Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 42 (1984)
Heft: 200

Heft

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 18.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Februar · Février · Febbraio 1984

200

ORION

Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft · Revue de la Société Astronomique de Suisse · Rivista della Società Astronomica Svizzera

ORION

Leitender und technischer Redaktor: Werner Lüthi, Eymatt 19, CH-3400 Burgdorf

Manuskripte, Illustrationen und Berichte sind an obenstehende Adresse oder direkt an die zuständigen Redaktoren zu senden. Die Verantwortung für die in dieser Zeitschrift publizierten Artikel tragen die Autoren.

Ständige Redaktionsmitarbeiter:

Astrofotografie: Werner Maeder, 18, rue du Grand Pré, CH-1202 Genève

Astronomie und Schule: Dr. Helmut Kaiser, Burgfeldermattweg 27, CH-4123 Allschwil

Astro- + Instrumententechnik: Herwin Ziegler, Ringstrasse 1a, CH-5415 Nussbaumen

Der Beobachter: vakant

Meteore-Meteoriten: Werner Lüthi, Eymatt 19, CH-3400 Burgdorf

Neues aus der Forschung: Ernst Hügli, Im Dörfli, 4703 Kestenholz

Fragen-Ideen-Kontakte: Erich Laager, Schlüchtern 9, CH-3150 Schwarzenburg

Redaktion ORION-Zirkular: Kurt Locher, Dipl. phys., Rebrain 39, CH-8624 Grüt

Übersetzungen: J.A. Hadorn, Ostermundigen

Reinzeichnungen: H. Bodmer, Greifensee; B. De Bona, Reussbühl; H. Haffler, Weinfelden

Auslandkorrespondenten:

Reinhard Wiechoczek, Postfach 1142, Hohefeld 24, D-4790 Paderborn

Inserate: Kurt Märki, Fabrikstrasse 10, CH-3414 Oberburg

Auflage: 2700 Exemplare. Erscheint 6x im Jahr in den Monaten Februar, April, Juni, August, Oktober und Dezember.

Copyright: SAG-SAS. Alle Rechte vorbehalten.

Druck: A. Schudel & Co. AG, CH-4125 Riehen.

Bezugspreis, Abonnemente und Adressänderungen: siehe SAG

Redaktionsschluss ORION 202: 1.3.1984

SAG

Anfragen, Anmeldungen, Adressänderungen und Austritte (letzteres nur auf Jahresende) sind zu richten an:
Zentralsekretariat der SAG, Andreas Tarnutzer, Hirtenhofstrasse 9, CH-6005 Luzern.

Mitgliederbeitrag SAG (inkl. Abonnement ORION)
Schweiz: SFr. 47.—, Ausland: SFr. 53.—
Jungmitglieder (nur in der Schweiz): SFr. 25.—
Mitgliederbeiträge sind erst nach Rechnungsstellung zu begleichen.
Zentralkassier: Edoardo Alge, Via Ronco 7, CH-6611 Arcegno, Postcheck-Konto SAG: 82-158 Schaffhausen.

Einzelhefte sind für SFr. 8.— zuzüglich Porto und Verpackung beim Zentralsekretär erhältlich.

ORION

Rédacteur en chef et technique: Werner Lüthi, Eymatt 19, CH-3400 Berthoud

Les manuscrits, illustrations et rapports doivent être envoyés à l'adresse ci-dessus ou directement aux rédacteurs compétents. Les auteurs sont responsables des articles publiés dans cette revue.

