Vorübergehungen sind

diese galaktischen Subsysteme recht schnell zu dem heutigen amorphen Halo und «Bauch» verschmolzen. Aus dem Restgas bildete sich die Scheibe. Derartige Verschmelzungsvorgänge scheinen bei Sternsystemen nichts Ungewöhnliches zu sein, wie entsprechende Computersimulationen nahelegen. Einige Astronomen nehmen sogar an, elliptische Galaxien verdanken ihre Existenz generell der Verschmelzung kleinerer Galaxien. Trifft dies zu, dann finden wir uns eventuell in wenigen Milliarden Jahren zusammen mit Bewohnern des Andromedanebels und anderer Mitglieder der Lokalen Gruppe in einer riesigen E-Galaxie wieder. Doch das ist bereits ein neues Thema.

Anschrift des Verfassers: Dr. Hans-Erich Fröhlich, Sternwarte Babelsberg, Rosa-Luxemburg-Straße 17a, 0-1591 Potsdam-Babelsberg

Der Heilige Stuhl und seine Astronomen

– Aus der Geschichte der Specola Vaticana –

Uwe Seidenfaden

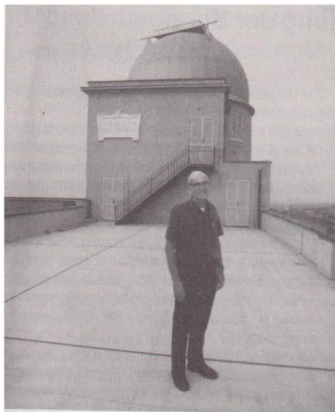
Der Öffentlichkeit hierzulande waren die wissenschaftlichen Arbeiten des Vatikans bestenfalls durch Werturteile, geprägt durch die marxistisch-leninistische Philosophie, bekannt. Leider erfuhr der interessierte Laie auf diese Weise nur sehr wenig von der langen und sehr bemerkenswerten Geschichte der astronomischen Arbeit des Heiligen Stuhls. In der heutigen astronomischen Abteilung, bestehend aus 10 wissenschaftlichen Mitarbeitern, ist Pater *Juan Casanovas* Spezialist für die astronomische Geschichte in der Zeit zwischen *Ptolemäus* und König *Afonso* von Kastilien. Vor seiner Arbeit für den Vatikan war er Chef des Instituto de Astrofísica de Canarias. Der folgende Bericht soll einen kleinen Einblick in die Geschichte der Astronomie des Vatikans geben.

Betrachtet man die historischen Wurzeln des Vatikan Observatoriums, so ist letzteres eines der ältesten astronomischen Institute Europas. Ein steinerner Zeuge der Vergangenheit ist der «Turm der Winde» in der Vatikanstadt innerhalb Roms. Vom Baumeister *Mascherino* 1578 errichtet, verweisen heute nur noch die schönen Innengemälde auf die ehemalige Bestimmung des Bauwerks – astronomische und meteorologische Beobachtungen. Unter *Danti* wurde dieses erste Observatorium zur Über-

prüfung der Gregorianischen Kalendereform genutzt. Im Jahre 1582 gründete Papst *Gregor XIII.* das Römische Kolleg, in dem jesuitische Mathematiker und Astronomen, darunter *Clavius*, aus den Beobachtungsdaten zunächst ein dreibändiges Werk zur Verteidigung der Gregorianischen Kalenderreform erarbeiteten. Doch *Clavius*, übrigens ein guter Freund *Galileis*, der dessen Beobachtungen überprüfte und bestätigte, war wie sein Nachfolger *Kirchner* ein besserer Mathematiker denn ein Astronom.

So wurde in Italien des 17. und 18. Jahrhunderts die astronomische Arbeit des Vatikans vornehmlich in der Emilia Romagna durchgeführt. In Bologna, wo die älteste Universität der Welt heute ein astronomisches Museum beherbergt, wirkten die Astronomen *Manfredi* und *Cassini*. Auch außerhalb des Museums finden sich Reste ihrer Tätigkeit, z. B. in San Petronino. Über dem roten Marmorboden dieser herrlichen Basilika an der Piazza Maggiore verläuft quer durch das Kirchenschiff eine bronzene Schiene, verziert mit Tierkreiszeichen. An ihrem Ende erinnert eine Gedenktafel an die Fertigstellung des berühmten Meridians durch *Gian Domenico Cassini*.

In Napoleonischer Zeit, im Jahre 1787, wurde in Rom ein zweites Observatorium errichtet – ein



Direktor der Specola Vaticana, Prof. George Coyne S. J.

125 m hoher Turm –, der bis zum Jahre 1850 für astronomische Beobachtungen des Römischen Kollegs genutzt wurde. Zuletzt arbeiteten hier die Jesuiten *Dumoucel* und *De Vicos*. Zu den Leistungen *De Vicos* zählt die Entdeckung des Halleyschen Kometen bei seiner Wiederkehr im Jahr 1835 nach Berechnungen *De Vicos*, die Entdeckung von acht neuen Kometen bis zum Jahr 1850, die Berechnung der Umlaufperioden der Saturnmonde Mimas und Enceladus und Versuche, die Rotationsdauer der Venus zu bestimmen. Die Ereignisse des Jahres 1848 und der frühe Tod *De Vicos* unterbrachen die Arbeiten an einem Sternkatalog, der Objekte bis zur 11. Größenklasse zeigen sollte.

1850 begann zugleich eine neue Epoche der astronomischen Arbeit des Vatikans. Der Jesuit *Angelo Secchi* verlegte das Observatorium, einer Idee *Boscovichs* folgend, auf das Dach der Kirche San Ignazio in Rom, von wo aus er mit neuen Instrumenten Doppelsterne, Nebel und Planeten studierte und Fragmente des *Bielaschen* Kometen fand. *Secchis* Interesse galt auch der Physik, im besonderen dem irdischen Magnetismus. Er untersuchte mehr als 4000 Sterne auf der Basis von Ähnlichkeiten in ihrem Spektrum und ordnete sie in 4 Klassen.

Der weltweiten Anerkennung der wissenschaftlichen Arbeiten des Vatikans folgte alsdann eine Ernüchterung. 1870 fiel mit der staatlichen Einheit das

Römische Kolleg an das Land Italien. Der Heilige Stuhl hatte fast alle wissenschaftlichen Forschungsstätten verloren. 21 Jahre später gründete Papst Leo XIII. eine neue Specola Vaticana, deren Observatorium zunächst wieder der alte «Turm der Winde» war. Der Augustiner *Denza* verhalf dem Vatikan erneut zu astronomischem Ansehen durch seine aktive Beteiligung an dem in Paris initiierten Programm der Kartierung des nördlichen Sternhimmels. Die Beobachtungen *Denzas* trugen wesentlich zum Gelingen der «Carte du Ciel» bei. Als der Nachthimmel über Rom zu hell wurde, mußten die astronomischen Arbeiten in Castel Gandolfo (seit Papst Leo XIII. Sommerresidenz des Heiligen Vaters) fortgesetzt werden. In den 30er Jahren unseres Jahrhunderts wurden drei neue Teleskope und ein astrophysikalisches Laboratorium installiert. Die Tradition *Secchis* wird bis zum heutigen Tag fortgesetzt.

Unter dem Jesuiten *Hagen* begannen verschiedene Programme zur Erforschung von veränderlichen Sternen. Der hier entstandene «Atlas Stellarum Variabilium» enthält auf 579 Karten 484 veränderliche Sterne mit 24 000 Bezugssternen. Die Erforschung des Südhimmels mißlang im Jahr 1930 wegen der politischen Probleme in Äthiopien.

Stolz zeigt man mir die von *Carl Zeiss* Jena gelieferte *Schmidt*-Kamera, die 1957 in der Pontificalvilla eingeweiht wurde. Doch da mittlerweile auch der Nachthimmel über Castel Gandolfo zu hell für Beobachtungen geworden ist, plant man im Winter 1991 das Vatikan Advanced Technology Telescope (VATT) – ein Gemeinschaftsprojekt mit der Universität Arizona – auf dem Mount Graham (USA) in Betrieb nehmen zu können. Es wird das erste einer Serie von neuartigen Teleskopen sein, die zum 11-m-Columbus-Teleskop eines europäisch-amerikanischen Konsortiums führen sollen. «Die Möglichkeiten des neuen Teleskopes werden unsere zukünftige Arbeit bestimmen», erklärte der Direktor der Specola Vaticana, Prof. George Coyne S. J. Seit 1979 hat Castel Gandolfo keine großen Beobachtungsprogramme mehr; man nutzt einsteilen die Observatorien in Tucson (USA). Hingegen gibt der Vatikan seit 1986 jungen Astronomie-Studenten aus Entwicklungsländern die Möglichkeit, sich in Castel Gandolfo wissenschaftlich zu profilieren, wenn sie in ihren Ländern keine guten Arbeitsmöglichkeiten haben. Man hofft mit *Carl Zeiss* Jena einen Vertrag zum Bau eines Teleskopes für Peru zu unterzeichnen, welches unter dem Aspekt astronomischer Nächstenliebe Sternfreunde aus der dritten Welt nutzen sollen.

Anschrift des Verfassers: Uwe Seidenfaden, Lübecker Str. 45, O-3018 Magdeburg

Eine Variante für die Behandlung der Sonne

Lutz Clausnitzer

Der gegenwärtig gültige Lehrplan geht in der Stoffeinheit «Die Sonne» von der beobachtbaren Erscheinung zum Wesen dieses Himmelskörpers. Da wir innerhalb einer Stoffeinheit aber nicht zwingend an die vorgegebene Stoffabfolge gebunden sind, gehe ich seit einigen Jahren einen anderen Weg, der sich meines Erachtens sehr gut bewährt hat.

Nach kurzem Vorstellen «unseres Sterns» mit Radius, Masse, mittlerer Dichte und Gravitation widme ich mich sofort der Frage, die sich wohl schon viele Schüler gestellt haben und auf deren Beantwortung sie besonders warten: «Wo kommen die riesigen Energien her, die die Sonne schon seit Jahrmilliarden abstrahlt?» Ich spreche anhand eines Tafelbildes über die Verteilung von Druck, Temperatur und Dichte im Innern der Sonne. Unter Einbeziehung konkreter Vorleistungen aus dem Physikunterricht erarbeite ich im Unterrichtsgespräch das Zustandekommen der Kernfusion $4\left({}_1^1\text{H}\right) \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2\left({}_1^0\text{e}\right)$, die Ablagerung des Reaktionsproduktes Helium im Zentrum der Sonne und die Fortsetzung der Fusion in einer Kugelschale. Im Lehrervortrag wird der langwierige Energietransport bis zur Photosphäre umrissen. Die Begriffe Chromosphäre und Korona werden angefügt. In einer Festigung werden der Schalenaufbau der Sonne und die in den einzelnen Schalen ablaufenden Vorgänge als reproduzierbares Wissen und Können gesichert.

Die Strahlung der Sonne ist dann das Thema der zweiten und die Sonnenaktivität Gegenstand der dritten Stunde. In Vorbereitung dieser dritten Stunde lasse ich von einer Schülergruppe (in meinem Beisein) das Sonnenbild am Schulfernrohr zweimal im Abstand von einigen Tagen skizzieren. Die Schüler gewinnen daraus im Unterricht eine Vorstellung von Größe und Lebensdauer der Sonnenflecken und erkennen die Rotation der Sonne.

Zur Begründung dieser Stoffverteilung möchte ich folgendes anführen:

- Warum soll der Aufbau eines Sterns nicht gleich beim ersten Vertreter dargestellt werden? **Bei der Behandlung der Sternentwicklung kann dann an die Stelle einer Neuvermittlung die Wiederholung treten.**
- Die Erscheinungen der Sonnenaktivität behandle ich erst nach der Energiefreisetzung, **weil sie für das Wesen der Sonne zunächst ohne primäre Bedeutung sind.** Außerdem ist eine Klärung der Ursache von Aktivitätserscheinungen erst bei Kenntnis des Mechanismus der Energiefreisetzung möglich.
- Es zeigt sich, daß der Inhalt der vorgestellten ersten Unterrichtsstunde wohl anspruchsvoll, aber durchaus faßlich ist. Dazu tragen die übersichtliche (weil genetische) Darstellung des Prozesses der Energieumwandlung und des Energietransports, aber auch wesentliche durch das Fach Physik gegebene Vorleistungen bei:
 - elektrostatische Abstoßung gleich geladener Teilchen
 - Abhängigkeit der Teilchenbewegung von der Temperatur eines Stoffs
 - Stoffumwandlung $\text{H} \rightarrow \text{He}$ bei Kernfusion
 - Wärmeströmung
 - Beeinflussung der Bewegung geladener Teilchen durch Magnetfelder
 - Energietransport durch elektromagnetische Wellen.

Umgekehrt wird mit der consequenten Einbeziehung dieser physikalischen Erkenntnisse in den Aneignungsprozeß das Wissen der Schüler gefestigt und vor allem dessen Anwendungsbereitschaft erweitert.

Anschrift des Verfassers: **Lutz Clausnitzer, Nr. 264 O-8715 Obercunnersdorf**

ASTRO – Zeitschrift für Weltraumfahrt, Astronomie und Erdenerkundung

- ASTRO – Artikel, Meldungen, Kommentare und Interviews mit vielen Abbildungen
- ASTRO – Berichte über Astronautik in Europa, USA, UdSSR und anderen Ländern
- ASTRO – Starttabellen aller Satelliten, Rausonden und bemannten Missionen
- ASTRO – Jahresabo mit 8 Heften für nur **40,- DM**; kostenloses Probeexemplar bei:
- ASTRO – **Verlag, Wolfgang Engelhardt, Postfach 50 13 67, W-5000 Köln 50** (Rodenkirchen)
- ASTRO – Sonderangebot für neue Abonnenten: drei Hefte des Vorjahres gratis
- ASTRO – Spezialheft 32 JAHRE USA-RAUMFAHRT mit 128 Seiten für nur **20,- DM**

Modell der Größen- und Entfernungsverhältnisse im Kosmos

Frank Ludwig

Gemessen an irdischen Körpern und Entfernungen sind die Dimensionen im Weltall so unvergleichbar groß, daß sich viele Menschen darüber nur vage Vorstellungen machen können. In dieser Arbeit werden deshalb zwei Maßstäbe vorgestellt, die es jedermann ermöglichen, die Durchmesser- und Entfernungsverhältnisse von Objekten im Kosmos anschaulich zu übersehen.

Angemessener Maßstab für Größen und Entfernungen im Sonnensystem

Es ist ratsam und notwendig, die riesigen Dimensionen, die im All tatsächlich vorhanden sind, auf einen Maßstab zu übertragen, der es jedermann ermöglicht, sich eine klare Vorstellung darüber zu verschaffen. Im folgenden werden zunächst Größenverhältnisse im Sonnensystem (erstes Modell) besser verständlich gemacht. In Tabelle 1 sind im Originalmaßstab die Äquatordurchmesser der Sonne und der großen Planeten sowie die mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne (beide Angaben in Kilometern) zusammengestellt. Dabei bedeuten d die Äquatordurchmesser und r die mittleren Entfernungen von der Sonne.

Diese Angaben im Originalmaßstab, es treten Größenordnungen von 10^7 , 10^8 und 10^9 km auf, stoßen auf beträchtliche Verständnisschwierigkeiten. Es ist sinnvoll, das Sonnensystem so zusammenschrumpfen zu lassen und den Maßstab so zu ändern, daß es, gemessen an irdischen Entfernungen, übersichtlich wird. Dies leistet eine Maßstabsänderung von $1:10^{10}$ (rechte Seite Tabelle 1). In diesem Fall wird

die Sonne zu einem kleinen Ball von 13,9 cm Durchmesser, Erde und Venus sind dann mit einem Stecknadelkopf vergleichbar, Jupiter und Saturn sind mit Kirschen, Uranus und Neptun mit Erbsen vergleichbar. Der Mond (Durchmesser 3 476 km; mittlere Entfernung von der Erde 384 000 km) wäre in diesem Modell ein Sandkorn, welches sich knapp 4 cm von einem Stecknadelkopf, der Erde, entfernt befindet.

Die Entfernungen der Planeten von der Sonne betragen in diesem Maßstab wenige Meter bis einige Hundert Meter (s. Tabelle 1). Als Spaziergänger auf der Erde kann man sich diese Abstandsverhältnisse sehr gut vorstellen. Es zeigt sich, daß die maßstäbliche Änderung $1:10^{10}$ günstig gewählt ist. In mancher Literatur sind andere, weniger übersichtliche Maßstäbe zu finden. Vergleicht man die in Tabelle 1 im Modellmaßstab eingetragenen Durchmesser- und Entfernungswerte, kann man auch Rückschlüsse auf die Größe der Winkeldurchmesser ziehen. So ist z.B. ein kleiner Ball von 13,9 cm Durchmesser in 15 m Entfernung unter dem gleichen Winkel zu sehen wie die Sonne von der Erde aus. In einer Entfernung von etwa 30 m bis 50 m befindet sich im Modell der Asteroidengürtel. Er bestünde aus einer Wolke feinsten Staubes. Die Asteroidendurchmesser würden etwa zwischen 0,0005 und 0,1 mm liegen.

Angemessener Maßstab für die Entfernungen in der Galaxis und im lokalen Superhaufen

Der für das Sonnensystem verwendete Modellmaßstab gestattet nur noch bezüglich der Sterndurch-

Tabelle 1: Durchmesser und Entfernungen von Objekten des Sonnensystems, links im Originalmaßstab, rechts im Modellmaßstab $1:10^{10}$

Objekt	Originalmaßstab		Modellmaßstab $1:10^{10}$	
	d in km	r in km	d in mm	r in m
Sonne	1 392 000	—	139,20	—
Merkur	4 900	$5,8 \times 10^7$	0,49	5,8
Venus	12 100	$1,1 \times 10^8$	1,21	11,0
Erde	12 800	$1,5 \times 10^8$	1,28	15,0
Mars	6 800	$2,3 \times 10^8$	0,68	23,0
Jupiter	142 200	$7,8 \times 10^8$	14,22	78,0
Saturn	119 300	$1,4 \times 10^9$	11,93	140,0
Uranus	51 800	$2,9 \times 10^9$	5,18	290,0
Neptun	49 500	$4,5 \times 10^9$	4,95	450,0
Pluto	3 000 (unsicher)	$5,9 \times 10^9$	0,30 (unsicher)	590,0

Tabelle 2

Entfernungen einiger Objekte unseres Milchstraßensystems und von drei außergalaktischen Systemen in Lichtjahren. Im zweiten Modell ist die Angabe in Lichtjahren (ly) identisch einer Angabe in Metern!

Objekte	Entfernungen
Proxima Centauri	4,3 ly
Sirius (α CMA)	8,8 ly
Wega (α Lyr)	26 ly
Aldebaran (α Tau)	68 ly
Antares (α Sco)	420 ly
Polarstern (α UMi)	650 ly
Deneb (α Cyg)	1 600 ly
$h + \alpha$ Per (offene Sternhaufen)	7 300 ly
M 13 (Kugelhaufen)	22 500 ly
Zentrum der Galaxis	35 000 ly
M 3 (Kugelhaufen)	45 000 ly
Andromedanebel M 31	2×10^6 ly
Virgohaufen (lokaler Superhaufen)	80×10^6 ly
3 C 48 (Quasar)	$7,2 \times 10^9$ ly

messer eine verständliche Darstellung. Wie bereits angegeben, beträgt der Sonnendurchmesser in dem bisherigen Modell 13,9 cm. Es gibt aber Sterne, die einen wesentlich größeren Durchmesser besitzen. Solche Sterne sind die Riesen- und Überriesensterne. Beispielsweise ist der Arctur (α Boo) 26mal, der Antares (α Sco) sogar 740mal größer als die Sonne. Bleibt man bei der zunächst eingeführten Maßstabsänderung von $1 : 10^{10}$, hätte Arctur einen Durchmesser von 3,6 m, Antares sogar einen Durchmesser von 103 m.

Die Durchmesser derartiger Riesensterne kann man nach dem benutzten Modell etwa mit der Kugel vom Berliner Fernsehturm ($d \approx 32$ m) vergleichen. Bei Antares wäre der Durchmesser noch um den Faktor 3 größer.

Für die riesigen Entfernungen der Objekte im Milchstraßensystem und den viel größeren im außergalaktischen Raum, reicht das bisherige Modell bei weitem nicht mehr aus. Es wird deshalb zur Darstellung der Weiten des Kosmos eine zweite Maßstabsänderung vorgenommen, eine Maßstabsverkürzung von $1 : 10^{16}$. Der Durchmesser unseres Sonnensystems, definiert durch die Plutobahn, beträgt nach dem ersten Modell 1 180 m. Nach dem zweiten Modell, bei dem der Maßstab nochmals um den Faktor $1 : 10^6$ verkürzt wird, schrumpft der Durchmesser unseres Planetensystems auf 1,2 mm zusammen. In diesem Fall würde sich der äußerste Planet des Sonnensystems, Pluto, immer noch innerhalb eines Stecknadelkopfes bewegen.

Da ein Lichtjahr $9,46 \times 10^{15}$ beträgt, ist nach dem neuen Maßstab eine Entfernungsangabe in Lichtjahren fast genau identisch einer Angabe in Metern. Diese Festlegung vereinfacht das Ziel, sich eine plausible Vorstellung über größere Entfernungen zu machen sehr, da die Astronomen diese in Lichtjah-

ren bzw. in Parsec ($1 \text{ pc} = 3,26 \text{ ly}$) angeben. In dem letztgenannten Modell wäre der Andromedanebel M 31, die größte der uns benachbarten Galaxien, 2 000 km entfernt, was der Entfernung Berlin–Moskau entspricht. Der Virgohaufen, das Zentrum des lokalen Superhaufens, würde sich in einer Entfernung von 80 000 km befinden. Diese Modellentfernung entspricht der Strecke des doppelten Erdumfangs oder auch 1/5 der Strecke Erde–Mond.

Schlußbemerkung

Der Virgohaufen ist bei weitem nicht das entfernteste Objekt im Kosmos. Mittlerweile kennt man Objekte, die um den Faktor 100, ja sogar etwa um den Faktor 200 weiter entfernt sind als der Virgohaufen. Solche Objekte sind z. B. der Quasar 3 C 273 (Entfernung $3,1 \times 10^9$ ly; Entfernung nach dem zweiten Modell $3,1 \times 10^6$ km) oder der Quasar 3 C 48 (Entfernung $7,2 \times 10^9$ ly; Modellentfernung $7,2 \times 10^6$ km). Die am weitesten entfernten Quasare, die heute bekannt sind, befinden sich etwa in 18×10^9 ly Entfernung, was im zweiten Modell einer Strecke von 18×10^6 km entspricht, also etwa mehr als 1/10 der Strecke Erde–Sonne.

Wenn man bis an den Rand des beobachteten Kosmos vorstößt, scheinen auch nach dem zweiten Modell die Weiten des Universums fast den Rahmen unseres Vorstellungsvermögens zu sprengen. Trotzdem soll nicht noch ein drittes Modell eingeführt werden, was durchaus möglich wäre, aber sicher die Übersicht erschwert. Es ist schon beeindruckend festzustellen, daß der Durchmesser unseres Sonnensystems nach dem Modell $1 : 10^{16}$ die Größe eines Stecknadelkopfes hat und im Vergleich dazu die entferntesten Quasare in einer 45mal größeren Entfernung unseres Mondes bzw. in etwa 1/10 der Entfernung Erde–Sonne liegen würden. Modelle vermitteln einen imposanten Eindruck über die gewaltigen Dimensionen des Weltalls, in dem der unbeschreiblich viel kleinere Mensch lebt und den Kosmos, die Vielzahl der Sterne und Galaxien, erforscht.

Anschritt des Verfassers: **Frank Ludwig, Pfälzerstraße 8, O-6900 Jena**

Experimente zur Strahlungsmessung mit einem Fototransistor

Klaus Hohmann

Experimente zur Strahlungsmessung sind eine Möglichkeit, im Astronomieunterricht das Wissen und Können der Schüler aus dem Physikunterricht intensiv zu nutzen und Ergebnisse der astronomischen Forschung im Zusammenhang mit den angewendeten Methoden zu behandeln. Die Schüler erleben, wie elektronische Bauelemente, die aus dem Physikunterricht der Klassen 9 und 10 bekannt sind, eingesetzt werden können.

Meßprinzip

Im Bild 1 ist die Grundschialtung dargestellt, die bei den nachfolgenden Experimenten eingesetzt wird. Das Prinzip bei diesen Strahlungsmessungen besteht darin, daß elektromagnetische Strahlung in Wechselwirkung mit dem strahlungsempfindlichen Material eines Fototransistors (FT) tritt. Der nachfolgenden Verstärkung der meist geringen Lichtintensitäten dient ein einfacher Operationsverstärker (OV). Die Anzeige der Fotospannung kann günstig mit einem Meßgerät vom Typ DsD im Meßbereich 10 V oder dem Schülermeßgerät Polytest 1 (Meßbereich 10 V) erfolgen.

Der Fototransistor entspricht in seiner Wirkungsweise einer Fotodiode mit nachgeschaltetem Verstärker. Seine spektrale Empfindlichkeit wird durch das verwendete Silizium bestimmt und liegt zwischen 450 und 1 050 nm; das Empfindlichkeitsmaximum wird bei 780 bis 850 nm angegeben. Unter dem nachgeschalteten Operationsverstärker versteht man einen mehrstufigen integrierten Gleichspannungsverstärker, dessen Eigenschaften maßgeblich durch die äußere Beschaltung beeinflusst werden. Für die Verstärkung des dargestellten OV gilt $V = R_2/R_1$. Wählt man für R_2 einen Einstellregler, so hat man einen Verstärker mit veränderlicher Verstärkung.

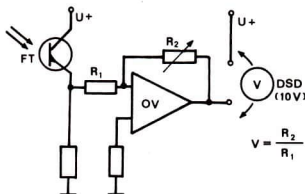


Bild 1: Grundschialtung für eine Lichtmessung

Aufbau der Schaltung

Wie dem Stromlaufplan, Bild 2, zu entnehmen ist, benötigt man zum Aufbau der Schaltung neben den OV B 761 oder B 861 einen Einschaltregler, 4 Festwiderstände, einen Kondensator, einen Fototransistor aus der SP-Reihe und evtl. noch einen Mini-plastbasteltransistor. Die Schaltkreise sind im Bastlerbeutel 13 enthalten, der, wie alle anderen Bauele-

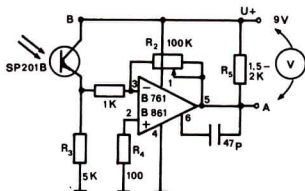


Bild 2: Stromlaufplan eines Fototransistors mit Operationsverstärker

mente, preiswert in Elektronikfachgeschäften zu kaufen ist.

Bild 3 zeigt den OV mit seinen Anschlüssen in der Draufsicht. Es ist beim Einbau zu beachten, daß die Kerbe am Schaltkreisgehäuse links liegt, damit die Anschlußbelegung stimmt! Im Gegensatz zu anderen Operationsverstärkern benötigt dieser eine in einem weiten Bereich wählbare Betriebsspannung. Sie kann beim B 761 zwischen 1,5 ... 18 V und beim B 861 zwischen 1,5 ... 10 V eingestellt werden. Da Fototransistoren Bauelemente mit Sperrschichtverhalten sind, muß man deren Anschlußlage beim Einbau beachten (Seite 18, Bild 4). Andernfalls wird keine oder nur eine sehr geringe Spannung angezeigt. Für den sicheren Aufbau der Bauelemente wird eine Leiterplatte nach Bild 5 (Seite 18) benötigt.



Bild 3: 1 U+ positive Betriebsspannung
2 + E nicht invertierender Eingang
3 - E invertierender Eingang
4 U- negative Betriebsspannung
5 A Ausgang
6 FQ Frequenzkompensation

Bild 3: Anschlußbelegung der Operationsverstärker B 761 und B 861

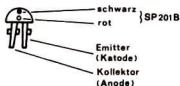


Bild 4: Anschlußbelegung des Fototransistors

Am besten bittet man den Leiter der AG Elektronik oder einen Physiklehrer, die Leiterplatte nach der Vorlage des Bildes 5 zu zeichnen und bei Gelegenheit zu ätzen. Einige Schüler der Oberstufe kennen sich erfahrungsgemäß auch in der Technik des Ätzens aus. Auf ein Ätzen der Leiterplatte kann notfalls verzichtet werden, wenn ein Stück Universalleiterplatte verwendet wird.

Die Platine wird zunächst mit den Widerständen bestückt. Für R_2 kann auch ein Festwiderstand eingesetzt werden, wenn man auf eine Verstärkeinstellung verzichten will. Beim Bau des Fototransistors ist darauf zu achten, daß dessen Kollektor an U_+ und der Emitter an R_1 angeschlossen werden. Die Schaltkreisanschlüsse (1) U_+ und (4) U_- gehören an eine Gleichspannungsquelle. Hier eignen sich Batterien für 4,5 oder 9 V. Keinesfalls dürfen die Anschlüsse der Spannungsquelle vertauscht werden, das würde den OV zerstören! Die fertige Schaltung kann leiterseitig mit Spiritus abgewaschen und dann mit Haarspray versiegelt werden, damit Verunreinigungen nicht die Funktion beeinträchtigen. Die Schaltung wird überprüft, indem man die Beleuchtungsstärke des Fototransistors ändert und dabei mit einem Spannungsmesser (10 V) zwischen Ausgang (5) und U_+ mißt. Eine weitere Empfindlichkeitssteigerung wird erreicht, wenn der Fototransistor mit einem npn-Transistor nach Bild 6 verbunden wird. Der

geringe Kollektorstrom des Fototransistors wird dadurch verstärkt dem OV zugeführt.

Für Untersuchungen im Spektrum ist es günstig, den Fototransistor über eine längere Zuleitung an einen kleinen Stativstab aus Plast anzubringen und in einem T-Fuß aus dem Schülerexperimentgerät Optik zu befestigen. Will man Streulicht abschirmen, so kann die Leiterplatte kreisrund angefertigt werden. Der Durchmesser sollte dem einer leeren Spraydose entsprechen. Den Fototransistor löten wir unmittelbar in den Mittelpunkt der Leiterplatte und kleben das Ganze in die aus der Spraydose gefertigte Röhre. Mit etwas Geschick kann auch noch eine kleine 9 V-Batterie hinter der Leiterplatte in diesem Tubus untergebracht werden. Es führen dann nur die beiden

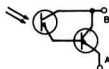


Bild 6: Fototransistor-Darlingtonstufe mit npn-Transistor

Anschlüsse für den Spannungsmesser nach außen. Die Schaltung auf der kreisrunden Platine ist so flach, daß sie auch in der Blendscheibe (56) des neuen Wellenoptiksatzes untergebracht werden kann.

Für alle Versuche ist wegen der hohen Empfindlichkeit der Anforderung eine ausreichende Raumverdunklung erforderlich. Die Spektren können mit einfachen Mitteln in der üblichen Art erzeugt werden und brauchen nicht besonders intensiv zu sein. Der Lichteinfall muß wegen der starken Richtcharakteristik des Fototransistors möglichst genau in Richtung seiner Symmetrieachse erfolgen.

Verdichtung des Energiestroms im Fernrohr

Eine Experimentierleuchte aus der Physiksammlung wird im abgedunkelten Raum vor Unterrichtsbeginn möglichst weit vom Lichtempfänger aufgestellt und mit ausreichender Lichtstärke punktförmig auf diesen ausgerichtet. Anschließend wird die Lichtstärke so weit vermindert, daß gerade keine Fotospannung mehr nachweisbar ist. Bringt man im Unterrichtsstellvertretend für das Fernrohr – das Fernrohrokular oder eine Sammellinse etwa im Abstand der Brennweite vor den Lichtempfänger, ist wieder eine deutliche Fotospannung nachweisbar. Der Versuch belegt, daß Fernrohre lichtstarke Abbildungen von punktförmigen Lichtquellen erzeugen.

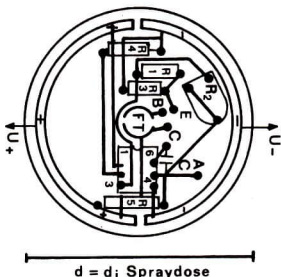


Bild 5: Leiterplatte mit Bestückung (Sicht auf Bauelementenseite)

Prinzip der Helligkeitsmessung

Das Prinzip der Bestimmung der scheinbaren Helligkeit eines Sterns kann demonstriert werden, indem die Helligkeit der Lichtquelle variiert wird oder Lichtquellen unterschiedlicher Intensität auf den Fototransistor ausgerichtet werden.

Energieverteilung im Spektrum; UR-UV-Nachweis

Im Unterricht erfahren die Schüler, daß die Temperatur aus der spektralen Energieverteilung eines Sterns ablesbar ist. Die unterschiedliche spektrale Energieverteilung läßt sich zeigen, indem man den Fototransistor durch ein Spektrum bewegt und dabei die Spannung mißt. Die grafische Darstellung der gemessenen Spannung als Funktion der Wellenlänge entspricht etwa der üblichen Kurvenform. Im Unterricht wird man sich aus Zeitgründen mit einem langsamen «Abfahren» des Spektrums mit dem Strahlungsempfänger begnügen. Die unterschiedliche Energieverteilung mit ihrem Maximum bei Rot ist gut zu erkennen. Auch der Ultrarot- und der Ultravio-

lett-Bereich noch überzeugend nachgewiesen werden.

Wiensches Vertriebsgesetz

Vergrößert man die Temperatur einer Lichtquelle und untersucht deren Spektrum, zeigt sich, daß im gesamten Spektralbereich die Intensitäten über der einer Lichtquelle mit niedrigerer Temperatur liegen. Weiter ist festzustellen, daß sich die Maxima in Richtung kürzerer Wellenlängen verschieben. Der Versuch läßt sich gut so durchführen, daß man vom lichtstärkeren Spektrum ausgeht und den Lichtempfänger auf das Maximum ausrichtet. Es sollte gerade die maximale Spannung angezeigt werden. Nun vermindert man die Temperatur der Lichtquelle stark, indem die Spannung an der Experimentierleuchte verringert wird. Das Spektrum ist kaum noch zu sehen. Die angezeigte Spannung geht auf Null. Jetzt wird der Lichtempfänger in die Richtung verschoben, in der das neue, aber geringere, Maximum erwartet wird. Diese Stelle ist erreicht, wenn der Spannungsmesser wieder einen deutlichen Wert anzeigt.

Anschrift des Verfassers: **Klaus Hohmann, Gerhard-Rund-Oberschule, O-5812 Waltershausen**

Olbers -Gesellschaft Bremen e.V.

Hans-Joachim Leue

Die Gründung der *Olbers*-Gesellschaft als eingetragener Verein erfolgte 1920. Der ehrgeizige Plan, eine eigene Sternwarte zu bauen, wurde durch die Inflation zunichte gemacht. Dennoch konnte 1924 auf dem Turm der Bremer Seefahrtsschule eine kleine Sternwarte eingeweiht werden.

Bis zum zweiten Weltkrieg entwickelte sich eine rege Vereinstätigkeit. So fanden schon damals regelmäßig am Sonnabend Führungen für die Öffentlichkeit in der Sternwarte statt.

Bei den alliierten Bombenangriffen auf Bremen wurde auch die Seefahrtsschule und mit ihr die Sternwarte zerstört. Einzig der 1921 angeschaffte 90-mm-Refraktor von Zeiss überstand den Krieg und dient noch heute als Beobachtungsinstrument.

Schon 1946 erteilte die US-Militärregierung die Erlaubnis zur Wiedergründung der *Olbers*-Gesellschaft. 1947 wurden dann die ersten öffentlichen Führungen aufgenommen. 1949 erhielt die Seefahrtsschule wieder ein festes Haus. Die *Olbers*-Ge-

sellschaft durfte mit der Aufstellung des 90-mm-Refraktors unter einer abfahrbaren Schutzhütte auf der Beobachtungsterrasse eine kleine Sternwarte betreiben. 1952 wurde in der Seefahrtsschule ein Planetarium eingeweiht, dessen Benutzung auch der *Olbers*-Gesellschaft gestattet war. Das gab natürlich einen großen Aufschwung in der himmelskundlichen Arbeit für Bremens Schulen und Bevölkerung.

In diesem Planetarium wurden in den Jahren 1954 bis 1956 von den Ornithologen Dr. E. und F. Sauer Untersuchungen über die nächtliche Orientierung der Grasmücken nach den Sternen (Vogelzug) angestellt.

Mit dem Neubau einer modernen Seefahrtsschule – heute der Fachbereich Nautik der Hochschule Bremen – fand die *Olbers*-Gesellschaft ihr heutiges Zuhause. 1958 fand die Einweihung der neuen Sternwarte statt. Das Hauptgerät war damals ein 18-Zoll-Spiegelteleskop von 435 mm Durchmesser und

2650 mm Brennweite, durchbohrt zur Benutzung im Cassegrain-Fokus, mit einem Planspiegel 100 mm×140 mm für das Newton-System und einem Konvexspiegel von 140 mm Durchmesser für das Cassegrain-System von 8 100 mm Brennweite.

Die zunehmende Lichterfülle war 1987 der Grund, das Teleskop abzubauen. Ein Spiegel dieser Größe konnte am Standort in der Bremer Innenstadt nicht mehr ausgenutzt werden. Er war mehr und mehr zu einem reinen Schauobjekt geworden.

Schon in den ersten Jahren der Arbeit in der *Olbers*-Gesellschaft war es wichtig, die Mitglieder durch ein Mitteilungsblatt fester aneinanderzubinden. Die Nr. 1 erschien 1921. Dreißig Jahre später, 1951, gab es dann eine Neuauflage mit den «Nachrichten der *Olbers*-Gesellschaft». Inzwischen sind wiederum fast vierzig Jahre vergangen; Aufmachung und Auflage haben sich verändert, doch auch mit der aktuellen Ausgabe Nr. 150 bilden die *Olbers*-Nachrichten immer noch ein wichtiges Bindeglied zwischen den heute etwa 600 Mitgliedern.

Die letzten vierzig Jahre der *Olbers*-Gesellschaft wurden geprägt durch unseren heutigen Ehrenvorsitzenden *Dr. Walter Stein*.

Planetarium

Das Planetarium im Erdgeschoß der Hochschule Bremen, Fachbereich Nautik, bietet 45 Personen die Möglichkeit, die Sternbilder der Nord- und Südhemisphäre ohne Beeinträchtigung von Luftunruhe oder Aufhellung durch Straßenbeleuchtung zu bewundern. Das ursprünglich von der Seefahrtsschule in Walle mitgebrachte Kleinplanetarium, welches nur Teil der Südhalbkugel zeigen konnte, wurde 1979 durch ein *Zeiss*/Jena-Planetariumsgerät ZKP 2-Sky-master ersetzt.

Primär für die nautische Schulung eingesetzt, werden heute Bremer Schüler sowie die Besucher der *Olbers*-Gesellschaft mit Hilfe des Gerätes und etlicher Zusatzprojektoren mit dem Lauf der Gestirne, den Schleifenbewegungen der Planeten, der Entstehung von Sonnen- und Mondfinsternissen vertraut gemacht.

Die meist jungen Referenten aus dem Kreis der Arbeitsgruppen verbinden oft die himmelskundliche Führung mit Hilfe des Planetariumsgerätes mit einem Exkurs in spezielle astronomische Themen – wie Sternentstehung, Schwarze Löcher – oder mit Erfahrungsberichten aus eigenen Beobachtungen. Die Planetariums-Vorträge sind so stark besucht, daß oft zwei Referate am selben Abend gehalten werden müssen.

Sternwarte

Die Sternwarte im Dachgeschoß der Hochschule dient in der Hauptsache der Öffentlichkeitsarbeit. Sie besteht aus einem Kuppelraum, einem sogenannten Berechnungsraum, einer Dunkelkammer und einer 85 Quadratmeter großen Beobachtungsterrasse.

Jährlich nehmen ca. 2 500 Personen an solchen Führungen teil. Dazu kommen pro Jahr noch ca. 1 200 Jugendliche, denen durch die Schule ein Planetariumsbesuch ermöglicht wird. Mitglieder der Arbeitsgruppen stehen für Erläuterungen oder Kurzreferate dem Besucher zur Seite.

Das Hauptinstrument unter der 4-m-Kuppel ist ein *Zeiss*-Refraktor mit 135 mm Linsendurchmesser und 1 950 mm Brennweite (S. 2. Umschlagseite). Aus dem Kuppelraum lassen sich mittels spezieller Laufvorrichtungen zwei Geräte auf die Beobachtungsterrasse hinausgefahren. Es sind dies der über den Krieg gerettet 90-mm-*Zeiss*-Refraktor (Brennweite 1 700 mm) und der von einem Mitglied gebaute binokulare Schiefspiegler mit 115 mm Spiegeldurchmesser und 2 700 Brennweite.

Außenstelle

Mit der Errichtung der Außenstelle in Melchiorshausen vor den Toren Bremens durch Mitglieder der Gesellschaft im Jahre 1970 ging ein langgehegter Wunsch derjenigen Aktiven in Erfüllung, die schon lange eine von Luftverschmutzung und Beleuchtung einigermaßen unbeeinträchtigte Beobachtung ersehnt hatten. Das Gebäude ist ein Rechteckbau mit einem großen Beobachtungs- und Aufenthaltstraum. Das zur Hälfte abfahrbare Spitzdach ermöglicht eine Rundumbeobachtung mit Ausnahme der durch die Bremer Stadtbeleuchtung ohnehin gestörten nördlichen Himmelsregion.

Die instrumentelle Grundausrüstung besteht aus einem Newton-Spiegelteleskop mit 250 mm Spiegeldurchmesser und 1 750 mm Brennweite auf einer paralaktischen Montierung mit elektrischer Nachführung. Mit diesem Gerät wurden viele Himmelsaufnahmen von galaktischen Objekten gemacht (s. auch 3. Umschlagseite). Das Spiegelfernrohr kann gegen ein Linsenfernrohr mit 3500 mm Brennweite zur Planeten- und Mondbeobachtung, ein Protuberanzfernrohr oder gegen ein fotografisches Spiegelfernrohr ausgetauscht werden.

Die Außenstelle ist, im Gegensatz zu Sternwarte in Bremen, zu jeder Tages- und Nachtzeit benutzbar.

Bildungsarbeit

Die Bücherei mit ca. 1 300 Exemplaren ermöglicht den Mitgliedern, sich autodidaktisch weiterzubilden

und Einblicke in die moderne astronomische Forschung zu gewinnen. Zur Bildungsarbeit zählen Fachreferate von Wissenschaftlern über aktuelle astronomische Themen oder verwandte Fachgebiete. Die Vorträge werden zum Teil mit anderen naturwissenschaftlichen Institutionen Bremens veranstaltet.

Im Winterhalbjahr wird wöchentlich ein Planetariumsabend mit anschließender Beobachtung in der Sternwarte durchgeführt. Ausflugsfahrten zu Sternwarten, Instituten oder anderen astronomischen Vereinigungen vervollständigen das Bildungsangebot.

In Arbeitsgemeinschaften wird astronomisches Grundwissen erarbeitet, werden Geräte und Hilfsmittel für die praktische Beobachtung entworfen und gebaut. Für mechanische Arbeiten steht in der Hochschule eine vereinseigene Werkstatt zur Verfügung.

In Kolloquien berichten Mitglieder der Arbeitsgruppen aus ihrer Tätigkeit oder referieren über erarbeitete Themenkreise. Gerade durch die Vereinigung vieler naturwissenschaftlicher Disziplinen ist das Hobby Astronomie so interessant: Mathematiker, Physiker, Elektroniker oder Mechaniker finden – ebenso wie Computer-Freaks oder Fotografen – ein weites Betätigungsfeld. Nicht vergessen werden darf der Einsatz der Mitarbeiter, die nicht primär astronomisch motiviert sind, sondern durch organisatorische Dienste – wie Kassen- und Büchereibetreuung, Koordinierung der Beobachtungsabende oder das Schreiben der Vereinsnachrichten – den Verein unterstützen. Die Tätigkeiten der Planetariumsreferenten, in den Arbeitsgruppen und die des Vorstandes sind ehrenamtliche Leistungen.

Anschrift des Verfassers: **Hans-Joachim Leue, Werderstraße 73, W-2800 Bremen.**

B Beobachtung

Der Mond bedeckt Antares

Nur wenige der ganz hellen Sterne befinden sich so nahe der Ekliptik, daß sie gelegentlich vom Mond bedeckt werden können. Regulus im Löwen und Pollux in den Zwillingen gehören dazu, auch Spica in der Jungfrau liegt mit etwas über 2° Abstand von der Ekliptik innerhalb der reichlich 10° breiten Bedeckungszone. Aldebaran im Stier ist schon ein seltener Grenzfall.

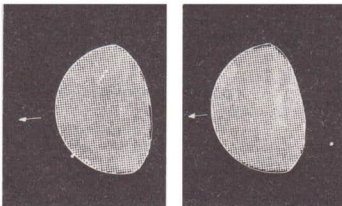
Antares im Skorpion befindet sich 4,6° südlich der Ekliptik. Er kann also durchaus vom Mond, dessen Bahn ja mehr als 5° gegen die Tierkreislinie geneigt ist, erreicht und zeitweise bedeckt werden. Eben dies wird in den frühen Morgenstunden des 4. April 1991 geschehen. Die Bedeckung eines so hellen Objektes – Antares ist im Visuellen ein Stern der Größenklasse + 0,98 – kommt nicht sehr oft vor, deshalb lohnt sich eine Beobachtung des Ereignisses trotz der unfreundlichen Tageszeit.

Die Bedeckung beginnt – für einen Beobachter in Berlin – um 4^h 23^m Sommerzeit am hellen Rand des abnehmenden Mondes, sie endet in der anbrechenden Morgendämmerung um 5^h 31^m am

dunklen Mondrand. Für andere Beobachtungsorte in Deutschland gelten andere Zeiten, die sich jedoch höchstens um 10 min von den oben angegebenen unterscheiden. Während der Bedeckung befindet sich der Mond in etwa 12° Höhe über dem Südhorizont.

Das Wiedererscheinen des Sterns am dunklen Mondrand ist stets eine Überraschung. Besonders groß ist sie für denjenigen, der erwartet hat, den Stern am Terminator wieder auftauchen zu sehen; und diese Erwartung hegen sicher nicht wenige Schüler. Weshalb der Stern nicht am «sichtbaren rechten Mondrand» erscheint, ist also durchaus eine Diskussion wert. Auch die Frage, was für eine Art von Bewegung zu beobachten ist, kann aufschlußreiche Erörterungen auslösen, denn immerhin stehen nicht weniger als vier Möglichkeiten zur Auswahl:

1. die wahre Bewegung der Erde um die Sonne,
2. die scheinbare Bewegung der Sterne um die Himmelsachse,
3. die wahre Bewegung des Mondes um die Erde und
4. die scheinbare Bewegung des Mondes infolge der Erddrehung.



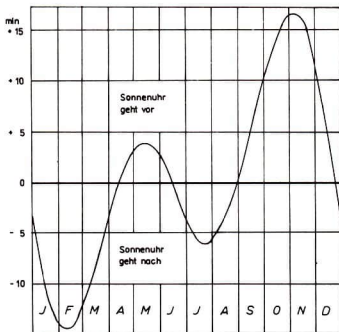
Die Abbildung zeigt die Stellungen von Mond und Stern im Moment des Eintritts und des Austritts, Süden ist unten. Bei Beobachtung mit einem Fernrohr muß die Bildumkehr berücksichtigt werden, die Abbildung ist dann um 180° zu drehen. Der Pfeil gibt in beiden Fällen die Richtung der Mondbewegung relativ zu Antares an.