Collaborateurs permanents de la rédaction:

Astrophotographie: Werner Maeder, 18, rue du Grand-Pré, CH-1202 Genève

Astronomie et Ecole: Dr. Helmut Kaiser, Burgfeldermattweg 27, CH-4123 Allschwil

Technique astronomique et instrumentale: Herwin Ziegler, Ringstr. 1a, CH-5415 Nussbaumen

L'observateur: vacant

Météores-Météorites: Werner Lüthi, Eymatt 19, CH-3400 Berthoud

Nouveautés de la recherche: Ernst Hügli, Im Dörfli, 4703 Kestenholz

Questions-Idées-Contacts: Erich Laager, Schlüchtern 9, CH-3150 Schwarzenburg

Rédaction de la Circulaire ORION: Kurt Locher, phys. dipl., Rebrain 39, CH-8624 Grüt

Traduction: J.-A. Hadorn, Ostermundigen

Dessins: H. Bodmer, Greifensee; B. De Bona, Reussbühl; H. Haffler, Weinfelden

Correspondants pour l'étranger:

Reinhard Wiechoczek, Postfach 1142, Hohefeld 24, D-4790 Paderborn

Annonces: Kurt Märki, Fabrikstrasse 10, CH-3414 Oberburg

Tirage: 2700 exemplaires. Paraît 6 fois par année, en février, avril, juin, août, octobre et décembre.

Copyright: SAG-SAS. Tous droits réservés.

Impression: A. Schudel & Co. SA, CH-4125 Riehen

Prix, abonnements et changements d'adresse: voir sous SAS

Dernier délai pour l'envoi des articles ORION 202: 1.3.1984

SAS

Informations, demandes d'admission, changements d'adresse et démissions (ces dernières seulement pour la fin de l'année) sont à adresser à:
Secrétariat central de la SAS, Andreas Tarnutzer, Hirtenhofstrasse 9, CH-6005 Lucerne.

Cotisation annuelle SAS (y compris l'abonnement à ORION)
Suisse: FrS. 47.—, étranger: FrS. 53.—.
Membres juniors (seulement en Suisse): FrS. 25.—.
Le versement de la cotisation est à effectuer après réception de la facture seulement.
Trésorier central: Edoardo Alge, Via Ronco 7, CH-6611 Arcegno.
Compte de chèque SAS: 82-158 Schaffhouse.

Des numéros isolés peuvent être obtenus auprès du secrétariat central pour le prix de FrS. 8.— plus port et emballage.

42. Jahrgang
42e année
Nr. 200, Februar 1984
No. 200, février 1984

Seiten 1–52
pages 1–52

ORION

Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Revue de la Société Astronomique de Suisse

Inhaltsverzeichnis / Sommaire

W. LÜTHI: ORION 200 4
A. BENZ: Zukunft der Astronomie 6
N. CRAMER: Classification photométrique des étoiles de type B dans le système de Genève 10
Space Art 14

Neues aus der Forschung · Nouvelles scientifiques

B. BINGGELI: Virgo und die Zwerge 16

Der Beobachter · L'observateur

W. LÜTHI: Planetenbeobachtung im Zeitalter der Raumfahrt 21

Astrofotografie · Astrophotographie

W. MAEDER: Nouveaux procédés pour le développement des astrofilms 25

Mitteilungen / Bulletin / Comunicato 1/84

Zum Rücktritt des ORION-Redaktors 25/1
ORION-Redaktion 26/2
Rédaction ORION 26/2
Astro-Weekend für Jugendliche auf dem Grenchenberg 27/3
Löwe 28/4
Veranstaltungskalender / Calendrier des activités 28/4

Fragen/Ideen/Kontakte · Questions/Tuyaux/Contacts

M. MARTI: Wie funktioniert die astronomische Uhr am Zytglogge in Bern? 30

Astronomie und Schule · Astronomie et école

H. KAISER: Astronomie im Chemie-Unterricht am Beispiel der Spektralanalyse 36

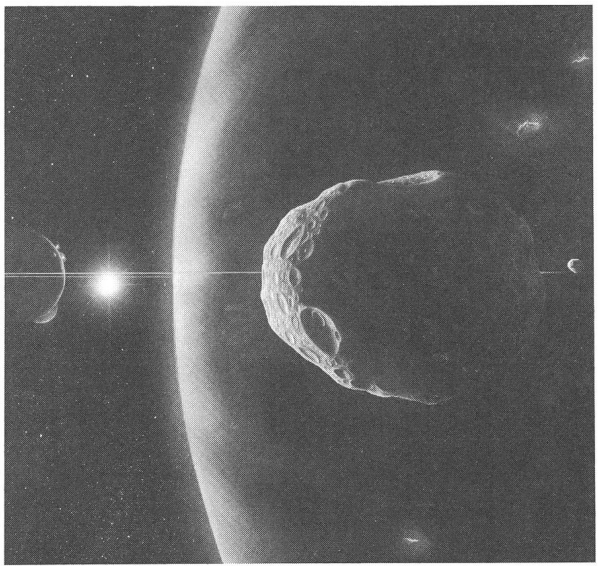
Astro- und Instrumententechnik · Technique instrumentale

H. G. ZIEGLER: Die Taukappe 43

Meteore/Meteoriten · Météores/Météorites

W. LÜTHI: Der Meteorstein von Walkringen 48

Titelbild / Couverture



Amalthea

Jupiter mit seinem Mond Amalthea. Im Hintergrund der Mond Io mit drei Vulkanen. Auf Jupiters Nachtseite sind gewaltige Blitze sichtbar. Etwas höher als der Jupiter-Ring schwebt ein weiterer kleiner Mond. Zwischen Io und Jupiter erscheint die weit entfernte Sonne.

Bild von Stefan Blaser aus Rüfenacht, Gouache, 1983

ORION 200

W. LÜTHI

Sehr geehrte ORION-Leser

Vor rund einem Jahr teilte ich dem Vorstand der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft meine Demission als leitender und technischer ORION-Redaktor auf anfangs 1984 mit. Nach 10jähriger interessanter und befriedigender Tätigkeit im Zentralvorstand der SAG – zuletzt als Chefredaktor der Zeitschrift ORION – möchte ich das «Steuer» neuen Leuten übergeben und mich wieder vermehrt der eigenen Beobachtungstätigkeit widmen.

Es freut mich, dass ich Ihnen als letzte Amtshandlung die Nummer 200 unserer Zeitschrift ORION vorstellen darf. Ein Ereignis, auf das die SAG mit Stolz blicken darf.

Im Frühjahr 1938 machte Dr. med. R. von FELLENBERG, damaliger Vizepräsident der Astronomischen Gesellschaft von Bern, die Anregung zur Gründung einer Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft.

Bereits auf den 27. November 1938 konnte zu einer konstituierenden Versammlung ins Hotel Wächter in Bern eingeladen werden. Die Presse nahm im allgemeinen keine Notiz von der Neugründung. Lediglich Radio Zürich meldete am 28. November 1938 mittags im Nachrichtendienst die Neugründung eines Vereins «Astronomie gegen Astrologie».

Ein halbes Jahr später, am 30. April 1939, fand wiederum im Hotel Wächter in Bern die erste Generalversammlung statt. Der vorgelegte Statutenentwurf wurde durchberaten und schliesslich genehmigt. Mit Beginn des 2. Weltkrieges im Herbst 1939 kam es zu einem langjährigen Stillstand in der Entwicklung und im Aufbau der SAG. Statt des vorgesehenen Bulletins wurden vorläufig die Mitteilungen der Astronomischen Gesellschaft Bern an die Mitglieder versandt.

Erst am 4. Juli 1943 kam die zweite Generalversammlung in Bern zustande. Das Haupttraktandum dieser Versammlung betraf die Herausgabe eines vierteljährlich erscheinenden Bulletins unter dem Namen ORION. Die erste Nummer der neuen Zeitschrift ORION, mit einem Umschlagbild nach dem Entwurf von Ing. MASSON, Bern (Abb.), kam im Oktober 1943 heraus und enthielt 16 Seiten Text. Das Redaktionskomitee umschrieb die Ziele der Zeitschrift wie folgt:

«Die Schweizerische Astronomische Gesellschaft vereinigt die lokalen astronomischen Gesellschaften und Freunde der

Titelseiten und Formate des ORION. Von links nach rechts: ab 1943, ab 1959, ab 1946, ab 1966 und ab 1980 bis heute.