Die Abende werden wieder länger

Aufmerksamen Beobachtern wird es nicht entgehen: Die Sonne hat ihren tiefsten Stand überwunden, und nach den Wochen der langen, dunklen Winternächte macht sich nun ein erster astronomischer Vorboten des Frühlings bemerkbar. «Die Abende werden wieder länger», es wird später dunkel. Neben der Veränderung im Anblick des Sternhimmels – Mitte Februar um 22 Uhr steht der Orion schon weit im Südwesten, und im Osten ziehen die Frühlingssternbilder Löwe und Jungfrau herauf – ist diese Verlängerung des lichten Tages der auffälligste Hinweis auf das bevorstehende Ende des Winters.

Bemerkenswert ist jedoch, daß sich diese Verlängerung der (theoretischen) Sonnenscheindauer nicht gleichmäßig auf den Morgen und den Abend verteilt. Nur zögernd will es morgens zeitiger hell werden. Während (auf 51° nördlicher Breite) die Aufgangszeit der Sonne sich im Laufe des Januar lediglich um 20 Minuten verfrüht, verlagert sich die Untergangszeit unseres Tagesgestirns im gleichen Zeitraum um das Doppelte! Dieses spürbare Ungleichgewicht zwischen der vormittäglichen und der nachmittäglichen Sonnenscheindauer bleibt den ganzen Februar hindurch erhalten; erst im März beginnt ein rascher Ausgleich, und Mitte April ist der Gleichstand wieder erreicht.

Die Ursache dafür, daß in den ersten beiden Monaten des Jahres die Zunahme der Tageslänge vor allem durch das «Längerwerden der Abende» ausfällt, ist die Zeitgleichung. Sie gibt an, um wieviel Minuten die gedachte mittlere Sonne (nach der unsere Normaluhren gehen) vor oder nach der wahren Sonne (deren Stand die Sonnenuhren anzeigen) kulminiert. Im Februar bleibt die wahre Sonne hinter der mittleren Sonne zurück; sie hat also um 12 Uhr MEZ ihren Kulminationspunkt noch nicht erreicht. Die scheinbare Bahn am Himmel, die sie von 12 Uhr an beschreibt, ist folglich länger als der halbe Tagbogen.



Die Abbildung zeigt den Verlauf der Zeitgleichung während eines Jahres. Man erkennt, daß im Oktober und im November die entgegengesetzte Situation eintritt. Die Sonne kulminiert dann bereits vor 12 Uhr MEZ; der nachmittägliche Teil des Tagbogens ist kürzer als der vormittägliche, und es wird abends schnell zeitiger dunkel. Die beiden kleineren Extremwerte der Zeitgleichungskurve im Mai und im Juni wirken sich nicht spürbar aus.

Wie entsteht die Zeitgleichung? Bekanntlich ist die Bahngeschwindigkeit eines Planeten beim Umlauf um die Sonne nicht konstant. Im Sonnennähe ist sie größer als im sonnenfernen Bahnabschnitt. Das gilt selbstverständlich auch für die Erde, und deshalb bewegt sich, von der Erde aus gesehen, die wahre Sonne im Winter schneller und im Sommer langsamer als eine gedachte mittlere Sonne. Dieser Ungleichförmigkeit überlagert sich eine weitere. Sie ergibt sich daraus, daß – wiederum von der Erde aus gesehen – die jährliche Bewegung der wahren Sonne auf einer zur Richtung der täglichen Bewegung geneigten Ebene, der Ekliptik, erfolgt. Deshalb eignet sich die wahre Sonne nicht als Zeitmarke. Die mittlere Sonne, von deren gedachter scheinbarer Bewegung die mittlere Sonnenzeit abgeleitet ist, beschreibt dagegen eine fiktive jährliche Bahn mit gleichbleibender Geschwindigkeit auf dem Äquator. Das »Längerwerden der Abende« im Spätwinter ist eine direkte Beobachtung der Zeitgleichung!

Literatur: **Jörg Lichtenfeld**, Ermittlung der Zeitgleichung. Karteikarte „Aufgaben für fakultative Kurse“; Beilage zu AS 24 (1987), 1.

Klaus Lindner



Offizieller Betriebsbeginn von Gallex

Das Europäische Gallium-Experiment (»Gallex«) zum Nachweis von Neutrinos aus der Sonne wurde am 30. November 1990 offiziell in Betrieb genommen. Ziel von Gallex ist, mit Hilfe von 30,3 Tonnen Gallium die aus dem Inneren der Sonne kommenden Neutrinos (= »das kleine Neutrale«) nachzuweisen. Diese Elementarteilchen entstehen bei der Energie-Erzeugung in Sternen. Doch anders als Licht, das Millionen Jahre braucht, bis es an die Sternoberfläche gelangt, können Neutrinos sofort den Ort ihrer Entstehung verlassen und bereits acht Minuten später die Erde erreichen: Sie liefern also direkte Informationen über die kernphysikalischen Vorgänge im »Ofen« unserer Sonne.

Auf ihrem Weg zur Erde können die Neutrinos Veränderungen erfahren, sofern sie – anders als Photonen (= »Lichtteilchen«) – eine Masse besitzen. Gallex studiert damit auch fundamentale Eigenschaften von Elementarteilchen; es besteht also eine echte Symbiose von Elementarteilchen – und Astrophysik.

Beim Durchqueren des Gallex-Detektors im Gran Sasso-Tunnel geschieht es gelegentlich, daß ein Neutrino mit einem Gallium-Atom zusammenstößt. Dann entsteht ein Germanium-Atom. Das ist radioaktiv und somit verhältnismäßig »leicht« zu registrieren. Obwohl in jeder Sekunde wahrscheinlich 66 Milliarden Sonnen-Neutrinos jeden Quadratzentimeter der Erde durchdringen, bilden sich während zwanzig Tagen in den 30 Tonnen Gallium nur durchschnittlich zehn Germanium-Atome – so selten sind die Neutrino-»Treffer«. Doch das genügt den Wissenschaftlern für den Nachweis. Damit die natürliche kosmische Strahlung die Ergebnisse nicht verfälscht, haben sich die Forscher in den Autobahn-Tunnel durch die Abruzzo zurückgezogen; dort sind sie durch ungefähr 1200 Meter Gestein abgeschirmt.

Mitte August 1990 wurde Gallex in Betrieb genommen, seitdem haben bisher insgesamt 14 »Extraktionen« stattgefunden, sind also 14mal die wenigen radioaktiven Germanium-Atome aus dem Gallium chemisch herausgelöst worden. Wegen der grundsätzlichen Bedeutung dieser Untersuchungen geben sich die Wissenschaftler vorerst sehr zurückhaltend. Statistisch gesicherte Ergebnisse erwartet man frühestens in einem Jahr.

Eugen Hintsches

Astronomische Veranstaltungen

22. und 23. April 1991: 8. Astronomischer Tausch- und Trödel-treff ATT in Essen

Adresse: Verein für volkstümliche Astronomie e. V., Am Weberplatz 1, W-4300 Essen 1, Tel. 02324/78590

21. und 22. September 1991: Welttraum 91 in Wuppertal

Adresse: Bergische Volkssternwarte Wuppertal e. V., Frank Schwaborn, Mainzer Straße 65, W-5600 Wuppertal, Tel. 0202/431430

Ingo B. Schmidt

Berichtigung

Im Heft 6/1990 muß es auf Seite 129 im Bild 2 richtig heißen: Abstand ändert sich nicht.

Landesverband der GAB wandte sich an die Kommunen

Der Vorstand der Gesellschaft für astronomische Bildung in Mecklenburg-Vorpommern wies die Oberbürgermeister und Bürgermeister jener Städte und Gemeinden, in denen sich Volks- und Schulsternwarten sowie Planetarien befinden, auf die einmaligen Bildungswerte und die besondere kulturelle Bedeutung dieser Stätten hin und bat sie, ihnen die notwendige Aufmerksamkeit zu schenken.

Manfred Schukowski

15. Sonnentagung

Das Treffen der VdS-Fachgruppe Sonne für alle aktiven Sonnenbeobachter und jene, die es werden wollen, findet vom **9. bis 12. Mai 1991** in **Viola** statt. Geboten werden u. a. Kurzberichte, Vorträge, Beobachtungen sowie eine Exkursion.

Organisation: **Walter Diehl** (Wetzlar), **Kurt Hopf** (VSW Hof), Anmeldungen durch Überweisung von 160,- DM auf folgendes Konto: **Walter Diehl**, Sparkasse Wetzlar, BLZ 818 800 38, Kto-Nr. 15317175. Informationen gegen frankierten Rückumschlag (60 Pf) von **W. Diehl**, Braunfelser Str. 79, W-6330 Wetzlar. Anmeldeschluß **31. März 1991**.

Walter Diehl

10. Planeten- und Kometentagung

Sie findet vom **17. Mai bis 21. Mai 1991** im **Bruder-Klaus-Heim in Viola** (bei Augsburg) statt.

Die Tagung bietet:

- Workshops zu allen Bereichen der Planetenbeobachtung (also Merkur bis Saturn) und zur Kometenbeobachtung.
 - Referate von Amateuren für Amateure: Vom ersten Erfahrungsbericht bis hin zur anspruchsvollen Auswertungspräsentation für den fortgeschrittenen Amateur
 - Zwei tagungsspezifische Vorträge
 - Gegenseitiges Kennenlernen, viel Erfahrungsaustausch, gemeinsames Beobachten und Klönen, da alle Tagungsteilnehmer unter einem Dach untergebracht sind
 - Exkursion zu einem astronomisch interessanten Ziel (Fahrkosten sind allerdings nicht im Tagungspreis inbegriffen)
 - Angenehme und sehr familiäre Tagesatmosphäre
 - und, und, und, ...
- Gesamtpreis (inkl. Unterbringung und Vollverpflegung): 150,- DM (Einzelzimmer: 170,- DM).

Anmeldungen sind ab sofort möglich; sie können allerdings nur dann berücksichtigt werden, wenn je Teilnehmer eine Vorauszahlung von 50,- DM auf das Konto des »Arbeitskreises Planetenbeobachter« geleistet wird.

Anmeldungen (bitte mit Rückporto) bis spätestens **31. 3. 1991** an: **Wolfgang Meyer**, Martinstraße 1, W-1000 Berlin 41, Telefon 030/ 792 39 37. Kontonummer des »Arbeitskreises Planetenbeobachter«: Konto 481488-109; Bankleitzahl: 100 100 10, Postgironummer Berlin, Kontoinhaber **Wolfgang Meyer**.

Referatsanmeldungen bitte ebenfalls – wenn möglich mit Angabe der benötigten Zeit und etwa sechszelligem Abstract – an die obige Adresse.

Wolfgang Meyer

Astronomische Studienreisen 1991

Tschechoslowakei – das astronomische Prag

Die Reise beginnt und endet in Nürnberg. Sie dauert vier Tage und wird im April 1991 durchgeführt.

Programm

Geschichte der Astronomie in Prag:

- Wirkungsstätten von **Tycho de Brahe** und **Johannes Kepler**
- Historische astronomische Instrumente in Museen und Instituten
- Moderne Astronomie:
 - Planetarium und Sternwarte
 - Besichtigung der Sternwarte Ondrejov

Sonnenfinsternisreise nach Mexiko vom 11. Juli 1991 und die Astronomie der Azteken und Mayas

Mexiko-City und Umgebung mit Rundfahrten und Besichtigungen von Museen und historischen Stätten mexikanischer Kulturen.

Beobachtung der Sonnenfinsternis über der mexikanischen Westküste.

Programmpunkte auf der Fahrt nach und durch Yukatan mit Besichtigung archaischer Stätten und einiger Observatorien: Monte Alban, Oaxaca; Villahermosa und Palenque; Kabah und Xmal sowie Merida; Chichen Itza und Valladolid.

Reisedauer ca. 16 Tage, geplant vom 6. 7. bis 21. 7. 1991

Vorschau

Ägyptische Astronomie: November 1991

China: Frühjahr 1992

Hinweis

Zu jeder der hier genannten Studienreise gibt es ausführliche Einzelbeschreibungen, in denen zu gegebener Zeit der Reiseablauf, der Termin, die Kosten und das Programm beschrieben sind. Sind Sie interessiert daran? Dann schreiben Sie oder telefonieren Sie bitte mit dem **Veranstalter: Eckehard Schmidt**, Dallingerstraße 1, Postfach 4616, W-8500 Nürnberg 1, Telefon 0911-43 87 74 (abends), 0911-45 32 78 (tagsüber).

Deutscher Verein zur Förderung des Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V.

Seit dem 7. März 1990 arbeitet der **Landesverband Mecklenburg-Vorpommern** des Deutschen Vereins zur Förderung des Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V. (MNU). Mit der Gründung dieses Landesverbandes nahm unser Förderverein, der 1991 einhundert Jahre alt wird, auf dem Gebiet der neuen Bundesländer nach 42 Jahren erzwungener Pause seine Tätigkeit wieder auf. Bis heute sind rund 180 Lehrer aus den Schulen aller Kreise und Wissenschaftler der Universitäten und Hochschulen unseres Landes dem MNU beigetreten.

Großen Anklang fanden die beiden bisher durchgeführten Landesverbandstagungen. Allein die zweite dieser Veranstaltungen im Oktober in Schwerin wurde von fast 300 interessierten Fachlehrern und Hochschullehrern unseres Bundeslandes besucht.

Der Höhepunkt der Oktobertagung stellten zweitägige Beratungen in sechs Arbeitsgruppen dar, in denen im Sinne des MNU Standpunkte zum Unterricht und zu den Lehrplänen unserer Fächer in Mecklenburg-Vorpommern erarbeitet wurden, die anschließend der Landesschulbehörde übergeben und unter den Lehrern der Schulen publiziert wurden.

Unter anderem sprach sich sowohl die **Fachgruppe Astronomie** als auch die **Mitgliederversammlung des Landesverbandes** dafür aus, daß **Astronomie als selbständiges Fach weiter unterrichtet wird**.

Die Landesverbandstagungen sind Stätten der Begegnung von Fachlehrern, des fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Meinungs- und Erfahrungsaustausches und der Mitwirkung bei der Neugestaltung der Schule in unserem Land geworden.

Durch die Landesschulbehörde wurden in alle Lehrplanerarbeitungsrunden unserer Fächer Wissenschaftler und Fachlehrer berufen, die von unserem Verein vorgeschlagen wurden. Inzwischen haben diese MNU-Mitglieder in diesen Gremien bereits mit ihrer Arbeit an den Entwürfen für die neuen Lehrpläne begonnen.

Sehr wichtig erscheint uns, eine von Reglementierungen freie und selbständige fachdidaktische Forscherstätigkeit des einzelnen Lehrers an seiner Schule wieder in großem Umfang ins Leben zu rufen; ist sie doch unerlässlich für eine tatsächlich schöpferische Weiterentwicklung des Fachunterrichts auf breiter Basis.

Schließlich ist die Zusammenarbeit unseres Fördervereins mit den Bildungsbehörden und den Aus- und Fortbildungsinstituten auf Landesebene aber auch auf regionaler und kommunaler Ebene die Voraussetzung dafür, daß die Ideen und Meinungen der vielen Fachlehrer in schulpolitischen Entscheidungen einfließen und damit zum Wohle des Unterrichts in unseren Fächern wirksam werden.

Mit diesen ersten Erkenntnissen ist de facto das Arbeitsprogramm unseres Landesverbandes für die nächste Zeit aufgestellt. Alle Fachlehrer der Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Astronomie und Informatik unseres nordöstlichsten Bundeslandes, die mithelfen wollen, es zu verwirklichen, sind aufgerufen, das durch ihre tätige Mitgliedschaft in unserem Förderverein zu tun.

Interessenten wenden sich bitte an den Landesverbandsvorsitzenden des MNU Mecklenburg-Vorpommern, Herrn Dr. **Hans-Hilmar Budde**, Goethestraße 17, O-2755 Schwerin.

Hans-Hilmar Budde

Kippenhahn, R.: Hundert Millionen Sonnen.

227 Seiten, 6 Farbtafeln, 91 Abbildungen und Tabellen. R. Piper & Co. Verlag München, 1989, 19,80 DM.

Das Buch behandelt den Lebenslauf der Sterne. Es hat den Vorzug, daß ein bedeutender Astrophysiker aus seinem eigenen Forschungsgebiet berichtet. Kippenhahn versteht es ausgezeichnet, die nicht immer leichtverständlichen Sachverhalte der Sternentwicklung lebendig und vor allem anschaulich zu schildern.

Neben Fotos erleichtern zahlreiche Diagramme und Skizzen, welchen z. T. sehr originelle Ideen zugrunde liegen, das Verständnis für den Inhalt der Schrift. In einem Anhang kann sich der Leser informieren, wie Entfernungsbestimmungen im Weltall durchgeführt werden und wie sich die Masse der Sterne bestimmen läßt.

Das Studium dieses Taschenbuches ist jedem anspruchsvollen Leser, insbesondere auch den Astronomie unterrichtenden Lehrern, zu empfehlen.

Keller, H.-U.: Das Himmelsjahr 1991.

240 Seiten, 15 s/w-Fotos, 215 z. T. zweifarbige Zeichnungen, 80 Tabellen. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. Stuttgart, 1991, 19,80 DM.

Wiederum pünktlich erschien der seit acht Jahrzehnten bewährte Himmelsführer des Jahres. Der Leser findet in den einzelnen Monatsübersichten wichtige Hinweise über Erscheinungen am Sternhimmel im Jahreslauf. Außerdem erörtert jedes Kapitel interessante Fragen der Astronomie, z. B., ob der Mond das irdische Leben beeinflusst. Die Schrift wurde durch ein Kalendarium für die Jahre 1992 bis 2001 erweitert. Für den genannten Zeitraum findet hier der Leser Angaben über Mondphasen, Finsternisse und wichtige Planetenstellungen. Vorteilhaft für den Beobachter ist, daß der Ephemeridenleit durch eine Tabelle zur Korrektur der Auf- und Untergangszeiten für verschiedene Beobachtungsorte ergänzt wurde.

Das Himmelsjahr 1991 ist für alle Sternfreunde ein unentbehrlicher Führer durch die astronomischen Ereignisse des Jahres.

Sanford, J.: Der neue Kosmos-Sternatlas.

176 Seiten, 66 Sternkarten, 116 Farbfotos, 7 s/w-Fotos, 1 Grafik, 84 Tabellen. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. Stuttgart, 1990, 58,- DM

Der Sternatlas enthält die 88 Sternbilder, alphabetisch geordnet, in einer Gegenüberstellung von gezeichneten Sternkarten und Farbfotos. Ein Vergleich zwischen Karte und Foto erleichtert die Orientierung am Sternhimmel und hilft beim Auffinden schwieriger kosmischer Objekte. Außerdem werden wichtige Beobachtungsobjekte in den einzelnen Sternbildern genannt, z.B. Doppelsterne, Mehrfachsterne, Sternhaufen und Nebel. Übersichtliche Tabelle und auch Farbfotos erleichtern dem Leser den Zugriff.

Aktiven Beobachtern ist das attraktive Nachschlagewerk sehr zu empfehlen.

Karkoschka, E.: Die Kosmos-Monduhr.

Durchmesser 26 cm, mit drei Deckblättern ohne Zeiger, mit Aufhängevorrichtung. Hinweise zur Gebrauchsanweisung auf der Rückseite. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. Stuttgart, 1990, 24,80 DM

Die Kosmos-Monduhr wird einmal monatlich eingestellt. Für jeden Wochentag läßt sich die jeweilige Mondphase einstellen. Es lassen sich Auf- und Untergangszeiten des Mondes ablesen und man kann sich informieren, in welchem Sternbild sich der Mond befindet. Mittels der Monduhr kann man auch alle Mondaten der Vergangenheit und Zukunft ermitteln.

Die Monduhr ist eine gute Ergänzung zur drehbaren Sternkarte. Sie ist nicht nur ein Hilfsmittel für den Sternfreund, sondern hat auch für den naturverbundenen Menschen Nutzen.

Schütte, K.: Welches Sternbild ist das?

64 Seiten, 60 Sternkarten mit 51 Sternbildern (jeweils zweifarbige Zeichnungen). Franckh-Kosmos Verlag-GmbH & Co. Stuttgart, 1990, 9,80 DM

Das Büchlein enthält 60 Sternkarten zur Bestimmung der Sternbilder in den einzelnen Jahreszeiten. Zu Objekten in den einzelnen Sternbildern werden kurze Informationen gegeben. Ein «Sternbilder ABC» unterhalb jeder Karte stellt 51 sichtbare Sternbilder dar. Die Schrift ist vor allem für Laien beim Zurechtfinden am Sternhimmel eine wertvolle Hilfe.

Kippenhahn, R.: Unheimliche Welten.

308 Seiten, 97 s/w-Abbildungen, Deutscher Fachbuch Verlag München, 1990, 16,80 DM.

Das Taschenbuch beschreibt in unterhaltsamer Weise Bewegungen und Physik der Himmelskörper des Sonnensystems. Der Autor will dem Leser vor allem die Welt der Planeten erleben lassen, grenzt sich aber, wie er im Vorwort zu dieser Schrift schreibt, von der Science-Fiction-Literatur ab.

Der Anhang beschäftigt sich mit der Suche nach den Gravitationskonstanten, mit der Bestimmung des Zeitablaufes im Weltall, mit Radarmethoden zur Erkundung der Rotation innerer Planeten und der Radaruntersuchungen des Mondes und der Planeten.

Allen Sternfreunden, die sich modernes Wissen über das Sonnensystem aneignen möchten, ist dieses Buch zu empfehlen.

Helmut Bernhard

**Umschlagseiten**

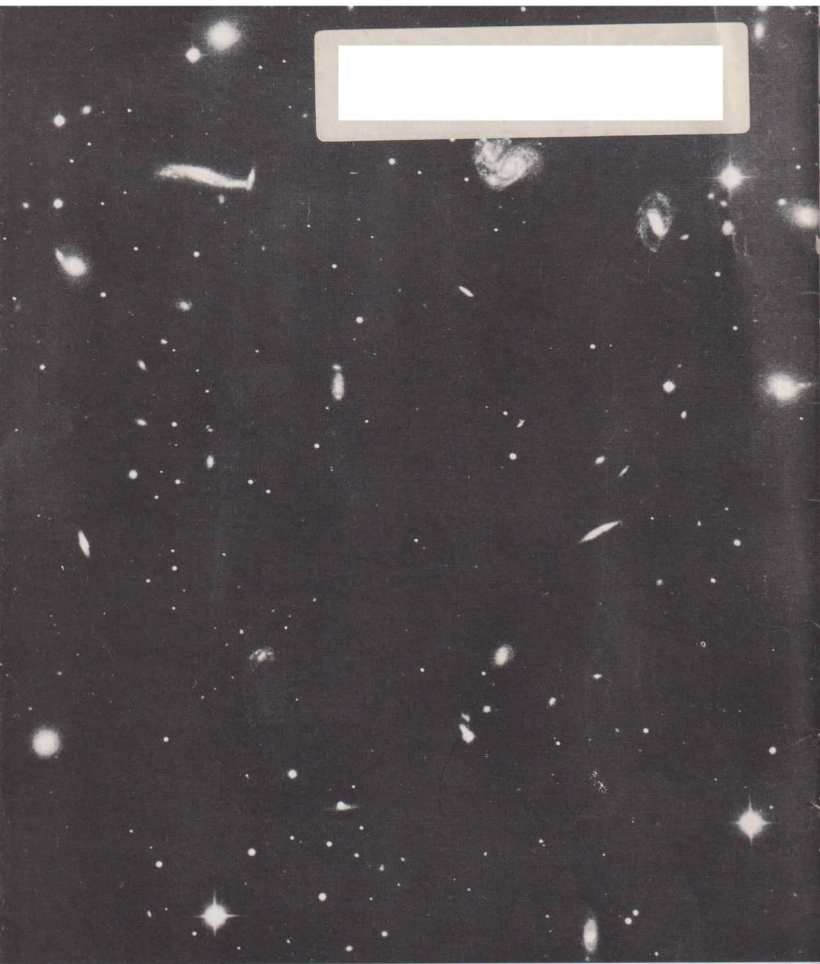
Titelseite – Emissionsnebel im Gebiet um den Nordamerika- und Pelikannebel im Sternbild Schwan in einer 6 min belichteten Aufnahme vom 24. August 1990. Aufnahmeinstrument war eine Schmidt-Kamera 200/240/356, Filmmaterial: Konica SR-G 3200. Die Entwicklung erfolgte im Kodak C 41-Verfahren, die Kontrastverstärkung durch Umkopieren auf Ektachrome 100 HC. Papier: Kodak Ektacolor Plus im EP 2-Verfahren in Colorprozessor Jobo CPE-2. Der Nachthimmel schimmert in dieser Region fast lückenlos im roten Licht der zum Leuchten angeregten Wasserstoffwolken (H-Alpha-Emission). Aufnahme: W. Fischer, Sohland an der Spree.

2. Umschlagseite – Die Sternwarte im Dachgeschoß der Hochschule Bremen (Fachbereich Nautik) dient vorwiegend der Öffentlichkeitsarbeit. Die 4-Meter-Kuppel beherrschte als Hauptinstrument einen Zeiss-Refraktor 135/150. Lesen Sie dazu unseren Beitrag auf Seite 19. Aufnahme: H. Kruse, Bremen

3. Umschlagseite – Der «Hantel-Nebel» M 27 (engl. «Dumbbellnebel») im Sternbild Vulpecula (Füchlein). Dieser planetarische Nebel hat eine Gesamthelligkeit von 7^m6 und am Himmel eine scheinbare Ausdehnung von 480 · 240 Bogensekunden. Seine Entfernung beträgt rund 2900 Lichtjahre. Die Aufnahme entstand am 25/1 750 mm-Newton-Refraktor der Außenstelle Melchiorshausen der Sternwarte Bremen. Aufnahmematerial: Kodak 103a-F. Belichtungszeit 20 min. Aufnahme: Leue, Bremen

4. Umschlagseite – Verschiedenste Typen von Galaxien sehen scheinbar dicht gedrängt im Sternbild Herkules. Dieser Galaxienhaufen ist rund 300 Millionen Lichtjahre von uns entfernt. Aufnahme: Archiv







Volk und Wissen
Verlag GmbH
Berlin
ISSN 0004-6310
Preis 2,50 DM

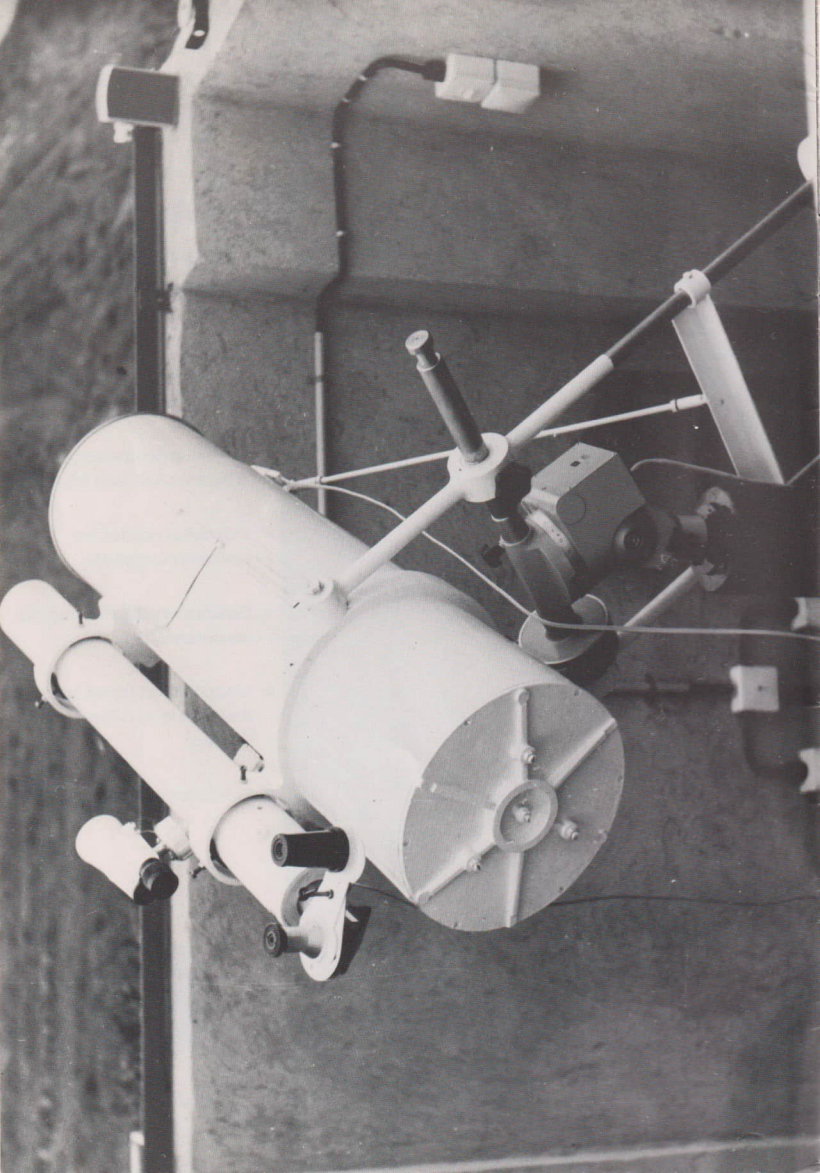
Astronomie in der Schule



- Astronomische Forschung in Deutschland
- Beziehungen zwischen Wissenschaft und Glauben
- Sternbilderkartei als Beobachtungshilfe
- Geschichte der Astronomie im Unterricht
- Modellexperimente zur Bewegung von Himmelskörpern
- Volkssternwarte Hannover

2

28. Jahrgang - 1991



Inhalt

- Das aktuelle Thema**
26 **Redaktion:** Ende und Anfang
Astronomie
27 **R. H. Simen:** Astronomie und Astrophysik in der Bundesrepublik Deutschland
34 **U. Seidenfaden:** Beziehungen zwischen Wissenschaft und Glauben
Unterricht
10 **G. Zimmermann:** Eine Sternbilderkartei als Hilfe für Lehrer und Schüler
37 **H. Bernhard:** Geschichte der Astronomie im Unterricht
37 **H.-J. Wilke:** Modelleperimente zur Bewegung von natürlichen Himmelskörpern und Raumflugkörpern
Sternwarten
44 **W. Peach:** Die Volkssternwarte «Geschwister Herschel» e. V. Hannover
Beobachtung
48 **H.-J. Nitschmann:** Das «aschgraue Mondlicht»
Wissenswertes
48 Rezensionen
Abbildungen
48 Umschlagseiten
Karteikarte
G. Zimmermann: Sternbild Orion

From the Contents

- 34 **U. Seidenfaden:** Science and Belief
36 **G. Zimmermann:** Card Index of Constellations
37 **H. Bernhard:** History of Astronomy in Astronomy Instruction
41 **H.-J. Wilke:** Pattern Experiments about the Motion of Natural and Artificial Heavenly Bodies

Из содержания

- 34 **У. Зейденфаден:** Наука и вера
36 **Г. Циммерманн:** Картотека созвездий
37 **Х. Бернхард:** История астрономии в школьном обучении
41 **Х.-Й. Вилке:** Модельные опыты по поводу движения природных и искусственных небесных тел

En résumé

- 34 **U. Seidenfaden:** Science et religion
36 **G. Zimmermann:** Fichier des constellations
37 **H. Bernhard:** L'histoire de l'astronomie dans l'enseignement astronomique
41 **H.-J. Wilke:** Des expériences pour le mouvement des corps célestes naturels et artificiels

Del contenido

- 34 **U. Seidenfaden:** La ciencia y la creencia
36 **G. Zimmermann:** Un fichero de constelaciones
37 **H. Bernhard:** La historia de la astronomía en la clase
41 **H.-J. Wilke:** Experiencias con modelos para mostrar el movimiento de los cuerpos celestes naturales y artificiales



Heft 2

28. Jahrgang 1991

Herausgeber: Volk und Wissen Verlag
GmbH, Berlin,
Lindenstraße 54a, Postfach 1213,
O-1086 Berlin Telefon 2 04 30,
Postcheckkonto: Berlin 7199-57-1326 26

Anschrift der Redaktion: Friedrich-List-
Straße 8, Postfach 440,
O-8600 Bautzen Telefon 4 25 85

Redaktionskollegium: Oberstudienrat
Dr. paed. Helmut Bernhard (Chefredakteur),
Studienrat Dr. paed. Klaus Lindner (stellv.
Chefredakteur), Dr. sc. nat. Ulrich Bleyer,
Dr. rer. nat. Hans-Erich Fröhlich, Dr. sc. phil.
Fritz Gehlhäuser, Prof. Dr. sc. phil. Nina Hager,
Prof. Dr. sc. nat. Dieter B. Herrmann, Dr. paed.
Eckhard Kersten, Oberlehrer Volker Kluge,
Studienrat Monika Köhlhagen, Oberlehrer
Jörg Lichtenfeld, Oberstudienrat Hans
Joachim Nitschmann, Prof. Dr. rer. nat. habil.
Karl-Heinz Schmidt, Oberlehrer Eva-Maria
Schober, Prof. Dr. sc. paed. Manfred
Schukowski, Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus-Günter
Steinert, Studienrat Joachim Stier, Oberlehrer
Dr. paed. Uwe Walther, Prof. Dr. rer. nat. habil.
Helmut Zimmermann, Günter Zimmermann.

Gesamtherstellung: Lausitzer Druckhaus
GmbH i. G., Bautzen
AN (EDV 427)

Erscheinungsweise: zweimonatlich, Preis
des Einzelheftes 2,50 DM; im Abonnement
zweimonatlich (1 Heft) 2,20 DM.
Bestellungen werden von der Deutschen
Bundespost entgegengenommen. Unsere
Zeitschrift kann auch über die Redaktion, den
Buch- und Zeitschriftenhandel bezogen
werden. Bei Bezugsschwierigkeiten im
Ausland wenden Sie sich bitte direkt an
unsere Redaktion.

ISSN 0004-6310

Ende und Anfang

Sehr geehrte Damen und Herren,

der Volk und Wissen Verlag möchte Sie darüber informieren, daß er von Cornelsen Berlin übernommen wurde.

Der Volk und Wissen Verlag wird als Verlag mit eigenem Profil arbeiten. Die wesentlichen Programmbereiche des Buchverlages, zu denen vor allem Lehr- und Lernmaterialien für die Grundschule, den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht und den Fremdsprachenunterricht sowie partiell für den geisteswissenschaftlichen Unterricht und die Lernbehindertenschule gehören, werden weiterbestehen und ausgebaut. Gleiches gilt für die „Deutsche Lehrerzeitung“ und das Fachzeitschriftenprogramm.

Für den Verlag wird ein außerordentlich bedeutsamer Entwicklungsabschnitt eingeleitet. In den nächsten Tagen und Wochen werden mehr als 200 Titel für Schule und Unterricht erscheinen. Alle neuen Titel des Schulbuchprogramms zeichnen sich durch Aktualität und fachliche Kompetenz aus sowie vielfach durch ein neues gestalterisches Gesicht. Die festgesetzten Preise berücksichtigen die angespannte Finanzlage der Kommunen, Schulen und Eltern.

Eine vollständige Übersicht über das Programm des Verlages für das Schuljahr 1991/92 und die Bestellmöglichkeiten enthält unser Verlagskatalog, den wir Ihnen vor kurzem zugesandt haben.

Alle angebotenen Schulbuchtitel haben wir bei den Kultusministerien der Länder zur Genehmigung eingereicht. Diese werden derzeit geprüft. Sie dürfen also bei ihren Entscheidungen zur Schulbuchnutzung für das kommende Schuljahr davon ausgehen, daß ihnen eine Liste der vom Kultusministerium bestätigten Schulbücher vom Volk und Wissen Verlag rechtzeitig zugehen wird.

Wir wünschen uns, daß Volk und Wissen im Verbund mit der Cornelsen-Verlagsgruppe Ihr Vertrauen genießt. Wir bemühen uns sehr, dieses Vertrauen durch das Entwickeln und Herstellen guter Bücher und Zeitschriften zu festigen.

Alle bestellten Bücher werden rechtzeitig zu Schuljahresbeginn an den Schulen sein.

Mit freundlichen Grüßen

Ihr Volk und Wissen Verlag Berlin, im April 1991

**An alle Lehrerinnen und Lehrer
in den neuen Bundesländern und
in Berlin**

Sehr geehrte Damen,
sehr geehrte Herren,

Cornelsen hat den Volk und Wissen Verlag übernommen.

Diese Nachricht ist natürlich in erster Linie für die Beschäftigten des Verlages wichtig – aber auch für Sie, denn Sie werden in den nächsten Wochen über die Schulbuchanschaffungen für das Schuljahr 1991/92 entscheiden.

Wir sind davon überzeugt, daß bei Volk und Wissen eine engagierte Mannschaft tätig ist. Frei von Ideologie kann und wird sie auf der Grundlage von Bewährtem mit guten Autoren gute Schulbücher machen. Damit wird Ihnen ein alternatives Angebot zu den „westlichen“ Schulbuchverlagen – und damit auch zu Cornelsen – erhalten, daß Ihnen in seinen Grundstrukturen vertraut ist.

Der Volk und Wissen Verlag wird der Verlagsgruppe als selbständige Tochterfirma angehören. Das Programm 1991 ist Ihnen aus dem Katalog bekannt. Es ist nicht nur äußerlich neu gestaltet, sondern gestrafft und inhaltlich überarbeitet. Die Bücher und Arbeitsmaterialien werden rechtzeitig vor Schuljahresbeginn lieferbar sein. Die erforderlichen Genehmigungsverfahren bei den Kultusministerien der neuen Länder sind bereits eingeleitet.

Der Volk und Wissen Verlag verdient Ihr Vertrauen nicht nur in dieser schwierigen Übergangszeit. Wir sind sicher, daß die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Ihr Bestes geben, um Ihre Erwartungen zu erfüllen.

Mit freundlichen Grüßen

Cornelsen Verlagsgruppe Berlin, im April 1991

Astronomie und Astrophysik in der Bundesrepublik Deutschland

Rolf H. Simen

Da in der ehemaligen DDR kaum über die astronomisch/astrophysikalische Forschung in der alten Bundesrepublik publiziert wurde, waren die allgemeinen Kenntnisse darüber sehr gering. Zur astronomischen Bildung der Jugend gehört aber auch solides Wissen über Aufgaben, Ergebnisse und Kapazitäten der Weltallforschung im Heimatland. Aus diesem Grund veröffentlichen wir nachfolgend dazu einen Bericht, der uns freundlicherweise von der Zeitschrift «deutscher Forschungsdienst» für Jugend und Bildungseinrichtungen zur Verfügung gestellt wurde. Die Ausführungen sollen anregen, den Schülern Kenntnisse über den Anteil der deutschen Forschung bei der Erkundung des Weltalls zu vermitteln.

Weshalb die Astronomie Förderung verdient

Forschung in der Astrophysik und noch mehr wohl in der eng mit der Kosmologie verbundenen Teilchenphysik ist sehr teuer und eine durch ihre Regierung vertretene Gesellschaft wie die Bundesrepublik Deutschland hat natürlich «ganz andere Sorgen», die oft genug mit viel größerer Vordringlichkeit gelöst werden müssen.

Um so problematischer ist es deshalb für die «zweckfrei» genannte Grundlagenforschung auf jedem Gebiet, für sich nicht nur Anhänger, sondern vor allem auch «Sponsoren» jeder Art zu gewinnen: den Bund, die Bundesländer, die Forschungsförderungsorganisationen, Stiftungen und auch der Forschung gegenüber aufgeschlossene Privatpersonen. Sowohl Engagement als auch Sachverstand müssen dabei zusammenwirken, damit diese Mittel bestmöglich genutzt werden und ihr Einsatz neue Perspektiven auch für die Gesellschaft eröffnen kann.

Daß dabei viele «Sponsoren» in diesem weiten Sinn des Wortes zusammenwirken, hat – nicht nur in der Bundesrepublik Deutschland, sondern auch in vielen anderen Ländern – sehr wirkungsvoll auch dazu beitragen können, daß Forschung in all ihrer Vielfalt gefördert werden kann. Eine andere positive Konsequenz der hohen Kosten ist aber auch, daß internationale Zusammenarbeit unter einem ganz neuen «Wirkungsaspekt» entstanden ist: Schon immer haben sich zwar die Wissenschaftler jeden Fachgebiets als Mitglieder einer großen internationalen Gemeinde gefühlt, doch haben die Arbeit ganzer Forschungsteams fordernde Einrichtungen wie etwa astronomische Observatorien oder Beschleuniger-Zentren weit mehr völkerverbindende Auswirkungen als einst zum Beispiel eine «nur» weltweite Korrespondenz zwischen einzelnen Forschern oder entsprechende, meist nur kleine Fachtagungen. Viele große Forschungseinrichtungen und Projekte sind zu gemeinsamen «Unternehmen» auch vieler Länder geworden. Lange vor Glasnost und Perestroj-

ka gab es so zum Beispiel in der Astronomie und der Teilchenphysik auch beste wissenschaftliche Verbindungen zwischen den Gelehrten in Ost und West.

Dennoch muß man noch einmal «zur Erde» zurückkehren, auf der es genug Leute gibt, die ganz gut ohne ein genaues Spektrogramm eines viele Lichtjahre entfernten Sterns oder das Wissen über die Farbsprenkelung einer für sie völlig uninteressanten Mikrobe leben können. Nicht nur sie aber sind es, sondern wohl alle, die nach «dem Zweck des Ganzen» fragen und dabei natürlich vor allem an nutzbare Anwendungen denken. So zum Beispiel auch an militärische, wie *Herwig Schopper* in seinem Buch «Materie und Antimaterie» erzählt: «Als *Robert Wilson* bei einem Hearing im amerikanischen Kongreß gefragt wurde, in welcher Weise der Beschleuniger im Fermilab (ein Großbeschleuniger in Chicago) zur Verteidigung beigetragen kann, antwortete er: 'In gar keiner.' Wenn es aber, so erklärte er weiter, keine Einrichtung wie Fermilab mehr gäbe, dann gäbe es bald auch nicht mehr viel zu verteidigen.» *Wilson* hat recht, meint dazu *Schopper*: «Wenn eine Zivilisation nicht mehr neugierig ist, nicht mehr fragt, nicht mehr nach den Sternen greifen oder in die Geheimnisse des Mikrokosmos eindringen will, dann braucht sie keine Beschleuniger, keine Teleskope noch sonst irgendwelche Forschung. Eine solche Zivilisation ist bereits tot.»

Die Bundesregierung indessen, so sagte Bundesforschungsminister *Dr. Heinz Riesenhuber* in einem Pressegespräch zur Situation der Astronomischen Grundlagenforschung im Spätsommer 1989 in Bonn, «mißt der natur- und geisteswissenschaftlichen Grundlagenforschung, die in Deutschland auf eine lange Tradition staatlicher Forschungsförderung zurückblicken kann, einen hohen Stellenwert bei. Im internationalen Vergleich liegt die Bundesrepublik Deutschland bei den Ausgaben für die Forschung und Entwicklung, gemessen am Bruttosozialprodukt, weltweit an der Spitze. Die Grundlagenforschung bildet einen der wichtigsten und finanziell umfangreichsten Förderschwerpunkte des Bundesministeriums für Forschung und Technologie.»

Die Astrophysik und Astronomie nannte er aus diesem Anlaß zudem die sich am stürmischsten entwickelten Gebiete der physikalischen Grundlagenforschung in den letzten 25 Jahren, und er sagte auch, daß die Förderstrategie für die astronomisch-astrophysische Forschung in den letzten Jahren

darin besteht, der Wissenschaft Beobachtungen in allen Strahlungsbereichen zu ermöglichen: Nur so können die grundlegenden Fragestellungen erfolgversprechend angegangen werden.

Wie Forschungsförderung zusammenwirkt

So vielfältig wie der förderative Bundesstaat Bundesrepublik Deutschland, in dem jedes Bundesland in eigener sogenannter Kulturhoheit unter anderem auch für das Schulwesen, die Forschung und die Lehre innerhalb seiner Grenzen verantwortlich ist, ist auch die Förderung der astronomischen Forschung, die in 27 Instituten und Forschungsstätten unterschiedlicher Art von etwa 700 Wissenschaftlern und Technikern sowie weiteren Mitarbeitern betrieben wird.

Dabei handelt es sich um universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, von denen letztere entweder unter der Obhut eines Bundeslandes oder der Max-Planck-Gesellschaft stehen, die wiederum vom Bund und den Ländern jeweils zur Hälfte gemeinsam grundfinanziert wird. Je nach dieser Zugehörigkeit der Forschungsstätten werden sie, wie etwa die Universitäts-Institute, von den jeweiligen Bundesländern entweder einzeln oder wie die Max-Planck-Institute von Bund und Ländern gemeinsam unterhalten und gefördert. Dafür ist auf Seiten des Bundes in aller Regel das Bundesministerium für Forschung und Technologie zuständig, das darüber hinaus über das auch international vielfältig in Projekte und Institutionen eingebundene Weltraumforschungsprogramm der Bundesregierung auch weitere Förderbeiträge für astronomische Forschung und Entwicklung bereitstellt.

Doch der Staat fördert die Astronomie, die man hier zugleich als Beispiel für jede Art von Grundlagenforschung verstehen kann, nicht nur auf diese Weise direkt, sondern auch indirekt über den Fluß von Drittmitteln, zu denen allerdings auch Wissenschaftsstiftungen und andere Stifter nicht unwesentlich beitragen. Bei diesem gleichsam «dritten Weg» spielt wiederum die Deutsche Forschungsgemeinschaft die zentrale Rolle, die von Bund und Bundesländern ebenfalls jeweils zur Hälfte grundfinanziert wird und der so – wie der Max-Planck-Gesellschaft mit ihren 60 Forschungsinstituten – jährlich rund eine Milliarde DM zur Verfügung gestellt werden. Diese zentrale Selbstverwaltungsorganisation der Wissenschaft in der Bundesrepublik Deutschland unterhält im Gegensatz zur Max-Planck-Gesellschaft als der 1948 gegründeten Nachfolgerin der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft keine eigenen Institute. Sie wurde 1920 als «Notgemeinschaft für die Deutsche Wissenschaft» gegründet, 1949 wiedergegründet und 1951 nach der Verschmelzung mit dem Forschungsrat mit ihrem heutigen Namen benannt. Wenn man so will, ist der alte Name «Notgemeinschaft» noch immer ihr

wichtigstes Programm, weil bei ihr jeder deutsche Wissenschaftler Anträge auf die Förderung seiner Arbeit stellen kann, die dann allerdings der kritischen Begutachtung von einem der gegenwärtig rund 450 ehrenamtlich tätigen Experten der Deutschen Forschungsgemeinschaft auch standhalten müssen. Das erschließt den Forschern also sogenannte Drittmittel: Sie können im «Normalverfahren» einzelnen Wissenschaftlern zur Verfügung gestellt werden, im Rahmen von Schwerpunktprogrammen oder Sonderforschungsbereichen aber auch Forschungsgruppen, Hilfseinrichtungen für die Forschung oder sogar in Form einer Großgeräteförderung.

Das alles «versteckt» sich also hinter dem lapidaren Satz, daß die Förderung der astronomischen Forschung in der Bundesrepublik Deutschland anteilig vom Bundesministerium für Forschung und Technologie, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und den Bundesländern getragen wird. Es handelt sich um alles andere als ein starres System: Für Flexibilität ist gesorgt.