Astronomie zum Zwecke, die Liebhaberastronomie in der Schweiz zu fördern und den Gedankenaustausch zu pflegen.

Ohne den Ehrgeiz zu haben, wissenschaftliche Aufgaben zu erfüllen, ist die von ihr herausgegebene Zeitschrift ORION vor allem bestimmt, dem Leser zu dienen, sein astronomisches Wissen zu ergänzen, seine Fragen zu beantworten und Vermittler von Erfahrungen und Beobachtungen zu sein. Allgemein verständlich will sie sein und auch der Laie, ja vorzüglich der Laie, soll zum Worte kommen. Jeder, der eine astronomische Beobachtung gemacht hat, der Erfahrungen beim Selbstbau von Instrumenten sammelte oder eine einfache Erklärung für astronomische Erscheinungen und Gesetze fand, mag sie mitteilen und damit beitragen, dass die Zeitschrift lebensnahe bleibt und neue Freunde für unsere schöne Wissenschaft wirbt!»

Von nun an erschienen die Nummern regelmässig alle drei Monate ohne Unterbruch, was wohl in erster Linie den Redaktoren Dr. M. DU MARTHERAY, Dr. M. SCHÜRER, R. A. NAEF, E. ANTONINI und M. MARGUERAT zu verdanken war. Die Bemühungen dieser Redaktoren führte dazu, dass die Zeitschrift in kurzer Zeit auch internationale Anerkennung fand.

Nach einer Umfrage bei den Mitgliedern und den Astronomischen Gesellschaften erfolgte 1966 eine Neugestaltung des ORION. Die Nummer 93/94 präsentierte sich in einer neuen Aufmachung: neues Format, neuer Schriftzug und vor allem in einer neuen Drucktechnik, dem Buchdruck. Der Übergang zum Buchdruck bot den Vorteil, dass sich Text und Abbildungen weit besser als vorher anordnen liessen und eine wesentlich bessere Wiedergabe von Bildvorlagen erlaubte.

Ein neues Gesicht erhielt unsere Zeitschrift ORION ab 1980. Die Titelseite bekam mit einem grossen quadratischen Bildformat und einem neuen Schriftzug ein neues Aussehen. Dass die äussere Aufmachung lediglich ein, wenn auch nicht unwichtiges, Beurteilungselement einer Zeitschrift ist, war der ORION-Redaktion bewusst. Deshalb wurde mit verschiedenen ständigen Rubriken versucht, die Vielfalt, Qualität und Aktualität des Inhaltes zu verbessern. Die schon früher erfolgte Umstellung auf den Fotosatz erlaubte, die Druckkosten in einem vernünftigen Rahmen zu halten.

Im Vordergrund meiner Tätigkeit als ORION-Redaktor stand die Herausgabe einer Zeitschrift, die dem sehr vielfältigen Leserkreis gerecht werden sollte. Es war nicht mein Ziel, wissenschaftliche Aufgaben zu erfüllen, sondern viel mehr eine Zeitschrift vom Amateurastronomen für den Amateurastronomen herauszugeben. Wenn es gelungen ist, den Inhalt des ORION ansprechend zu gestalten, so war dies nur dank eines gut harmonisierenden Redaktorenteams möglich. Es wäre heute kaum mehr denkbar, eine Zeitschrift in diesem Rahmen als Alleinredaktor – neben der beruflichen Tätigkeit – zu redigieren und zu gestalten. Das Betätigungsfeld des Amateurastronomen ist heute so gross und zum Teil so spezialisiert, dass es schwer ist, die Übersicht zu wahren.