Es bleibt nun aufzuschlüsseln, daß die Max-Planck-Gesellschaft für Astronomie derzeit zwischen 100 und 120 Millionen DM jährlich ausgibt und die Deutsche Forschungsgemeinschaft zu diesen Mitteln für die Astronomie jährlich weitere zehn bis zwölf Millionen als Drittmittel hinzufügt. Der Bund, der davon jeweils die Hälfte trägt, fördert die Astronomie darüber hinaus aber auch über das Wissenschaftsprogramm der Europäischen Weltraumagentur ESA, das nationale Weltraumastronomieprogramm und seinen Beitrag zur Grundfinanzierung der Europäischen Südsternwarte ESO, deren Hauptsitz Garching bei München ist, mit jährlich weiteren 150 Millionen DM. Dazu kommen noch jährlich erhebliche Mittel, mit denen das Bundesministerium für Forschung und Technologie besondere Projekte, so etwa Großgeräte, direkt fördern kann.

Seit den sechziger Jahren hat die Bundesregierung so die deutsche Astronomie mit insgesamt rund zwei Milliarden DM gefördert und darüber hinaus über internationale Kooperation noch viel mehr erreicht: Ende der neunziger Jahre können deutsche Astronomen anteilig nationale und internationale Großinstrumente nutzen, die weltweit ein Investitionsvolumen von acht bis neun Milliarden DM umfassen.

Daß die deutsche Astronomie und Astrophysik heute – wie schon vor dem zweiten Weltkrieg – wieder zur internationalen Spitzengruppe zählt und ihre Wissenschaftler in aller Welt begehrte Forschungspartner sind, ist in erster Linie natürlich das Verdienst der Wissenschaftler selbst, die dabei sowohl bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft als auch bei

der Max-Planck-Gesellschaft mit viel Voraussicht die Weichen richtig gestellt haben. Doch wäre das alles ohne die bisherige staatliche Förderung nicht möglich gewesen, zu der darüber hinaus noch manche wesentliche Hilfe aus Stiftungen gezählt werden muß.

«Im europäischen Vergleich ist festzustellen», hat Bundesforschungsminister Dr. Heinz Riesenhuber im Sommer 1989 die Bilanz gezogen, «daß in keinem anderen Land den Astronomen ein derart breites Spektrum von Beobachtungsmöglichkeiten zur Verfügung steht, das die wesentliche Basis für die Bearbeitung der grundlegenden Fragen der modernen Astrophysik darstellt.»

Welche Rolle der Förderung aus dem Bundesministerium für Forschung und Technologie dabei zukommt, zeigt sich darüber hinaus nicht nur daran, daß deutsche Astronomen mit modernsten Geräten Datenströme aus dem Weltall «einfangen» können. Das Ministerium hat auch zwei weitere wichtige Maßnahmen eingeleitet, von denen die eine der Aufbau eines Rechnernetzes für Astronomie, das Deutsche Astronet, auf der Grundlage des Deutschen Forschungsnetzes (DFN) ist, die andere aber aus der Förderung vor allem von Hochschulgruppen in der «Verbundforschung an ausgewählten Geräten der Astronomie und Astrophysik» besteht. Durch beide Programme werden zugleich zusätzlich Förderaktivitäten durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und die Bundesländer in Gang gesetzt.

Astronomie heute und morgen

«Die Chancen der astrophysikalischen Forschung sind heute unvergleichlich», heißt es in der «Denkschrift Astronomie» der Deutschen Forschungsgemeinschaft. «Allein die letzten 25 Jahre haben zu einer so starken Differenzierung und Erweiterung unseres Bildes von der Welt im Großen geführt, wie kaum in einer Epoche seit *Kepler* und *Galilei*. Und es gibt keinen Anlaß, die Zukunft der nächsten zwei Dekaden anders einzuschätzen.»

Den Grund für diese von ihnen selbst genannte «enthusiastische Beurteilung» nennen die Autoren auch: Er liegt in der anhaltenden, starken Entwicklung der Beobachtungstechniken, nicht nur von der Erde aus, sondern vor allem auch im Bereich der Weltraumastronomie. Auf beiden Wegen hat der Erkenntnisweg bereits Milliarden Lichtjahre in den Raum und damit zugleich in der Zeit zurückgelegt: «Die Vorstellung (vom Universum) ist jetzt schon bei den ganz großen Entfernungen angekommen, bei

denen die derzeitige Beobachtungsgrenze liegt. Hinter ihr beginnt die Zeitzone der Entstehung von Galaxien, der ersten schweren Elemente und der ersten Sterne. Noch frühere Phasen des Universums legen die Spuren für diese Entwicklung. Das ist das Feld der Kosmologie, der Lehre vom Weltanfang.»

Zu diesem Vorstoß in die fernste Vergangenheit der Welt und ihrer Entwicklungsgeschichte können auch die deutschen Astronomen und Astrophysiker mit einer bemerkenswerten Reihe von Großgeräten und anderen Instrumenten und Experimenten beitragen, die auf der Erde oder im Weltraum betrieben werden. Sie werden hier nach der Art der «Fenster» oder Wellenlängenbereiche eingeordnet aufgezählt, durch die sie die Botschaften aus dem Weltall aufnehmen können.

Radioastronomie

Am langen Ende dieser Skala im Radiowellenbereich «steht» hier das größte vollbewegliche Radioteleskop der Welt mit einem Antennen-«Spiegel» von 100 Meter Durchmesser. Es gehört zum Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn, befindet sich in einem Tal bei Effelsberg in der Eifel, ist seit 1972 in Betrieb – und übrigens von der Volkswagen-Stiftung, Hannover, mit 29 Millionen DM weitgehend finanziert worden.

Wie das ebenfalls vollbewegliche 25-Meter-Radioteleskop der Universität Bonn auf dem der Bundeshauptstadt naheliegenden Eifelberg Stockert, das seit 1956 in Betrieb ist und anfänglich auch noch als Funkmeßgerät eingesetzt wurde, ist auch das Großteleskop von Effelsberg ursprünglich für den Empfang von Zentimeterstrahlung ausgelegt worden, mit der man den «Radiohimmel» vor allem nach Objekten durchmustern kann, doch kann es wegen seiner außergewöhnlichen Oberflächengenauigkeit und eines neuartigen Konstruktionsprinzips, das auftretende Verformungen auffängt und ausgleicht, heute routinemäßig bis hin zu Wellenlängen von wenigen Millimetern verwendet werden, die zum Beispiel auch einen Blick in die «Kinderstuben» der Sterne ermöglichen.

Aus der Zusammenarbeit zwischen der Max-Planck-Gesellschaft und dem französischen Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) entstand in den letzten Jahren darüber hinaus das Institut für Radioastronomie im Millimeterbereich (IRAM) mit Sitz in Grenoble, zu dem heute ein – auch in Kooperation mit dem Königreich Spanien – auf dem Pico Veleta in der Sierra Nevada bei Granada errichtetes 30-Meter-Teleskope zählt sowie drei 15-Me-

ter-Teleskope auf dem Plateau de Bure in den französischen Alpen, die erst 1989 in Betrieb gegangen sind. Auch das Instrument auf dem Pico Veleta ist im wesentlichen von der Volkswagen-Stiftung finanziert worden, während die Krupp-Stiftung als weiteres Beispiel für die Bedeutung solcher «Drittmittelgeber» aus der deutschen Wirtschaft ein Radioteleskop von zehn Meter Durchmesser für den Submillimeterwellenbereich ganz erheblich fördert, das von der Max-Planck-Gesellschaft gemeinsam mit dem Steward Observatory der Universität von Arizona auf dem dortigen Mount Graham aufgebaut wird. Ein Drei-Meter-Radioteleskop des I. Physikalischen Instituts der Universität zu Köln befindet sich zudem auf dem Gornegrat in der Schweiz.

Daß Radioteleskope heute die «Sehschärfe» selbst der großen optischen Teleskope erreichen und gelegentlich sogar übertreffen, liegt nicht zuletzt daran, daß man sie in sogenannten Arrays zu mehreren wie ein einziges Instrument «zusammenschalten» kann, dessen «Antennendurchmesser» dann im Prinzip den Entfernungen zwischen den einzelnen Instrumenten entspricht.

Diese kurz VLBI genannten «Radiointerferometrie bei großen Basislängen» wird gegenwärtig eigentlich nur durch die Größe der Erde selbst begrenzt und kann mit Instrumenten im Weltraum künftig sicherlich erweitert werden. Sie öffnet aber nicht nur der Astronomie den Weg zu genauesten Beobachtungen im Radiowellenbereich, sondern kann auch zu einer Präzisions-Erdvermessung beitragen, die heute die sich wegen plattentektonischer Vorgänge allmählich veränderte Lage der Kontinente zueinander mit Zentimetergenauigkeit erfassen kann. Nimmt man nämlich eine ferne Strahlungsquelle wie etwa einen Quasar, dessen Signale deshalb praktisch parallel auf die Erde einfallen, als Bezugspunkt, kann man mit VLBI-Trigonometrie ermitteln, wie weit sich die messenden Teleskope im Laufe der Jahre voneinander entfernen oder sich näherkommen. Solcher Erdvermessung dient ein weiteres Radioteleskop von 20 Meter Antennendurchmesser, das seit 1983 in Wettzell im Bayerischen Wald in Betrieb ist und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem für das Vermessungswesen zuständigen Bundesminister des Inneren finanziert worden ist.

Was wiederum die «echte» Radioastronomie betrifft, denkt man an einen weiteren Ausbau der durch IRAM bereits vorgegebenen VLBI-Möglichkeiten, den Aufbau eines Europäischen VLBI-Auswertungszentrums, das Beobachtungen von bis zu 16 Stationen verarbeiten können soll, sowie durch ein Teleskop «Effelsberg II» von 50 Meter Antennendurchmesser an eine Entlastung des dortigen Großtele-

skops, das gegenwärtig zu etwa 30 Prozent für VLBI-Beobachtungen genutzt wird.

Infrarotastronomie

Im Bereich der Infrarotastronomie richten sich die Hoffnungen der Astronomen auf das Infrarotobservatorium ISO der Europäischen Weltraum-Agentur ESA, das als Großsatellit 1993 gestartet werden soll und vor allem weitere Einblicke in den «kälteren Kosmos» verspricht, in dem sich beispielsweise aus Ringen, aus Staub und Gas um ferne junge Sonnen Planetsysteme in den allerersten Anfängen zu verdichten beginnen.

Der rund 1,8 Tonnen schwere und mehr als 5 Meter hohe ISO-Satellit wird ein Teleskop von 60 Zentimeter Öffnungsweite in eine langgestreckte Erdumlaufbahn 39 000 Kilometer Gipfelhöhe bringen, in der bis zu 10 Stunden ununterbrochen Beobachtungen möglich sind. Das Teleskop selbst erfaßt Wellenlängen zwischen zwei und rund 200 Mikrometer und überbrückt damit einen wesentlichen Teil der sogenannten Infrarotlücke zwischen dem Bereich des sichtbaren Lichts und der Radiostrahlung.

Weil man mit ihm selbst noch dunkle Materiewolken mit Temperaturen bis hinab zu minus 250 Grad Celsius erforschen will, muß dieses Teleskop zudem auf minus 260 bis minus 270 Grad Celsius abgekühlt werden – es darf nicht heller «glühen» als das, was es beobachten soll. Deshalb führt der Satellit auch zwei große Tanks von jeweils 750 Liter Fassungsvermögen mit, von denen einer 105 Kilogramm superflüssiges Helium von minus 271 Grad Celsius aufnehmen wird, der andere 50 Kilogramm flüssigen Wasserstoff von minus 252 Grad Celsius Temperatur. An dem Projekt sind Wissenschaftler aus vier Max-Planck-Instituten beteiligt, hinter seiner außergewöhnlichen Technik stecken auch viele Erkenntnisse, die vor allem von *Hans Elsässer* und seinen Mitarbeitern schon seit den sechziger Jahren am Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg aus der Verbindung der Infrarotastronomie mit der optischen Astronomie gewonnen worden sind.

Optische Astronomie

In diesem traditionellen Wellenlängenbereich verfügen die deutschen Astronomen über die umfangreichsten Beobachtungsmöglichkeiten. Das gilt zum einen für die «Außenstelle» des Max-Planck-Instituts für Astronomie in Heidelberg, das im Herbst 1984 eröffnete Deutsch-Spanische Astronomische Zen-

trum auf dem 2160 Meter hohen Calar Alto in der südspanischen Sierra de los Filabres bei Almeria, dessen Hauptinstrument von 3,5 Meter Spiegeldurchmesser sich als erstes Großteleskop der Welt auch uneingeschränkt für Beobachtungen im Infrarotbereich einsetzen läßt. Weitere Instrumente dort sind ein Teleskop von 1,23 Meter und ein Teleskop von 2,2 Meter Durchmesser, die, wie das größte Instrument von der Firma Carl Zeiss in Oberkochen gebaut wurden. Zudem gibt es dort einem 80-Zentimeter-Schmidt-Spiegel für die mehr großflächige Himmelsphotographie – und ein 1,5-Meter-Spiegelteleskop, das vom spanischen Instituto Geográfico für die Sternwarte Madrid gebaut wurde.

Das größte Instrument befindet sich übrigens in einem 43 Meter hohen Kuppelbau von 31,5 Meter Durchmesser, ist 22 Meter lang, computergesteuert und wiegt insgesamt ca. 430 Tonnen. Zwei in 30 000 Kilometer Entfernung im Abstand von 150 Meter voneinander brennende Kerzen könnte es als getrennte schwache Lichtquellen gerade noch erkennen.

Von ähnlicher Qualität ist auch das mit 3,6 Meter Spiegeldurchmesser etwa gleichgroße, derzeit größte Instrument unter den insgesamt 14 Teleskopen – eines ist ein Radioteleskop – der Europäischen Südsternwarte ESO, die zum Teil sogar von deren Hauptsitz in Garching bei München aus ferngesteuert werden können. Dieser astronomischen Vereinigung gehören neben der Bundesrepublik Deutschland Belgien, Dänemark, Frankreich, Italien, die Niederlande, Schweden und die Schweiz an, die gemeinsam das Großobservatorium auf dem 2400 Meter hohen Berg La Silla in der chilenischen Atacama-Wüste etwa 600 Kilometer nördlich von Santiago de Chile betreiben. Hier ist 1989 das kurz NTT genannte New Technology Telescope mit 3,5 Meter Spiegeldurchmesser als technologisch fortschrittlichstes Teleskop der Welt fertiggestellt worden, und hier geht bis gegen Ende der neunziger Jahre das weltweit größte Teleskop der optischen Astronomie, das Very Large Telescope VLT, seiner Vollendung entgegen, mit dem sozusagen die VLBI im kleinen, doch sehr wirkungsvollen Maßstab nachvollzogen wird. Denn dieses Instrument wird aus vier Spiegelteleskopen modernster Bauart mit jeweils acht Meter Durchmesser bestehen, die sowohl einzeln genutzt als auch zu einem Rieseninstrument von entsprechend 16 Meter Spiegeldurchmesser zusammengeschaltet werden können. Bemerkenswert ist dabei auch, daß diese vier Einzelteleskope nicht etwa als Quadrat angeordnet sind, sondern hintereinander in Reihe stehen.

Bei Tageslicht Astrophysik am Zentralgestirn un-

seres Planetensystems betreiben indessen deutsche und vor allem auch spanische Forscher auf dem Hochplateau La Inzana auf der Kanareninsel Teneriffa ganz in der Nähe von Spaniens höchstem Berg, dem Pico de Teide mit seinen 3717 Meter Höhe. Dort befinden sich auf dem Gelände das Instituto de Astrofísica Canarias zwei «Sonnentürme». Im mit gut 20 Meter Höhe kleineren ist ein Vakuum-Gregory-Teleskop der experimentellen Sonnenphysiker der Universitätssternwarte Göttingen eingebaut worden, das zuvor seit 1960 bei Lacarno in der Schweiz eingesetzt war. Der 38 Meter hohe zweite Turm enthält ein neuartiges Vakuum-Turm-Teleskop, das von den Wissenschaftlern des Freiburger Kiepenheuer-Instituts für Sonnenphysik weitgehend selbst entwickelt und vom Land Baden-Württemberg mit fünf Millionen DM gefördert wurde. Für die Türme selbst wiederum hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft rund 20 Millionen DM beigetragen. Von hier aus erforschen die deutschen Wissenschaftler, zu denen auch Mitglieder des Astronomischen Instituts in Würzburg gehören, das, was sie ein gigantisches plasmaphysikalisches Laboratorium nennen: In ihm können stellare Kernfusionsprozesse ebenso studiert werden wie gigantische Strömungen von Energie und Materie sowie Wechselwirkungen zwischen Magnetfeldern und solarem Plasma, die alle dazu beitragen werden, die Natur der Sterne noch besser als bisher zu verstehen.

Der optischen Astronomie ist auch der ESA-Satellit Hipparcos zuzurechnen, der sich nach seinem Start 1989 zwar nur als bedingt einsatzbereit erwiesen hat, aber doch einen Teil seiner Mission erfüllen dürfte, die Position und Bewegungen von etwa 500 000 Sternen mit bisher nicht bekannter Genauigkeit zu vermessen und so die Grundlage für einen neuen Sternkatalog zu schaffen. 1990 fand der Start des Weltraumteleskops HUBBLE statt, das von der ESA zusammen mit der US-Weltraumbehörde NASA verwirklicht worden ist.

Auf dem Weg zum Prototyp im Maßstab 1:10 befindet sich seit 1989 zudem das Deutsche Großteleskop (DGT), das original einmal einen segmentierten Zentralspiegel von zwölf Meter Durchmesser haben und eine Vielzahl von Komponenten neuer Material- und Steuerungstechnik in sich vereinigen soll. Dazu zählt auch, daß es in revolutionärer Bauweise, ähnlich wie ein Flugsimulator, auf sechs beweglichen Beinen montiert werden soll, die seine präzise Ausrichtung in jeder «Himmelsrichtung» ermöglichen werden. Am Prototyp arbeitet das Astronomische Institut der Ruhr-Universität Bochum mit den Partnern Krupp und GEI Rechensystem Aachen zusammen. In der Denkschrift der Deutschen Forschungsge-

meinschaft «denkt» man zudem auch über ein optisches Interferometer nach VLBI-Art mit Basislinien von etwa einem Kilometer Länge nach, also über ein aus Komponenten «zusammenschaltbares» Riesenteleskop, an dessen Entwurf an der Universität Erlangen gearbeitet wird.

Ultraviolettastronomie

Im Ultraviolett-Wellenlängenbereich liefert seit gut einem Jahrzehnt der NASA-ESA-Satellit IUE hervorragende Daten. Das Bundesministerium für Forschung und Technologie läßt darüber hinaus in Zusammenarbeit mit der NASA ein Ultraviolett-Teleskop von einem Meter Öffnungsweite entwickeln, das 1992 auf der wiederverwendbaren Satellitenplattform «Astrospace» mit einem US-Shuttle gestartet und nach dem Ende seiner Mission zur Erde zurückgeholt werden soll.

Röntgenastronomie

Die Entdeckung von nicht weniger als etwa 100 000 Röntgenobjekten erwartet die weltweite Gemeinde der Astrophysiker wiederum vom derzeit größten europäischen Wissenschaftssatelliten ROSAT, der mit einem hochgenauen, abbildenden Röntgenteleskop von 83 Zentimeter Öffnungsweite den Himmel diesbezüglich durchmuster. Dabei handelt es sich um ein Teleskop nach einem Prinzip, wie es der deutsche Physiker *Hans Wolter* vor gut drei Jahrzehnten entwickelt hat. Es nutzt die Tatsache aus, daß sich Röntgenstrahlen zwar durch keinerlei «Linsen» bündeln, aber durch flachwinklige Totalreflexion gezielt ablenken lassen.

Deshalb besteht das ROSAT-Teleskop aus vier ineinandergeschachtelten, röhrenförmigen Paraboloid-Hyperboloid-Spiegeln, also aus einem «Mehrfachrohr», das dann mit seiner vorderen Öffnung auf die jeweilige Strahlungsquelle ausgerichtet wird. Die einfallende Strahlung wird dann streifend an den nur leicht gekrümmten, goldbedampften, spiegelnden «Rohrwänden» totalreflektiert und durch deren genau berechnete Form in einem Brennpunkt vereinigt. So sind inzwischen auch mit dieser Art von Teleskopen Abbildungen möglich geworden, die noch schärfer gezeichnet sind als das das menschliche Auge könnte. Die Spiegelträger dieses Teleskops bestehen übrigens ebenso wie jene des Großteleskops auf dem Calar Alto aus dem glaskeramischen Werkstoff Zerodur der Schott Glaswerke in Mainz, dessen Temperaturausdehnungskoeffizient praktisch Null

ist. Aber auch sonst ist ein Vergleich möglich: Der Fläche nach entsprechen die Spiegel des ROSAT-Teleskops mit ihren fast neun Quadratmeter nahezu der Größe des 3,5-Meter-Spiegels im Deutsch-Spanischen Astronomischen Zentrum.

ROSAT, an dem die NASA und der britische Science and Engineering Research Council (SERC) mit beteiligt sind und in dem auch Forscher dieser Länder abbildende Systeme eigener Entwicklung nutzen werden, ist als Satellitensystem von der Firma Dornier in Friedrichshafen im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie definiert worden, das bei diesem Projekt seinerseits durch die Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln-Porz vertreten wird. Beteiligt sind auch die Firmen Messerschmitt-Bölkow-Blohm/ERNO und Carl Zeiss in Oberkochen, wobei letztere für das Spiegelsystem verantwortlich ist. Die wissenschaftliche Leitung des ehrgeizigen Unternehmens, das 1990 begann, liegt beim Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik in München.

Ferner werden deutschen Astronomen die für die zweite Hälfte der neunziger Jahre geplanten Röntgen-Großteleskope XMM im Rahmen der ESA und AXAF im Rahmen der NASA zur Verfügung stehen, da sie voraussichtlich maßgeblich an der Instrumentierung dieser Projekte beteiligt sein werden.

Gammaastronomie

Im Gammastrahlenbereich beteiligten sich deutsche Wissenschaftler am NASA-Projekt eines Gammastrahlen-Observatoriums GRO auf einem Satelliten, dessen Start 1991 erfolgte. Dieses für eine Betriebsdauer von mindestens zehn Jahren ausgelegte Observatorium wird vier sich gegenseitig in ihren Abbildungsweisen ergänzende Teleskope mit sich führen, von denen zwei unter maßgeblicher Mitarbeit des Instituts für Extraterrestrische Physik des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik entwickelt worden sind. Das eine, COMPTEL, arbeitet im Strahlungsenergiebereich von 1 bis 30 Millionen Elektronenvolt, das andere, EGRET, im Bereich von 20 Millionen bis 20 Milliarden Elektronenvolt. GRO ist im Gammastrahlenbereich etwa zehnmal empfindlicher als bisherige Teleskope, und man rechnet deshalb mit der Entdeckung von zumindest einigen hundert neuen Gammastrahlungsquellen.

Neutrinoastronomie

Im Hinblick auf die Neutrinos schließlich, für die die Astrophysiker noch nahezu «blind» sind, sofern es

um ihren experimentellen Nachweis geht, haben deutsche, französische, israelische und italienische Forscher unter Leitung des Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg mit dem Großexperiment GALLEX eine ganz besondere «Falle» angelegt – tief unter der Erdoberfläche, damit andere kosmische Strahlungen die Messungen nicht stören. Dazu ist etwa 140 Kilometer östlich von Rom im Gran Sasso-Massiv der Abruzzin in 1200 Meter Tiefe eine große Felshöhle angelegt worden, in der in einem zentralen Experiment nicht weniger als 30 Tonnen des silbrig-weißen Metalls Gallium – das ist mehr als die Hälfte der Weltjahresproduktion – aus dem Milliardenstrom der Neutrinos einige wenige wechselwirkend auffangen sollen, was dann mühsam nachgewiesen werden muß. Vielleicht wird man so mehr über die wahre Natur der Neutrinos und vor allem über ihre wahre (Ruhe-)Masse erfahren können, mit der sich ja eine der Schicksalsfragen des Universums ebenso verbindet wie die Überprüfung der Theorien von den nuklearen Vorgängen in den Sternen.

Laser-Meßverfahren

Gleichsam einen neuen Test für «Einsteins Universums» gilt wiederum die Entwicklung eines trickreichen Laser-Meßverfahrens, mit dem Forscher des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching bei München die bisher in aller Welt erfolglose Suche nach Gravitationswellen fortsetzen wollen: winzigsten Längenveränderungen von kürzester Dauer, die das raumzeitliche Gefüge des Universums im Gefolge von Sternkatastrophen gleichsam hauchzart erzittern lassen. Dieses Zittern will man am dann veränderten Überlagerungsbild – der Interferenz – von Teilstrahlen eines Lasers nachweisen, die einander entgegelaufen. Das soll in einem Meßsystem in Form eines gleichschenkligen Dreiecks von drei Kilometer Seitenlänge geschehen, in dem solche Laserteilstrahlen auf den drei Meßstrecken bis zu fünfzehnmal «hin- und hergefaltet» werden, also jeweils bis zu 45 Kilometer Wegstrecke durchlaufen sollen, was die Meßgenauigkeit erheblich erhöht. Sollte mit dieser Apparatur, die Forscher und Entwickler vor größte Herausforderungen stellt, tatsächlich einmal ein Erzittern des Weltalls erfaßt werden, würde das dann endlich faßbare Phänomen der Schwerkraftwellen ein neues und wohl auch besonders faszinierendes Fenster zum Universum öffnen, dessen große Bedeutung kaum abzuschätzen ist.

Schlußbemerkungen

Noch manches wäre dieser Aufzählung hinzuzufügen, so vielleicht auch die Erinnerung an die überaus erfolgreiche Mission der Sonde «Giotto» zum Kometen Halley, an der deutschen Astrophysiker ebenfalls einen großen Anteil haben. Doch soll nun mit einem Zitat aus der «Denkschrift Astronomie» ein Schluß versucht werden, der die Astrophysiker selbst nicht nur als wissenschaftlich Arbeitende, sondern auch als Engagierte zeigt: **«Das Ziel der Astronomie ist die Erforschung des Weltalls und, in einem spezifischeren Sinn, das physikalische Verständnis seiner grundlegenden Strukturen und Abläufe. Sie stellt eine der großen Herausforderungen der Menschheit dar, an ihren Intellekt und an ihre technischen Fähigkeiten ebenso wie an ihr Gefühl für Schönheit und ihre Lust an dem Abenteuer, Grenzen zu überschreiten, die bis dahin als unüberwindbar galten.»**

Anschrift des Verfassers: **Ralf H. Simen**, «deutscher Forschungsdienst – digest für Jugend und Bildungseinrichtungen», Ahrestraße 45, W - 5300 Bonn

In memoriam

Im März 1991 verstarb Prof. Dr. Oskar Mader. Er war ein anerkannter Wissenschaftler, insbesondere auf den Gebieten der pädagogischen Theorie, der Schulmathematik und der Schulastronomie. Oskar Mader erwarb sich bleibende Verdienste bei der Einführung des Astronomieunterrichts an den Schulen der ehemaligen DDR sowie bei der Bestimmung der Ziele und Aufgaben des Faches Astronomie. Dem Verstorbenen wahren wir ein ehrendes Andenken.

Sternfreunde aus West und Ost trauern um Studiendirektor Hans Ludwig Neumann aus Offenbach. Der bescheidene Amateurastronom widmete sich über seinen Beruf vor allem der fachgerechten Vermittlung der Astronomie in Schul- und Volkssternwarten. Seine Offenheit für neue Ideen, seine profunde Fachkenntnis wurden geschätzt, sein guter Rat gern angenommen. Wer ihn im Oktober 1990 auf dem Deutschen Sternfreundetreffen in Hof «Auf Wiedersehen» sagte, konnte nicht wissen, daß Hans-Ludwig Neumann wenige Monate später, im Februar 1991, nach einer rasch fortschreitenden Erkrankung, von uns gehen mußte.

Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Beziehungen zwischen Wissenschaft und Glauben

Uwe Seidenfaden

«Wenn ich sehe den Himmel, deiner Finger Werk, den Mond und die Sterne, die du bereitet hast: Was ist der Mensch, ... daß du dich seiner annimmst?»

Psalm 8, 4–5

Die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Glauben sind überschattet durch das düstere Kapitel der Inquisition, gestand Papst *Johannes Paul II.* in seiner Botschaft an die Teilnehmer einer interdisziplinären Konferenz anlässlich des 300. Jahrestages der Publikation *Newtons Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.

Die Geschichte aufzuarbeiten und Potenzen für die zukünftige Kommunikation zwischen Kirche und den Akademien herauszufinden, ist Ziel von Studienwochen in Castel Gandolfo, dem Sitz des Specola Vaticana, an denen regelmäßig führende Wissenschaftler und Theologen aus aller Welt teilnehmen. unlängst wurde *Ronald Sagdejew*, ehemals Direktor des Instituts für kosmische Forschungen der AdW der UdSSR, in die vatikanische Gelehrten-gesellschaft aufgenommen.

Zur Suche nach der Wahrheit

Es ist unumstritten, daß sowohl die wissenschaftliche Gemeinschaft wie auch die Kirche als Teile der Kultur des Menschen einen starken Einfluß auf die Entwicklung von Ideen haben, deren Bewertung die Grundlage menschlichen Handelns ist. Beide gehen sie zurück auf die frühe Form der Schule, doch während die Wissenschaft in Zweifel zieht, ihre Ideen am Grad der Übereinstimmung mit der Realität mißt, definiert die Theologie das Verständnis durch den Glauben als *«fides quaerens intellectum»* zu erreichen.

Das Ziel, die **Suche nach der Wahrheit, die Suche zu erfahren, wer wir sind und wohin wir gehen**, ist das gleiche. Die Mittel sind verschieden. Der christliche Glauben besitzt die Quelle eines Strebens in sich. Er benötigt keine Wissenschaft zur Rechtfertigung, und Wissenschaft bedarf keines Glaubens, mit Ausnahme dessen, daß die Welt prinzipiell erkennbar ist.

Berührungspunkte zwischen Theologie, Wissenschaft und Philosophie

In der zweitausendjährigen Geschichte gab es viele Berührungspunkte zwischen der Theologie, der Wis-

senschaft und der Philosophie. Teils waren sie zum gegenseitigen Vorteil, oft endeten sie in den niemand nützenden Konflikten. Ob *Galileo Galilei* verurteilt worden wäre, wenn er eingestanden hätte, daß das kopernikanische System eben auch nur ein Modell zur Beschreibung der komplexen Wirklichkeit ist, bezweifelt der heutige Direktor des Specola Vaticana, Professor *George Coyne*; und er fügt hinzu: *«Galilei war sicher ein viel besserer Theologe als jeder Kardinal, der ihn verurteilte. Galilei hatte ein Verständnis der Heiligen Schriften wie kein anderer»*. Trotzdem erkannte er offensichtlich nicht, daß Wissenschaftler immer nur mit Hypothesen arbeiten; eine besser als die andere, aber es sind doch nur Theorien, die darin verliebte Wissenschaftler für die Realität halten. Von *Albert Einstein* ist bekannt, daß der Nachweis der Lichtablenkung an der Sonne in Folge der Gravitation auf ihn wenig Eindruck machte, obwohl es doch ein erster Beweis für die Richtigkeit seiner Relativitätstheorie war. *Einstein* war von seiner Theorie derart überzeugt, daß es für ihn keines Beweises bedurfte.

Zwar wurde das Urteil der römisch-katholischen Kirche gegen *Galilei* 1979 durch Papst *Johannes Paul II.* aufgehoben, doch die Kluft zwischen Kirche und Akademien besteht fort. **Ist die wissenschaftliche Gemeinschaft zur kritischen Offenheit gegenüber der Kirche bereit?** Bekanntlich hat nicht allein die Kirche ihre Unschuld in der Inquisition eingebüßt, sondern auch die Wissenschaft hat sie mit der Entwicklung der Atombombe verloren. Für die Wissenschaft besteht kein Grund sich als die Überlegenere zu fühlen. Bislang, in der ehemaligen DDR oft verdrängt, gab es auch positive Berührungspunkte zwischen Kirche und Wissenschaft. Die aristotelische Naturphilosophie half den Theologen, das Wesen der Sakramente in ihrer grundlegenden Einheit zu entdecken. Die weitere Entwicklung der Wissenschaft erfordert jedoch von den Theologen ein viel tieferes Verständnis, als es für die Einführung der Lehren des *Aristoteles* in der Westeuropa des 13. Jahrhunderts vonnöten war. *«so daß wir hoffen, daß Wissenschaft das theologische Verständnis und so die Beziehungen zwischen Mensch, Natur und Gott bereichert»* erklärte *Johannes Paul II.*

Die päpstlichen Astronomen – sie verstehen sich in erster Linie als Wissenschaftler – geben den Theologen Grundkenntnisse über die derzeitigen

Grenzen der astronomischen Forschung. Für jene ist es wichtig, daß sie den Wert der Theorien für den christlichen Glauben einschätzen können. Wenn die Kosmologie des Nahen Ostens mit ihren Schöpfungsmythen in die ersten Kapitel der Genesi Eingang fand, sollte dann nicht auch die moderne wissenschaftliche Kosmologie in vergleichbarer Weise in der «Schöpfung» reflektiert sein? **Welche Folgerung hat die Eschatologie (Lehre vom Schicksal des einzelnen im Universum) im Lichte der Zukunft des sich entwickelnden Kosmos? Welche Bedeutung hat eine evolutionäre Perspektive in der theologischen Anthropologie, im Glauben des Menschen imago Dei?** Das sind nur einige der Fragen, die im Brennpunkt des Interesses der Theologen stehen. Unterschiedliche Begriffsinhalte, z. B. der Wörter Schöpfung, Materie, Strahlung in Religion, Wissenschaft und Philosophie sind nur ein Problem, das der gegenseitigen Aufklärung bedarf. Damit hier kein Mißverständnis aufkommt: Es geht nicht darum, aus der Theologie eine Pseudo-Wissenschaft zu machen oder aus Wissenschaft unseriöse Theologie. Eine Verbesserung der Beziehungen zwischen Kirche und Akademien soll sich nicht darauf beschränken, daß die Kirche Laboreinrichtungen des Jet Propulsion Laboratory der NASA (bekannt durch die Leitung der Raumfahrtmissionen zu den jupiterähnlichen Planeten) nutzt, um die Identität des möglichen Leichentums von Jesus Christus zu klären; oder die Satellitenfernerkundung eingesetzt wird, um in der Umgebung des Sees Nazareth auf Spurensuche nach dem Wirken des Gottessohnes zu gehen.

Gemeint ist ein Dialog, der mit größter kritischer Offenheit vor dem Hintergrund verschiedener Standpunkte, aber basierend auf gemeinsamen Interessen, verstärkt geführt werden sollte. Warum ist er nötig? In der Kirche vollzieht sich ein Prozeß der Wandlung; man bekennt sich zur Mitschuld am Anti-Semitismus, der Sinn für eine «Welt-Kirche,» in der nicht mehr länger die westlichen, d. h. europäischen, Werte dominieren, wächst. Der Motor ist die Vision von der Einheit der Welt, aller Menschen, «alles kann eins sein» (Jn 17:20). Eine Einheit als Konsequenz der Liebe, wie sie der christliche Glaube verheißt!

Die Suche nach Vereinheitlichung und Vereinfachung ist auch in der Wissenschaft präsent, auch wenn sie sich dort in anderer Weise äußert. Physiker suchen die Vereinheitlichung der Wechselwirkungen, die am Beginn unseres Universums gestanden haben soll. Biologen suchen nach dem Urgen, der Vater- oder Mutterbotschaft alles Lebenden auf diesem Planeten.

Wissenschaftler wie Theologen sind Menschen; sie machen Fehler. Der Molekularbiologe und ehemalige Direktor des Pasteur-Instituts, Nobelpreisträger *Jaques Monod*, kam angesichts seiner wissenschaftlichen Erkenntnisse zu dem Schluß: «*Der Mensch weiß endlich, daß er allein ist in der gleichgültigen Unermeßlichkeit des Universums, aus der er nur durch Zufall aufgetaucht ist. Über sein Schicksal und seine Pflicht wurde niemals entschieden*». Ähnlich äußert sich der Kosmologe *Steven Weinberg* in seinem Buch «Die ersten drei Minuten»: «*Je begreiflicher uns das Universum wird, um so sinnloser erscheint es auch*». Ist das Ergebnis aller Wissenschaft letztlich nur eine Entzauberung der Welt? Für *Albert Einstein* spinozistische Grundeinstellung zur Natur war charakteristisch, daß er sich das Staunen behielt. Er begnügte sich damit zu erkennen, daß hinter dem Erforschten ein unendlich tiefer Ozean des Unergründlichen liegt, von dem wir staunend nur eine blasse Ahnung bekommen. Dies zu erfassen, in diesem Sinne empfand *Einstein* sich als religiös.

Auch *Weinberg* beschließt sein Buch mit einem Schimmer Hoffnung, wenn er schreibt: «*Das Bestreben, das Universum zu verstehen, hebt das menschliche Leben ein wenig über eine Farce hinaus und verleiht ihm einen Hauch von tragischer Würde*! In der päpstlichen Botschaft heißt es: «*Wissenschaft kann die Religion von Fehlern und Aberglauben reinigen. Die Religion kann die Wissenschaft von Vergötterung und falschen Absolutitäten reinigen*». Professor *Coyne* fügt hinzu: «*Solange wir die Unabhängigkeit der verschiedenen Wege akzeptieren, kann die Kommunikation zwischen beiden fruchtbar sein. Ein Risiko ist es, beides miteinander zu vermischen*». Sowohl Religion als auch Wissenschaft tragen das ihrige dazu bei, zu erfahren, wer wir sind und wohin wir gehen. **Unser Ziel, das Überleben der Menschheit und das Glück jedes Individuums, ist nur in größerer Einheit der Welt möglich.**

Quellenverzeichnis

- /1/ Hrgs. Coyne, George, S. J.: *Our knowledge of God and Nature: Physics, Philosophy and Theology* a Vatican Study Week, Pontifical Academy of Sciences (1988) 66pp.
- /2/ Kusnecov: *Einstein – Leben, Tod, Unsterblichkeit*. Berlin 1977
- /3/ Weinberg, Steven: *Die ersten drei Minuten*. München, Zürich 1977
- /4/ Einstein, Albert: *Mein Weltbild*. Zürich, 1953

Anschrift des Verfassers: **Uwe Seidenfaden**, Lübecker Str. 45, O-3018 Magdeburg

Eine Sternbilderkartei als Hilfe für Lehrer und Schüler

Günter Zimmermann

Ziel meiner Kartei

In der Astronomie ist die Beobachtung die wichtigste Grundlage für die Erkenntnisgewinnung. Eine wichtige Voraussetzung für das Beobachten ist aber die Fähigkeit, sich zu orientieren. Erfahrungen zeigen, daß es im September nur wenigen Schülern **allein** gelingt, von der Sternkarte ausgehend, alle geforderten Sternbilder selbständig am Himmel zu finden.

Beobachtungsabende erfordern vom Lehrer, neben gewissen Fähigkeiten im Umgang mit dem Fernrohr, auch Kenntnis über das Auffinden bestimmter Sternbilder bzw. Objekte am Sternhimmel. Das wird um so problematischer, wenn es sich um spezielle Objekte, wie z. B. den Andromedanebel oder bestimmte Sternhaufen u. a., handelt. Um diese Probleme abzubauen, habe ich mir eine **Kartei von einigen Sternbildern** angelegt. Diese nutze ich **im Zusammenhang** mit einer Reihe selbstgefertigter **Diapositive** und **Folien**, die diese Sternbilder zeigen.

Aufbau und Gliederung der Kartei bzw. einer Karteikarte

Meine Kartei ist so aufgebaut, daß sie durch eine Farbkante am oberen Rand jeder Karte eine Einteilung der Sternbilder in Frühlings-, Sommer-, Herbst-, Winter-, Tierkreis- und zirkumpolare Sternbilder erkennen läßt, so daß zu einem Beobachtungsabend niemals die gesamte Kartei erforderlich ist. Jede Kartei hat etwa folgende Gliederung:

- Name des Sternbildes, lateinischer Name, Abkürzung;
- Skizze mit Bezeichnung und Farbe der Hauptsterne;
- Sage, die zum Sternbildnamen führte (gekürzt);
- Besonderheiten im Sternbild (besondere Fakten u. ä.);
- Nachbarsternbilder.

Siehe auch Karteikarte in diesem Heft!

Nutzen der Kartei für den Lehrer

Das Auffinden und Einprägen der Sternbilder (mit und ohne Konturen) bedarf nach meinen Erfahrungen auch für Lehrer fortgesetzter Übungen. Dazu ist

es erforderlich, die besonderen Konturen des Einzelsternbildes in der Abbildung der Karteikarte zu erfassen und in das projizierte Diapositiv gedanklich zu übertragen. Erst wenn das Sternbild so problemlos erkannt wird, lohnt ein Aufsuchen am Himmel. Dabei muß dem Lehrer zur Orientierung zunächst die Sternkarte helfen. Die Karteikarte kann dann schließlich zum Herausfinden einzelner Objekte dieses Sternbildes herangezogen werden.

Nachdem sich so der Lehrer selbst zur Orientierung am Sternhimmel befähigt hat, dürfte ein Angstgefühl vor Schülerbeobachtungen weitestgehend abgebaut sein, so daß die Arbeit mit seinen Schülern in fast analoger Form ablaufen kann. In den ersten Stunden auf der Wandkarte gezeigte, in der Kartei (vergrößert) betrachtete und als Lichtbild projizierte Sternbilder müssen den Schülern nach und nach vertraut gemacht werden. Erst dann wird nach meinen Erfahrungen das Erkennen der Sterngruppen in der Natur für eine **größere** Anzahl von Schülern erreicht.

Von Hauptsternen und besonderen Objekten (Doppelsterne, veränderliche Sterne, Sternhaufen, Nebel o. ä.) im entsprechenden Sternbild können schließlich nähere **Angaben** (z. B. Entfernungen, Helligkeiten, Größenangaben, Namen) entnommen und in den Unterricht einbezogen werden.

Um die Schüler zur Orientierung am Sternhimmel zu befähigen, gilt es, die vorher im Unterricht gewonnenen **Fähigkeiten im Erkennen** bestimmter Sternbilder in **Fertigkeiten beim Aufsuchen und Wiedererkennen am Sternhimmel** zu verwandeln.

Voraussetzung dafür ist, daß der Lehrer seinen Schülern die Sterngruppen bei der ersten Beobachtung erst einmal zeigt. Die Karteikarte sollte dabei nochmals einbezogen werden.

Um in der Arbeitsgemeinschaft besondere Objekte mit dem Fernrohr aufzusuchen, bediene ich mich gern der Kartei, weil eine Orientierung an bestimmten Sternen der Abbildung recht vorteilhaft ist.

Nutzen der Kartei für die Schüler

Wie bereits erwähnt, hilft auch den Schülern die wiederholte Nutzung der Karteikarten beim Einprägen der Konturen der Sternbilder. Besonders Schülern, denen es schwerfällt, sich die Hilfslinien wegzuden-

ken, wenn sie vorher im Unterricht in «täglichen Übungen» wiederholt mit derartigen Diapositiven, Abbildungen oder Folien konfrontiert wurden.

Der Einsatz entsprechender Bilder in Leistungskontrollen oder zum gegenseitigen Abfragen in Gruppen stellt eine mögliche methodische Variante dar, erhöht aber in jedem Fall die Aktivität der Schüler im Unterricht.

Im fakultativen Unterricht wird u. a. im zweiten Jahr folgende Forderung mit Hilfe der Kartei realisierbar. «Im Sternhimmel Herkules befindet sich der schönste Kugelsternhaufen des nördlichen Sternhimmels, M 13. Erläutern Sie, wie man vorgehen müßte, um ihn zu finden.» Das ist eine anspruchsvolle, aber von guten Schülern realisierbare Aufgabe, die das Vorgehen bei der Suche von Beobachtungsobjekten mit **einfachen** Beobachtungsgeräten verdeutlicht. Kennt ein Schüler die Konturen eines Sternbildes und bekommt er dieses am Beobachtungsabend gezeigt, so ist er in der Regel in der Lage, das Sternbild nach wenigen Minuten wiederzufinden. Das Auffinden nach einigen Tagen und das Einprägen am Himmel setzt aber bereits **selbständiges** praktisches Üben, auch zu Hause, voraus. Ich beziehe daher auch am Beobachtungsabend die Kartei an einzelnen Stationen mit ein, lasse Bild und Wirklichkeit miteinander vergleichen, um den Grad des selbstän-

digen Wiederfindenkönnens zu erhöhen. In einigen Fällen (z. B. bei Sommerdreieck und Wintersechseck) hilft die Angabe der Nachbarsternbilder auf der Kartei beim Auffinden (eventuell mit Unterstützung der drehbaren Sternkarte).

Abschließende Bemerkungen

Mein Ziel war es, in meinen Ausführungen ein **handliches, in kurzer Zeit nutzbares Unterrichtsmittel**, das jungen Kollegen und Nichtfachlehrern die Beobachtungs«angst» mindern und für Schüler eine Anleitung zum Auffinden von Sternbildern und kosmischen Objekten darstellen soll, vorzustellen und auf seine Vorzüge aufmerksam zu machen. Ich bin mir dessen bewußt, daß meine Erfahrungen noch nicht in jeder Hinsicht ausreichen, um Zustimmung zu finden. Aber gemessen an meinen Erfolgen mit dieser Kartei, kann ich dieses Unterrichtsmittel nur empfehlen. Ich möchte aber auch nicht verschweigen, daß der Zeitaufwand zur Anfertigung dieser Kartei sehr hoch ist. Er lohnt sich aber, da die Sternbilderkartei über viele Jahre hinweg genutzt werden kann.

Anschrift des Verfassers: **Günter Zimmermann O - 6600 Greiz**, Rudolf-Breitscheid-Str. 83

Geschichte der Astronomie im Unterricht

Helmut Bernhard

Der Astronomieunterricht gibt mit Hilfe ausgewählter Beispiele Einblick in die Geschichte der Astronomie. Die Schüler eignen sich Wissen über wichtige Entwicklungsstadien der Astronomie an, erfahren von den Leistungen bedeutender Astronomen sowie von den Auseinandersetzungen, welche den historischen Erkenntnisprozeß begleiteten.

Im Unterricht ist die Aneignung von historischem und sachlogischem Wissen eng miteinander verknüpft. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, daß die Schüler am konkreten Sachgegenstand das astronomische Weltbild in seinem Werden, in seiner historischen Entwicklung erleben. Sie erhalten Einblick in die Relativität menschlicher Erkenntnis, in das methodische Vorgehen der Wissenschaft bei der Erforschung des Weltalls und in die Abhängigkeit des wissenschaftlichen Fortschritts vom Entwicklungsstand der Beobachtungstechnik. Gleichzeitig empfinden sie die menschlichen Leistungen im Er-

kenntnisprozeß nach und erfahren vom komplizierten, oft widersprüchlichen, von Auseinandersetzungen begleiteten geschichtlichen Werdegang der Astronomie.

Das Nachvollziehen des historischen Weges läßt die Schüler begreifen, warum und wie eine wichtige Erkenntnis zu einem bestimmten Zeitpunkt gewonnen wurde, welche Bedeutung sie für den Fortschritt der Astronomie hatte, welche neuen Fragen und Probleme sie als Triebkraft für den weiteren Werdegang der Wissenschaft aufwarf.

Historische Inhalte lassen sich zur Erreichung der Ziele des Astronomieunterrichts vielfältig nutzen, z. B.

- zum Nachvollziehen des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses
- zur Würdigung der Leistungen von Persönlichkeiten der Astronomie zum Zwecke der Vorbildwirkung

- als Motivation und zur Gestaltung von Problemsituationen bei der Aneignung von grundlegendem Wissen über das Weltall
- zur Auseinandersetzung mit abergläubischen Vorstellungen über den Kosmos
- zum Erkennen der Beziehungen zwischen Astronomie und Menschheit.