In Zukunft werde ich innerhalb der ORION-Redaktion noch die neue Rubrik «Meteore · Meteoriten» betreuen. Mit dieser neuen Rubrik wird die Vielfalt des ORION wiederum vergrössert. Ich hoffe, dass dieses interessante Spezialgebiet zahlreiche Leser ansprechen wird.

Abschliessend habe ich zu danken.

Ein erster Dank gilt allen ORION-Lesern, die mit ihren Beiträgen, Anregungen und Hinweisen die ORION-Redaktion unterstützt haben.

Verantwortliche Redaktoren

in Klammer ORION-Ausgabe

1943–1946 (1–10)	Dr. phil. M. SCHÜRER, P. D., Bern ROBERT A. NAEF, Zürich Dr. M. DU MARTHERAY, Genève EMILE ANTONINI, Lausanne
1946–1955 (11–47)	Dr. M. DU MARTHERAY, Genève ROBERT A. NAEF, Zürich
1955–1959 (48–64)	ROBERT A. NAEF, Meilen M. MARGUERAT, Lausanne
1959–1960 (65–67)	EMILE ANTONINI, Genève ROBERT A. NAEF, Meilen M. MARGUERAT, Lausanne
1960–1963 (68–80)	EMILE ANTONINI, Genève ROBERT A. NAEF, Meilen
1963–1965 (81–92)	EMILE ANTONINI, Genève FRITZ EGGER, Neuchâtel
1966 (93–98)	Dr. phil. E. KRUSPAN, Basel Dr. Ing. E. WIEDEMANN, Riehen
1967–1971 (99–125)	Prof. Dr. phil. H. MÜLLER, Zürich Dr. med. N. HASLER-GLOOR,
1971–1972 (126–129)	Dr. h.c. HANS ROHR, Schaffhausen ROBERT A. NAEF, Meilen Dr. Ing. E. WIEDEMANN, Riehen EMILE ANTONINI, Genève
1972–1974 (130–142)	Dr. h.c. HANS ROHR, Schaffhausen ROBERT A. NAEF, Meilen Dr. Ing. E. WIEDEMANN, Riehen
1974–1975 (143–151)	Dr. Ing. E. WIEDEMANN, Riehen
1976–1978 (152–165)	Dr. PETER GERBER, Biel ROLAND A. HOLZGANG, Schönbühl
1978–1980 (166–179)	Dr. PETER GERBER, Biel WERNER LÜTHI, Burgdorf
1980–1984 (180–200)	WERNER LÜTHI, Burgdorf
1984– (201–	KARL STÄDELI, Zürich MEN J. SCHMIDT, Wetzikon

Danken möchte ich auch allen meinen Mitarbeitern, die mit ihrem grossen Einsatz immer wieder zu einem guten Gelingen einer ORION-Ausgabe beigetragen haben.

Mein Dank gilt aber auch der Druckerei Schudel & Co. in Riehen, welche seit Jahren mit grossem Engagement für einen reibungslosen Ablauf der Drucklegung unserer Zeitschrift sorgt.

Meinen Nachfolgern, KARL STÄDELI aus Zürich und MEN J. SCHMIDT aus Wetzikon, wünsche ich einen guten Redaktionsstart und hoffe, dass sie auch in Zukunft auf die Unterstützung vieler Leser zählen dürfen.

Ihr Werner Lüthi

Zukunft der Astronomie

A. Benz

L'avenir de l'astronomie

Die Astronomie ist gegenwärtig in einem goldenen Zeitalter. Neuartige Technologien eröffnen neue Beobachtungsmöglichkeiten; Objekte und unerforschte Wellenlängen, welche dem irdischen Betrachter bisher verschlossen waren, geben ihre Geheimnisse preis. Die beiden Fenster unserer Atmosphäre in optischen Wellenlängen und im Radiobereich sind klein. Zum ersten Mal steht dem Astronomen das ganze elektromagnetische Spektrum zur Verfügung. Er kann die Wellenlänge seinem zu untersuchenden Problem entsprechend wählen, anstatt aus den erhältlichen Wellenlängen ein Projekt zu formulieren.