Mit Hilfe ausgewählter Beispiele soll gezeigt werden, wie im Unterricht geschichtliche Inhalte wirkungsvoll zum Tragen gebracht werden können.

Nachvollziehen des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses

Der wissenschaftliche Erkenntnisprozess in der Astronomie unterlag in seiner historischen Entwicklung wechselwirkenden Einflüssen, wozu das jeweilige Erkenntnisniveau, der Entwicklungsstand der Beobachtungstechnik, die wissenschaftlichen Bedürfnisse sowie das Wirken herausragender Astronomen gehören. Deshalb ist es erforderlich, daß dort, wo im Unterricht Möglichkeiten bestehen, die Schüler den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess bewußt nachvollziehen.

Bei der Aneignung von astronomischem Wissen drängen die Schüler vom Nahen zum Entfernten vor. Damit sind Voraussetzungen gegeben, um den historischen Werdegang der astronomischen Wissenschaft erlebbar zu gestalten. Die Schüler lernen zunächst das Sonnensystem, später das Milchstraßensystem, dann Galaxien und Galaxienhaufen und schließlich den Aufbau der Metagalaxis kennen. Dabei wird ihnen mit Hilfe konkreter Sachverhalte bewußt, warum und wie die Wissenschaft in immer größere Tiefen des Weltalls vordrang. Sie erfahren, daß die ständige Erweiterung des Beobachtungshorizontes immer leistungsfähigere Fernrohre und die Nutzung neuer Beobachtungsmittel, z. B. den Einsatz von Radioteleskopen, voraussetzte. Bei Behandlung kosmischer Systeme sollte eine grobe zeitliche Einordnung ihrer Erforschung gegeben werden. Die Erkundung des Sonnensystems begann bereits im Altertum. Das zielgerichtete Studium des Milchstraßensystems setzte im 19. Jahrhundert ein. Galaxien, Galaxienhaufen und der Aufbau der Metagalaxis sind Forschungsgegenstände im 20. Jahrhundert. Diese chronologische Reihenfolge verdeutlicht Entwicklungsstadien der astronomischen Wissenschaft.

Wichtig ist, daß die Schüler in die Lage versetzt werden, stets Bezüge zum eigenen kosmischen Standort herzustellen, um unser Sonnensystem in immer größere Zusammenhänge einzuordnen. Bei

Zuordnung des Sonnensystems zur Galaxis erfahren sie, wie sich Vorstellungen über den Standort der Sonne im Milchstraßensystem historisch entwickelten. Die Erörterung der Galaxien ist mit einer Betrachtung des Andromedanebels verbunden. Hierbei kann die Frage aufgeworfen werden, warum dieses Objekt die irreführende Bezeichnung «Nebel» trägt, wobei deutlich werden soll, daß die Benennung historischen Ursprung hat. Letztlich müssen die Schüler in der Lage sein, den Aufbau der Metagalaxis zu beschreiben und das Sonnensystem in die Metagalaxis einzuordnen. Sie gelangen dabei zu folgenden wertvollen Erkenntnissen:

- Die Entwicklung der Beobachtungstechnik ermöglicht das Vordringen in immer größere Raumbereiche des Weltalls
- Die jeweilige Beobachtungsgrenze ist keine Grenze des Weltalls
- Ein Blick über große räumliche Entfernungen ist ein Blick in die Geschichte des Weltalls.

Bei Beobachtung der täglichen Bewegung des Sternhimmels erleben die Schüler, wie aus dieser Erscheinung im Altertum der geozentrische Schluß abgeleitet wurde, die Erde sei Zentrum der Bewegung der Himmelskörper. Die Ursache dieser Erscheinung wird ihnen erklärt. Im weiteren Unterricht erhalten sie Einblick in das kopernikanische Weltbild. Sie erfahren von den wissenschaftlichen Leistungen *Copernicus*, dessen Erkenntnisse nicht auf unmittelbarer Anschauung, sondern vor allem auf zwingenden Schlüssen logischen Denkens fußte.

Würdigung der Leistungen herausragender Persönlichkeiten

Der Erkenntnisfortschritt in der Astronomie wird vor allem durch das Wirken bedeutender Persönlichkeiten bestimmt. Deshalb ist es sinnvoll, bei historischen Betrachtungen Persönlichkeiten zu würdigen, die in der Geschichte der Astronomie Hervorragendes leisteten. Die Schüler sollen die Namen der Wissenschaftler und auch den ungefähren Zeitraum kennen, in dem sie wirkten, z. B. *Copernicus* um 1500 oder *Hubble* um 1930. Sie müssen wissen, welche Leistungen der Gelehrte vollbrachte und welche Bedeutung er für den Fortschritt in der Astronomie hatte. Die Schüler erfahren z. B., daß *Kepler* um 1600 die wahren Planetenbahnen auffand und die Bewegungsgesetze der Planeten formulierte. Damit wurden bisherige Vorstellungen über Planetenbewegungen mit der Wirklichkeit in Übereinstimmung gebracht und das heliozentrische Weltbild weiterentwickelt. Dabei sollte auch auf die Verantwortung und

Haltung des Gelehrten gegenüber seinen wissenschaftlichen Ergebnissen eingegangen werden.

Hier geht es u. a. darum, aufzuzeigen, wie *Galilei* und *Bruno* trotz bestehender wissenschaftlicher Vorbehalte und im Gegensatz zu den Auffassungen der damals Herrschenden sich mit Konsequenz für die Verbreitung des heliozentrischen Weltbildes einsetzten, was zu ihrer Verfolgung und Verurteilung durch die Inquisition führte.

Gestaltung von Problemsituationen mittels historischer Inhalte

In der Entwicklung der astronomischen Wissenschaft treten oft Probleme auf, welche die Astronomen zu Vermutungen veranlaßten und den Erkenntnisprozeß vorantrieben. Echte wissenschaftliche Probleme sollten im Unterricht genannt werden. Bei Behandlung der Planeten kann darauf hingewiesen werden, daß im Altertum nur jene Planeten bekannt waren, die mit bloßem Auge sichtbar sind. Am Ende des 18. Jahrhunderts entdeckte *Herschel* mit seinem Teleskop den Planeten Uranus. Bald stellte sich eine Abweichung des Uranus von der vorausgerechneten Bahn dar. Der Lehrer kann die Frage aufwerfen, zu welchen Vermutungen die Astronomen durch diese aufgetretene Differenz veranlaßt wurden. Da kurz zuvor die Planetengesetze behandelt wurden, kommen die Schüler relativ schnell zu dem Schluß, daß die Gravitationskraft eines damals noch unbekannten Himmelskörpers die Bahn von Uranus beeinflusst. Anschließend läßt sich emotional wirkungsvoll die Entdeckung des Planeten Neptun schildern.

An anderer Stelle des Unterrichts können wissenschaftliche Probleme in der Geschichte der Astronomie nur genannt werden. Bei Erörterung des kopernikanischen Weltbildes erfahren die Schüler, daß *Copernicus* den Umlauf der Erde um die Sonne nicht durch Beobachtungsdaten belegen konnte, was bei nicht wenigen Astronomen Zweifel (z. B. *Brahe*) und Vermutungen auslöste. Der Erdumlauf mußte eine Verschiebung der Sterne an der scheinbaren Himmelskugel (Sternparallaxe) zur Folge haben. Erst etwa 300 Jahre später konnte dieses Problem mittels Anwendung verbesserter Meßtechnik von *Bessel* u. a. durch das Bestimmen der ersten Sternparallaxen gelöst werden.

Zur Auseinandersetzung mit abergläubischen Vorstellungen über den Kosmos

Wie in jeder Wissenschaft, so ist auch der historische Erkenntnisweg der Astronomie ein Weg vom

Nichtwissen zum Wissen zum immer umfangreicheren und tieferen Wissen. Nichtwissen oder geringes Wissen über das Weltall und seine Erkenntnisgegenstände führte in der Geschichte der Astronomie zu spekulativen Fehldeutungen, zu mystisch-abergläubischen Vorstellungen. Zur Festigung ihrer wissenschaftlichen Weltansicht sollten die Schüler mit Hilfe konkreter Beispiele Einblicke in solche Irrwege erhalten.

Insbesondere gibt es bei Schülern – gefördert durch Fernsehen, Rundfunk und Presse – Fragen zur Astrologie, die oft schon in der Einführungsstunde gestellt werden. Diese sollten sofort oder spätestens bei Erörterung der Entwicklung unserer heutigen Vorstellungen vom Sonnensystem beantwortet werden. Gleichzeitig ist es erforderlich, sich mit Argumenten der Astrologie auseinanderzusetzen. Im Blickpunkt sollte die Beantwortung folgender Fragen stehen:

- Wann und warum entstand die Astrologie?
- Womit beschäftigt sich die Astrologie?
- Warum gehört aus der Sicht der modernen Astronomie die Astrologie in den Bereich des Aberglaubens?
- Weshalb findet astrologisches Gedankengut bis zur Gegenwart Verbreitung?

Zunächst sollte auf die Rolle der Astrologie im Kulturleben der Menschen des Altertums und Mittelalters eingegangen werden. Zu jener Zeit hatten die Menschen eine sehr enge Beziehung zur Natur und nahmen einen Zusammenhang von Weltall, Erde und Mensch an. Gefördert durch die damals Herrschenden glaubten sie, die Sterne hätten Einfluß auf das Schicksal der Menschen. Über Jahrhunderte war die Astrologie wichtigste Triebkraft für Himmelsbeobachtungen, was zur Vertiefung der Erkenntnisse über das Weltall führte. Der Erkenntnisfortschritt in der Astronomie widerlegte astrologisches Gedankengut immer beweiskräftiger. Es lassen sich Beispiele für die aus gegenwärtiger Sicht pseudowissenschaftlichen Grundlagen der Astrologie nennen, wozu die Annahme des geozentrischen Weltbildes und die nach heutiger Erkenntnis falsche Vorstellung, daß die Sonne zu Frühlingsanfang im Sternbild des Widlers steht, gehören. Stets bemühen sich die Astrologen, ihre Lehre der astronomischen Erkenntnis anzupassen. Obwohl die Astrologie vor allem auf Vorstellungen des Altertums fußt, wurden auch die Planeten Uranus, Neptun und Pluto nach ihrer Entdeckung in die Sterndeutung einbezogen. So wird z. B. dem Planeten Uranus ohne überzeugenden Beweise „revolutionäre Wirkung“ zugeschrieben. Nach Auffassung der Astrologen stehen die Planeten zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem

bestimmten Ort stellvertretend für bestimmte Kräfte, die nicht näher definiert werden, aber das Leben der Menschen beeinflussen, was als Schicksal bezeichnet wird. Für die genannten und auch anderen irrationalen Vorstellungen über den angeblichen Einfluß der Sterne fehlt bisher jeglicher statistischer Nachweis.

Den Schülern sollte der Unterschied zwischen angeblichen und wirklichen kosmischen Einflüssen auf die Erde deutlich werden. Wichtig ist, daß sie die Zählebigkeit astrologischen Gedankengutes erkennen und auch Schlüsse für ihre eigene Haltung ziehen. Aus Erfahrung wissen wir, viele Menschen sind an ihrer Zukunft interessiert, was sich die Astrologie zunutze macht. Sie ist heute meist ein Erwerbszweig, der leichtgläubigen Menschen und auch die allgemeine Unsicherheit in der Welt mit wertlosen Angaben ausnutzt. Den Schülern sollte bewußt werden: Astrologie ist ein Zusammenspiel von Aberglauben, Scharlatanerie und Geschäft.

Zum Erkennen der Beziehungen zwischen Astronomie und Menschheit

Wie bei jeder Wissenschaft hängt auch der Fortschritt in der Astronomie vor allem von den praktischen Bedürfnissen und Erkenntnisinteressen der Menschen ab. Diese Einsicht läßt sich an konkreten Beispielen belegen. So wird z. B. erläutert, welche praktischen Bedürfnisse der Menschen im Altertum zur Entstehung der Astronomie führten und welche Bedeutung moderne astronomische Erkenntnisse für die Menschheit haben. Obwohl sich der Philosoph *Kant* bereits um 1750 in seinen Frühschriften spekulativ zur Entwicklung im Weltall äußerte und der Astronom *Herschel* um 1800 diese Gedankengänge durch Beobachtungsdaten nachzuweisen versuchte, kamen diese weitreichenden Überlegungen der beiden Gelehrten erst in unserem Jahrhundert zum Tragen. Bei Behandlung der Sternentwicklung kann u. a. die Frage diskutiert werden, warum bis zum Ende des 19. Jahrhunderts kein allgemeines Interesse an der Erforschung der Sternevolution bestand. Wie die Entwicklung wesentlicher astronomischer Erkenntnisse von geistigen Auseinandersetzungen begleitet war, läßt sich am Beispiel des kopernikanischen Weltbildes demonstrieren. Bei einer vergleichenden Betrachtung zwischen dem geozentrischen und heliozentrischen Weltbild werden die wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Weltbildern genannt und erläutert, weshalb das kopernikanische Weltbild im Mittelalter angezweifelt wurde und damit Anfechtungen ausgesetzt war. Der wei-

tere Unterricht läßt Konsequenzen begreifen, die sich für den ferneren Erkenntnisfortschritt aus dem kopernikanischen Weltbild ergaben. Bei Behandlung der Galaxis wird das Sonnensystem in das Milchstraßensystem eingeordnet. Ein Vergleich der Stellung der Sonne im Sonnensystem und in der Galaxis führt zu dem Schluß, daß die Sonne kein Zentrum im Weltall ist. Der weitere Unterrichtsverlauf verdeutlicht, auch unsere Galaxis hat keine Mittelpunktstellung. Im überschaubaren Weltall finden wir keinen ausgezeichneten Ort.

Anschrift des Verfassers: Dr. Helmut Bernhard, Postfach 440, 0-8600 Bautzen

Raumfahrt Journal

Raumfahrt, ein faszinierendes Thema! Die Science-fiction wird Wirklichkeit!

Raumfahrt-Journal erscheint 6mal im Jahr und berichtet umfassend, verständlich und informativ über die Geschehnisse aller Raumfahrt-Nationen:

Raketentests, Space-Shuttle, Raumstationen, Astronomie, Zukunftsprojekte im All u. v. a.

Bestell-Coupon

Ausschneiden und einsenden an:

Raumfahrt-Journal Verlag T. Block
Postfach 8007, W-3380 Goslar

Ich bestelle ein:

- ☐ Heft zum Kennenlernen für 7,- DM
- ☐ Jahresabonnement für 36,- DM

Name: _____

Vorname: _____

Straße: _____

PLZ/Ort: _____

Datum _____ Unterschrift _____

Modellexperimente zur Bewegung von natürlichen Himmelskörpern und Raumflugkörpern

Hans-Joachim Wilke

Modellexperimente mit gleitenden Magneten

Im einfachsten Falle verwendet man als Modell eines natürlichen Himmelskörpers oder Raumflugkörpers, dessen Bewegung demonstriert werden soll, einen keramischen Zylindermagneten (Maniperm-Haftplättchen), den man auf der Schreibfläche des Polylox gleiten läßt. Er soll einen Durchmesser von etwa 20 mm besitzen. Damit die Reibung möglichst gering ist, wird seine Grundfläche mit feinem Schmirgelpapier geglättet und gegebenenfalls mit einem weichen Bleistift bestrichen (vgl. auch /1/).

Zur Erzeugung einer reproduzierbaren Beschleunigung findet ein großer Ringmagnet, den man etwa in der Mitte zerbrochen hat (Bild 1a), oder zwei nebeneinander befestigte kleinere Magnete (Bild 1b) Verwendung. Die erreichte Höchstgeschwindigkeit ist am größten, wenn der bewegliche Magnet vom unmittelbaren Kontakt mit den beschleunigenden Magneten aus startet. Bei der in Bild 1b skizzierten Anordnung läßt sich die erzielte Höchstgeschwindigkeit auch durch Variieren des Abstandes der beiden Magnete verändern. In jedem Falle müssen die gleichen Pole aller verwendeten Magnete zur Unterlage zeigen, damit abstoßende Kräfte auftreten.

Die Modellierung des Gravitationsfeldes, in dem sich die Bewegung vollzieht, erfolgt mit einem keramischen Zylinder- oder Ringmagneten von etwa 40 mm Durchmesser und 10 mm Höhe. Damit er fest auf der Glasplatte des Schreibprojektors liegt, kann seine Grundfläche mit Gummi oder Filz beklebt wer-

den. Die Polung dieses Magneten muß umgekehrt der des bewegten Magneten sein. Die Schreibfläche des Polylox wird (z. B. mittels Spiritus) fettfrei gemacht.

Der große Magnet wird etwa in der Mitte der Schreibfläche angeordnet, die «magnetische Kanone» an einer Ecke. Zunächst wird der kleine Magnet in größerer Entfernung am großen Magneten vorbeigeschossen. Seine Bahn verläuft weitgehend geradlinig. Von Schuß zu Schuß wird nun der Winkel etwas verändert, so daß der geringste Abstand zwischen bewegtem und ruhendem Magneten immer kleiner wird. Es tritt eine immer stärkere Krümmung der Bahn zum ablenkenden Magneten hin auf und damit eine immer größere Richtungsänderung des kleinen Magneten (Bild 1a). Schließlich gelingt es dem kleinen nicht mehr, das Feld des großen zu verlassen. Er bewegt sich gemäß Bild 1b auf ihn zu und umkreist ihn einige Male, bis er zur Ruhe kommt.

Die beschriebenen Experimente zeichnen sich durch eine besonders große Einfachheit in der Bereitstellung der Mittel und der Durchführung aus. Die trotz der besonderen Maßnahmen große Reibung zwingt jedoch zu relativ großen Anfangsgeschwindigkeiten, die sich während des Bewegungsablaufs verringern, so daß Beobachtbarkeit und Effekt etwas eingeschränkt werden. Deshalb wird nachfolgend auf eine weitere Möglichkeit verwiesen, die bei unerheblich größerem Aufwand zu sehr guten Effekten führt.

Modellexperimente mit hängenden Magneten

Zur modellmäßigen Nachbildung des Gravitationsfeldes findet ein größerer keramischer Zylindermagnet Verwendung, der in der Mitte der Schreibfläche des Polylox gelegt wird. Ein kleiner Zylindermagnet von etwa 25 mm Durchmesser und 8 mm Höhe wird an einem Faden befestigt und etwa 30 mm über dem großen Magneten von etwa 40 mm Durchmesser und 20 mm Höhe aufgehängt. Das Befestigen erfolgt zweckmäßig dadurch, daß man eine kreisförmige Scheibe aus Pappe vom gleichen Durchmesser wie der Magnet schneidet, in der Mitte durchbohrt, einen Faden hindurchzieht und verknotet. Diese Scheibe wird auf den Magneten aufgelegt. Sollen kreisähnli-

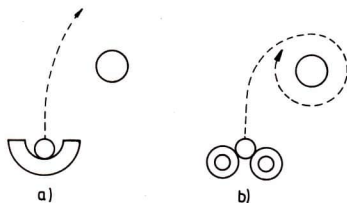


Bild 1: Bewegung von gleitenden Magneten auf der Schreibfläche des Polylox

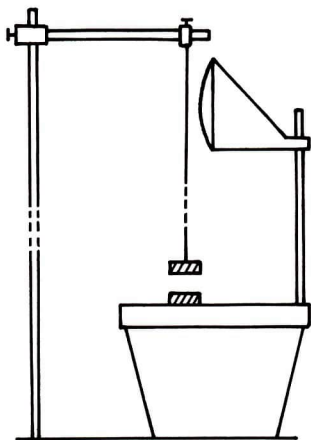


Bild 2: Bewegung eines hängenden Magneten an einem langen Stativ

che Bewegungen erzeugt werden, so befestigt man das andere Ende des Fadens direkt unter dem Objektiv des PolyLux. Das kann mittels eines Stativs erfolgen, das einen horizontalen Stab besitzt, an dessen vorderem Ende ein Ringhaken angebracht ist. Das Stativ, an dem der kleine Magnet befestigt wird, soll mindestens einen Meter lang sein. Der große Magnet wird dann etwas aus der Mitte der Schreibfläche des Projektors herausgerückt, so daß der Faden des kleinen Magneten vertikal hängt, ohne an das Objektiv des PolyLux anzustoßen (Bild 2).

Der an einem langen Faden befestigte Magnet wird ausgelenkt und zunächst mit großer, nachfolgend mit immer kleinerer Geschwindigkeit dicht an dem großen Magneten vorbeibewegt. Das Objektiv des PolyLux ist dabei so hoch gestellt, daß der kleine Magnet scharf abgebildet wird. Wenn der bewegliche Magnet die Schreibfläche des Projektors passiert hat, wird er jeweils mit der Hand wieder aufgefangen.

Bewegt sich der kleine Magnet mit großer Geschwindigkeit am ruhenden Magneten vorbei, so ändert er seine Bewegungsrichtung nur geringfügig. Je kleiner seine Geschwindigkeit ist, um so größer ist die Richtungsänderung. Bei geringer Geschwindigkeit und kleinem Abstand wird der Magnet schließlich «eingefangen».

Sollen Planeten- oder Satellitenbahnen nachgebildet werden, so wählt man das Stativ nur so hoch, daß sich der waagerechte Stab dicht unter dem Objektiv des Schreibprojektors befindet. Der Faden wird zweckmäßigerweise durch die Bohrung im Stativstab geführt und am vertikalen Stativstab befestigt, so daß man durch Verschieben des Ringes mit Haken die Lage des Magneten verändern kann (Bild 3). Der kleine Magnet wird in eine Kreisbewegung mit großem Radius versetzt. Die Umlaufzeit ist zunächst groß.

Infolge der Luftreibung verringert sich der Durchmesser der Kreisbahn allmählich. Dabei nimmt die Umlaufzeit stark ab. Bei starker Annäherung an den großen Magneten beträgt sie nur noch einen Bruchteil der anfänglichen.

Das Experiment wird wiederholt, wobei der kleine Magnet mit so kleiner Geschwindigkeit in Bewegung versetzt wird, daß er nicht auf der Kreisbahn bleibt, sondern sich auf den großen Magneten zu bewegt. Dabei treten ellipsenähnliche Bahnen auf. Sie zeichnen sich dadurch aus, daß in der Nähe des großen Magneten eine starke Richtungsänderung bei relativ großer Geschwindigkeit auftritt, während in großer Entfernung vom Magneten die Geschwindigkeit klein ist.

Diese Phänomene werden etwas durch den relativ kurzen Faden beeinträchtigt. Er bedingt bei größerem Kreisbahndurchmesser eine zu große Geschwindigkeit, die durch die starke Auslenkung ver-

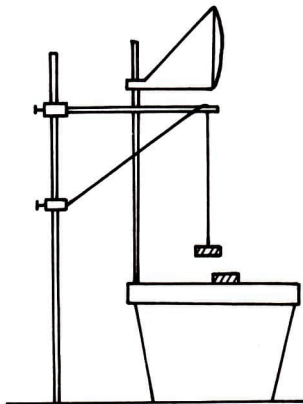


Bild 3: Bewegung eines hängenden Magneten an einem kurzen Stativ

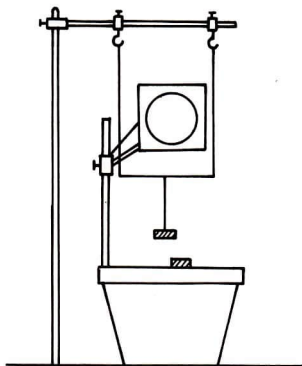


Bild 4: Bewegung eines hängenden Magneten an einem langen Stativ – verbesserte Aufhängung

ursacht wird. Gerade in diesem Falle sollte aber eine geringe Kraft zum Mittelpunkt auftreten. Deshalb empfiehlt sich eine längere Aufhängung. Damit der Faden nicht an das Objektiv anstößt, endet er dicht unter ihm in der Mitte eines dünnen Stabes möglichst kleiner Masse (Trinkröhrchen aus Plast). An den Enden dieses Stabes sind zwei dünne Fäden befestigt, die parallel nach oben verlaufen und an einem hohen Stativ befestigt sind (Bild 4).

Modellexperimente mit rollenden Kugeln

Eine weitere Möglichkeit, eine reibungsarme Bewegung zu erzeugen, besteht darin, eine Stahlkugel von etwa 25 mm Durchmesser auf einer (horizontalen) Glasplatte (Spiegel) rollen zu lassen. Der Spiegel soll Abmessungen von etwa 30 cm x 40 cm besitzen.

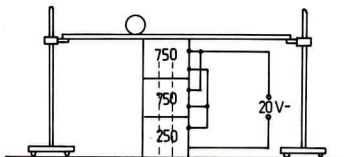


Bild 5: Bewegung einer Kugel auf einem Spiegel – Schaltung des Elektromagneten

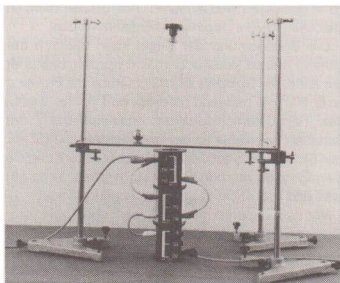


Bild 6: Projektion der Bewegung einer Kugel auf einem Spiegel

zen. Er wird an zwei Ecken und in der Mitte der gegenüberliegenden Seite etwa 25 cm über der Tischfläche auf Muffen aufgelegt, die an drei Stativen befestigt sind. Die horizontale Ausrichtung erfolgt nach Auflegen der Stahlkugel durch Verdrehen der Stellschrauben an den Stativen.

Unter dem Spiegel wird ein langgestreckter, kräftiger Elektromagnet aus Eisenkernen und Spulen zusammengestellt und an Gleichspannung angeschlossen. Bild 5 zeigt eine zweckmäßige Anordnung, bestehend aus zwei I-Kernen und zwei Spulen mit 750 Windungen und einer Spule mit 250 Windungen. Die beiden Spulen mit 750 Windungen liegen parallel und sind mit der anderen Spule in Reihe geschaltet. Als Spannungsquelle dient das Stromversorgungsgerät für Niederspannung oder besser noch zwei parallel geschaltete Stromversorgungsgeräte, bei denen die Spannung kurzzeitig bis auf

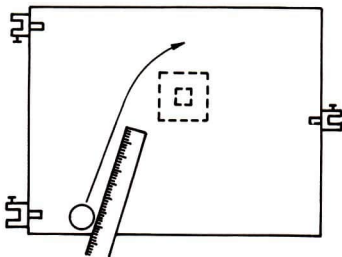


Bild 7: Reproduzierbare Beschleunigung der Kugel unter Verwendung eines Lineals

20 V gesteigert werden kann. Alle Spulen müssen gleichsinnig vom Strom durchflossen werden.

Die Beobachtung der Kugel kann dadurch der ganzen Klasse sichtbar gemacht werden, daß über der Mitte des Spiegels eine Glühlampe mit Fassung (z. B. 6 V/5 A) hängend befestigt wird. An der Decke des Fachunterrichtsraumes erscheint dann der Schatten der Kugel an der jeweiligen Stelle (S. 43, Bild 6). Um den Start der Kugel zu erleichtern und die Bewegungen reproduzierbar zu machen, kann gemäß Bild 7 (S. 43) ein Lineal Verwendung finden.

Vor dem Experiment sind Spiegel und Kugel sorgfältig von Fett zu befreien.

Zum methodischen Einsatz der Experimente

Die beschriebenen Experimente können alle didaktischen Phasen bereichern.

Zur Motivierung der Schüler kann auf die Kräfte zwischen den magnetischen bzw. magnetisierbaren Körper hingewiesen werden, und es wird nachfol-

gend ihre Aufmerksamkeit auf die auftretenden Bahnformen gelenkt. Ausgehend von der Tatsache, daß auch zwischen den Himmelskörpern infolge der Gravitation anziehende Kräfte wirken, werden die Schüler dazu angeregt, zu überprüfen, inwieweit Analogien zu den eingangs gezeigten Bewegungen auftreten.

In der Phase der Erarbeitung können die Experimente als Modellexperimente unter Hinweis auf Gemeinsamkeiten mit den Bewegungen von Himmelskörpern und auf Unterschiede Einsatz finden. Hierbei ist auch das Formulieren von Voraussagen möglich. Auch in den Phasen der Festigung durch Üben und Wiederholen, Systematisierung und Anwendung sollten ausgewählte Experimente – möglichst in veränderter Form – Einsatz finden. Sie stellen ein Mittel zur Aktivierung der Schüler dar.

Literatur

1/1 Hans-Joachim Wilke: **Der projizierbare Luftkissentisch und sein Einsatz im Astronomieunterricht.** In: *Astronomie in der Schule* 27 (1990) 2.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. sc. Hans-Joachim Wilke
Pädagogische Hochschule Dresden, Wissenschaftsbereich
„Methodik des Physikunterrichts“, Wigardstraße 17, O-8060
Dresden

Die Volkssternwarte «Geschwister Herschel» e. V. Hannover

Wolfgang Paech

Die Volkssternwarte in Hannover ist ein eingetragener Verein (e. V.), wie wohl fast alle Volkssternwarten der Bundesrepublik. Der Trägerverein, der die Sternwarte betreibt, ist nach den Geschwistern *Herschel* benannt, die beide in Hannover geboren wurden (*Friedrich-Wilhelm Herschel* 1738 und *Karoline Herschel* 1751).

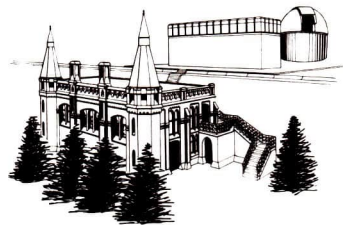
85 Mitglieder zählte der Verein Anfang 1990, davon ca. 20 Aktive und 65 Passive. Der Mitgliedsbeitrag pro Jahr beträgt zur Zeit DM 85,- für Normalverdienende und DM 30,- für Schüler, Studenten etc.

Die primäre Aufgabe der Volkssternwarte liegt, laut Satzung des Trägervereins, in der Verbreitung astronomischer Forschungsergebnisse auf einer populärwissenschaftlichen Ebene, verständlich dargestellt für ein astronomisch nicht vorgebildetes Publikum.

Um dieser Aufgabe gerecht zu werden, bietet der Verein folgende Veranstaltungen an:

- Vorträge zu unterschiedlichen astronomischen Themenkomplexen (1x pro Monat)
- Beobachtungsabende an den Teleskopen (wöchentlich)
- Spezielle Gruppenveranstaltungen für andere Vereine (auch für Schulklassen, unregelmäßig nach Anmeldung)

- Volkshochschulkurse (je 1 Kurs mit 12 Abenden pro Jahr für Anfänger und für Fortgeschrittene)
- Sonderveranstaltungen (z. B. Mondfinsternis o. ä., auch unregelmäßig).



Blitz auf das Gelände der Volkssternwarte Hannover. Die Kuppeln stehen auf dem Dach des Wasserbehälters.

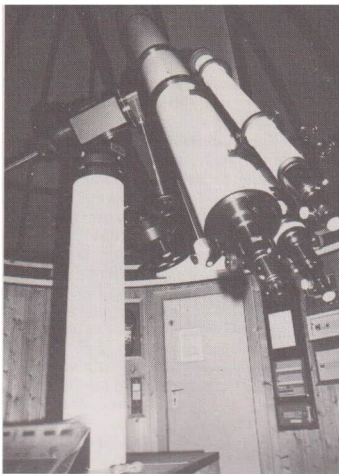


Bild 1: Der 200-mm-Refraktor mit den beiden parallel montierten Zusatzinstrumenten in der großen 5 Meter Kuppel, aufgestellt im Jahr 1990 (s. auch Mondfoto S. 47)

Im Schnitt betreut die Sternwarte ca. 110 Veranstaltungen im Jahr. Die Teilnahme (mit Ausnahme der Volkshochschulkurse) ist für die Besucher kostenlos. Alle Veranstaltungen werden von den aktiven Mitgliedern ehrenamtlich, d.h. ohne Bezahlung, durchgeführt. Die Kosten für den laufenden Betrieb (Strom, Wasser, Gas, Wartung des technischen Inventars usw.) finanziert das Kulturamt der Landeshauptstadt Hannover. Von Oktober 1985 bis Juni 1990 hatte die Sternwarte ca. 15 000 Besucher. In den Jahren davor wurde keine Statistik geführt.

Des weiteren versucht der Verein, im Rahmen seiner Möglichkeiten, Jugendliche und Schüler an naturwissenschaftlich orientiertes Arbeiten auf astronomischem Gebiet heranzuführen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, daß den aktiven Mitarbeitern sämtliche Einrichtungen der Volkssternwarte kostenlos zur Verfügung stehen; viele der aktiven Mitglieder haben einen eigenen Schlüssel, so daß ein beliebiger Zugang zu Vereinsräumen oder Instrumenten für eigene Beobachtungen gewährleistet ist.

Das Gelände der Volkssternwarte liegt mitten in der Stadt auf dem denkmalgeschützten Gebäude eines Wasserwerkes (s. Bild Seite 44). Die beiden Kuppen stehen auf dem Flachdach des Wasserbehälters und liegen

ca. 50 Meter über dem normalen Stadtniveau; die Beobachtungsbedingungen sind recht gut (es gibt Nächte in denen die Milchstraße visuell zu sehen ist). Die Einrichtung ist mit den öffentlichen Verkehrsmitteln zu erreichen.

Die Geschichte der Volkssternwarte geht fast zurück bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges, gegründet wurde sie erst 1969, hervorgegangen ist sie aus einer Arbeitsgruppe von Amateurastronomen, die sich aber bereits 1947 gegründet hat.

Beschreibung der räumlichen und technischen Ausstattung

Der Verein verfügt über einen Vortragssaal mit maximal 50 Sitzplätzen, für die Vorträge stehen 2 Diaprojektoren in Überblendtechnik mit möglicher Steuerung über eine Stereoanlage zur Verfügung. Filmprojektoren für 16 mm, 8 mm und das S8-Format, eine Videoanlage mit Fernseher und Recorder und Overheadprojektor können ebenfalls eingesetzt werden. Das Diaarchiv umfaßt z. Z. ca. 5 000, hauptsächlich farbige, Diapositive. Die Projektoren stehen in einem eigenen Raum, so daß im Vortragssaal keine Geräuschbelastigung durch Filmprojektor oder Kühlgebläse auftritt.

Eine Bibliothek mit ca. 1 000 Bänden ist vorhanden (leider ziemlich veraltet). 8 Zeitschriften werden regelmäßig bezogen und gesammelt.

Weiterhin vorhanden ist eine Dunkelkammer für S/W und Farbe (Kleinbild und Mittelformat), eine Reproanlage für Papiervorlagen und eine Diakopiereinrichtung einschließlich Kamera.

Zwei Heimcomputer (Baujahr 1980) inklusive Drucker stehen den Mitgliedern zur Verfügung, diese wurden 1990 durch neue ersetzt.

Instrumente

1990 hat die Volkssternwarte zwei komplette neue Instrumente und eine neue Kuppel aufbauen können. Die Investitionssumme lag bei ca. 120 000 DM. Die Kuppel wurde im Mai fertiggestellt, die Teleskope befinden sich seit Juni im Testbetrieb.

Kuppel I:

Innendurchmesser 5 Meter, Holz/Metallkonstruktion. Kuppelspaltbreite ca. 1,2 Meter. Antrieb für Drehung und den Spaltschieber elektrisch. Baujahr 1975, Eigenbau der Mitglieder.

Aufgestellt ist darin ein 200 mm Refraktor (Fraunhofer Objektiv) mit $f = 3000$ mm (Bild 1). Parallel dazu montiert ein 90 mm Refraktor mit $f = 1300$ mm und angesetztem Protuberanzenansatz (HWB des Filters = 8 Å). Zusätzlich ist ein Sucherfernrohr mit 90 mm Öffnung ($f = 540$ mm, Bildfeld 4 Grad) mon-

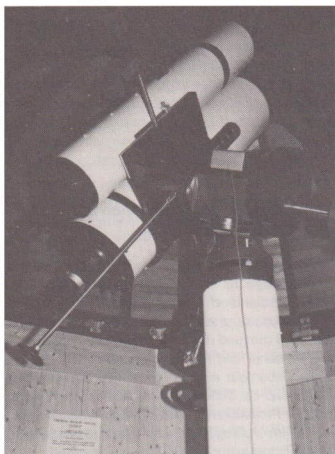


Bild 2: Das 300-mm-Schmidt-Cassegrain-Teleskop mit parallel montierter Astrokamera in der 3,2 Meter Kuppel der Volkssternwarte, aufgestellt ebenfalls 1990

tiert. Ein kompletter Satz optisches Zubehör einschließlich eines Objektivsonnenfilters für die volle Öffnung des Hauptinstrumentes (Planparallelität besser $\gamma/10$) ist vorhanden. Eine deutsche Montierung mit 90 mm Vollstahlachsen (Eigengewicht ca. 170 kg) trägt das Instrument. Antrieb in α mit einem Synchronmotor und in δ mit einem Gleichstrommotor.

Kuppel II:

Innendurchmesser 3,2 Meter, Holz/Metallkonstruktion. Kuppelspaltbreite ca. 80 cm. Elektrischer Antrieb für den Spaltschieber. Ein elektrischer Antrieb für die Kuppeldrehung soll nachgerüstet (z. Z. manuell) werden. Quadratischer Unterbau (4 x 4 m) mit voller Steh- und Türhöhe. Baujahr 1989/90, Eigenbau.

Darin befindet sich ein sogenanntes Multi Purpose Teleskop (Bild 2) MPT 300 der Firma *Lichtenknecker Optic's* aus Belgien. Es ist ein Spiegelteleskop mit wechselbarer Frontoptik, ähnlich der großen Spiegelteleskope von Zeiss.

In der jetzigen Ausbaustufe haben wir ein Schmidt-Cassegrain-Fronttringsystem mit 300-mm-Hauptspiegel und 4 Meter Brennweite. Durch das Wechseln der Frontoptik können folgende Teleskopsysteme realisiert werden: 300 mm Öffnung, $f = 1500$ mm (ähnlich einem Schmidtspiegel), aber für visuelle und fotografische Beobachtungen ein Su-

per-Schmidt-System für den rein fotografischen Einsatz mit 300 mm Öffnung und 780 mm Brennweite.

Parallel zu diesem Instrument ist eine Flatfil-Kamera, ebenfalls von Lichtenknecker, montiert. Es ist ein fotografisches Aufnahmesystem, ähnlich einem Schmidtspiegel; das Bildfeld ist jedoch plan (Flat) und liegt außerhalb des Tubus. Es können Kleinbild- und Mittelformatkameras, wie bei einem normalen Teleobjektiv, direkt angesetzt werden. Die Öffnung beträgt 200 mm bei 760 mm Brennweite; das geometrische Öffnungsverhältnis ist 1:4 und das Bildfeld über die Kleinbilddiagonale beträgt 3,2 Grad.

Die Montierung ist baugleich mit der Refraktormontierung mit Ausnahme des Antriebes. Die Nachführung übernehmen hier zwei Schrittmotoren mit einem Schrittwinkel von je 0,22 Bogensekunden am Teleskop. Angesteuert werden die Motoren durch einen Rechner. Die gesamte Steuerung (Hard- und Software) wird von 2 Mitgliedern des Vereins selbst entwickelt. Die Steuerung läuft in ihren wesentlichen Punkten bereits recht gut, befindet sich aber noch im Testbetrieb.

Einige Tätigkeiten, die der Computer für den Beobachter ausführen wird, sind: Positionieren des Instruments in α und δ mit einer Geschwindigkeit von ca. 60 Grad/min., entweder durch Eingabe von Beobachtungskkoordinaten oder durch Anwählen eines Objektes aus einer Datei. Automatisches Nachführen in und gleichzeitig nach Eingabe von Ephemeriden-differenzen (z. B. bei Kometen, Planetoiden oder auch des Mondes). Korrektur von Aufstellungsfehlern der Montierung und der Refraktion sind vorgesehen. Das Programm ist lernfähig; es merkt sich z. B. nach einer manuellen Korrektur Getriebefehler und gleicht diese bei allen späteren Beobachtungen durch eine erhöhte oder verminderte Nachführfrequenz für die Schrittmotoren aus. Die Arbeiten an der Software wurden Ende 1990 abgeschlossen.

Seit Januar 1990 arbeitet die Volkssternwarte Hannover kooperativ mit dem Astronomischen Zentrum Scheuditz (Leipzig) zusammen (Redneraustausch, Zeitschriftenaustausch etc.). Weitere gegenseitige Beziehungen bestehen u. a. zur Wilhelm-Foerster-Sternwarte (Berlin-West), zur Herschel Society in Bath (England) und zur Volkssternwarte Hamburg.

Die Planungen für die nächsten Jahre richten sich deutlich auf die Errichtung eines Neubaus mit einem Kleinplanetarium (z. B. ein ZKP II von Zeiss Jena mit 8 Meter Projektionskuppel). Ob eine solche Einrichtung für die Volkssternwarte finanzierbar ist, wird die Zukunft zeigen. Immerhin stehen in den nächsten 10 Jahren zwei große festliche Termine für die Landeshauptstadt an: die 750-Jahr-Feier Hannovers und im Jahre 2000 die Weltausstellung.

Anschrift des Verfassers: Dipl.-Ing. **Wolfgang Paech**, c/o Volkssternwarte Hannover, Am Lindener Berge 27, W-3000 Hannover 91



Diese Mondfotografie ist eine der ersten Beobachtungen, die mit dem neuen 20-cm-Refraktor an der Volkssternwarte Hannover gemacht wurden. Die Aufnahme demonstriert eindrucksvoll die hohe optische Qualität des neuen Instrumentes. Foto: P. Janke, Volkssternwarte Hannover

Bautzen, läßt im Schein des «Erdlichtes» eine große Fülle von Oberflächeneinheiten sichtbar werden.

Für Arbeitsgemeinschaften ist es sicher eine interessante Aufgabe zu arbeiten, welche Gebiete unserer Erde zum Zeitpunkt der Beobachtung des «aschgrauen Mondlichtes» dem Monde zugewandt sind.

Hans Joachim Nitschmann

Das «aschgraue Mondlicht»

Zu den bemerkenswerten, regelmäßig wiederkehrenden Erscheinungen am Himmel, die schon beim Anblick mit bloßem Auge beeindruckend sind, gehört das Phänomen des «aschgrauen Mondlichtes». Dieses ist in unseren Breiten vor allem dann, wenn die schmale Mondichel bei zunehmendem Mond am Frühlings- und bei abnehmendem Mond am Herbsthimmel hohe nördliche Deklinationen erreicht, besonders auffällig. Dieses «aschgraue Licht», das neben der schmalen Sichel mühelos den ganzen Mond erkennen läßt, ist von der Erde in den Weltraum zurückgeworfenes Sonnenlicht. Es erhellt die Mondnacht ungleich intensiver, als es bei uns der steil am Himmel stehende Wintervollmond vermag, denn einmal erscheint die Erde für einen angenommenen Beobachter auf dem Mond in einem viermal größeren scheinbaren Durchmesser, zum anderen besitzt die Erde ein hohes Rückstrahlungsvermögen und ist so für den Mond ein außerordentlich heller Himmelskörper.

Die Lichtgestalten von Mond und Erde verhalten sich entgegengesetzt zueinander: Wenn wir Vollmond haben, ist für einen Beobachter auf dem Mond «Neuerde» und umgekehrt, und erstes Mondviertel bedeutet für den Mond «letztes Erdviertel».

Während der Vollmond eine mittlere Albedo von nur 0,07 aufweist, beträgt dieser Wert für die Erde immerhin 0,45. Somit ist eine «Vollerdenacht» auf dem Mond von ungewöhnlicher Helligkeit. Sie ist es ganz besonders dann, wenn schnee- und wolkenreiche Gebiete der Erdoberfläche dem Mond zugewandt sind.

Während für das bloße Auge neben der schmalen Sichel auch der von der Sonne nicht beleuchtete Teil der Mondoberfläche in dem zarten «aschgrauen Licht» sichtbar ist, zeigt schon der Feldstecher in diesem Bereich markante Oberflächeneinheiten, wie die Maregebiete und größten Krater. Im Fernrohr werden dann auch wesentlich feinere Einheiten erkennbar. Bei genügend klarem Himmel kann man das Phänomen des «aschgrauen Mondlichtes» im Fernrohr am Abendhimmel bis über das erste Viertel hinaus (am Morgenhimmel dann schon vor dem letzten Viertel) wahrnehmen. Das erleichtert zum Beispiel in dieser Phase die Beobachtung von Sternbedeckungen durch den Mond.

Die Gesamthelligkeit des «aschgrauen Lichtes» weist zwei Tage nach Neumond (am Abendhimmel) bzw. zwei Tage vor Neumond (am Morgenhimmel) einen Wert von $\sim 10^{-15}$ auf, würde also – auf einen Punkt zusammengezogen – nahezu der Sirius-helligkeit entsprechen. Die fotografische Dokumentation gestaltet sich schwierig, da man doch eine verhältnismäßig lange Belichtungszeit wählen muß, durch die der von der Sonne beleuchtete Teil des Mondes zwangsläufig stark überbelichtet wird. Die untere Aufnahme von Wolfgang Schwinge,

Kippenhahn, R. Licht vom Rande der Welt.
348 Seiten, 88 Abbildungen. R. Piper & Co. Verlag
München, Zürich, 1987, 22,80 DM.

Der vorliegende Band trägt den Untertitel «Das Universum und sein Anfang». Der Verfasser beschäftigt sich mit ausgewählten Sachverhalten der modernen Kosmologie. Er geht u. a. auf folgende Fragen ein: Welche räumliche Ausdehnung hat das Weltall? Wie ist der gegenwärtige Kosmos entstanden? Was war vorher? Der Autor entwirft ein Bild über das Weltall, welches gegenwärtig die Astrophysiker für das richtige halten. Dabei werden auch ungelöste Probleme angesprochen. In den Betrachtungen erfährt der Leser u. a. von der Entdeckung der Expansion des Weltalls, von den Ergebnissen der Radioastronomie, wozu z. B. die Entdeckung der Quasare und der kosmischen Hintergrundstrahlung gehören. Der Verfasser versteht es ausgezeichnet, schwierige kosmologische Fragen einfach und verständlich darzustellen. Überhaupt zeichnet sich das vorliegende Buch – wie alle Veröffentlichungen von R. Kippenhahn – durch die Einheit von Wissenschaftlichkeit und hoher Darstellungskunst aus.

Helmut Bernhard

Titelseite – Komet Levy (1990c) am 25. August 1990 nahe beim Stern Theta Aquilae. Vor dem Kometen erkennt man eine Zyangas-Schockfront, nach hinten den Gas- und Staubschweif. Aufgenommen mit Schmidt-Kamera 200/240/356 unter Verwendung eines Lumicon-Deep-Sky-Filter auf Film Konica SR-G 3200. Belichtungszeit 6 min. Norden ist links.

Aufnahme: Wolfram Fischer, Sohland

2. Umschlagseite – Die 200/240/356-mm-Schmidt-Kamera von Herrn Wolfram Fischer, aufgestellt im Gelände der Volkssternwarte «Bruno H. Bürgel» in Sohland/Spree (Kreis Bautzen).

Aufnahme: Wolfram Fischer, Sohland

3. Umschlagseite – Helle Emissionsnebel und Dunkelwolken im Sternbild Schwan. Der große weiße Fleck ist der Stern Gamma Cygni ($2^m 3$). Belichtungszeit 30 min.

Aufnahme: Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg

4. Umschlagseite – Der «Dreiecksnebel» (M 33), aufgenommen mit Schmidt-Kamera 200/240/356 auf ORWO NP 27. Belichtungszeit 20 min.

Aufnahme: Wolfram Fischer, Sohland