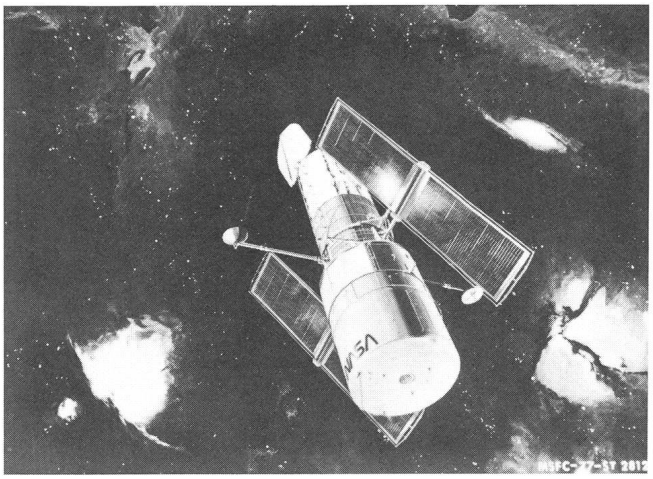
Die letzte Lücke im Spektrum wurde kürzlich mit dem heliumgekühlten Infrared Astronomical Satellite (IRAS) in den Submillimeter- und Infrarot-Wellenlängen geschlossen. Seine Beobachtungen sind von ausgezeichneter Qualität und, wie immer, wenn Neuland betreten wird, voller Überraschungen. Wenige Wochen nach dem Erscheinen dieser Zeitschrift wird er eine vollständige Himmelskarte im fernen Infrarot erstellt haben. Es ist beachtenswert, dass IRAS vor allem ein holländisches Projekt ist, in Zusammenarbeit mit USA und England. Bei der extrem kurzwelligen Strahlung, im Röntgengebiet, verlief die Entwicklung vor etwa 10 Jahren ähnlich. Nach Versuchen mit Beobachtungen von kurzen Raketenflügen, welche spektakuläre, aber nur punktuelle Ergebnisse brachten, kam mit dem ersten Röntgensatelliten UHURU und anschliessend mit dem Einstein-Teleskop der grosse Durchbruch. EXOSAT, der kürzlich von der europäischen Raumfahrtorganisation (ESA) in Umlauf gebracht wurde, und der noch im Bau befindliche deutsche ROSAT setzen diese Reihe fort. In den interessanten Spektrallinien des Ultraviolett beobachtet seit bald vier Jahren der europäisch-amerikanische IUE, ein Dauerbrenner, der schon von Hunderten von Astronomen aus aller Welt zu Beobachtungen von Planeten bis Quasaren benutzt wurde.

Zukünftige Instrumente

Im nahen Infrarot, im optischen und UV-Bereich wird mit dem Space Telescope (ST) ein neues Zeitalter beginnen. Sein Abschuss ist auf 1986 geplant (Abb. 1 und 2). Das 2,4 m-Teleskop in Erdumlaufbahn ist ein gemeinsames NASA/ESA-Projekt mit 15% ESA-Beteiligung. Durch den Wegfall der atmosphärischen Störungen wird bei diesem Teleskop nicht nur der Wellenlängenbereich vergrössert, sondern auch die räumliche Auflösung (Faktor 10, d.h. bis 0.01 arcsec) und die Empfindlichkeit (Faktor 100, bis Grössenordnung 28). Zudem arbeitet ST im Dauerbetrieb und nicht nur in klaren, mondlosen Nächten. Man kann von ihm vor allem Fortschritte in der extragalaktischen Astronomie erwarten. Mit den heutigen optischen Teleskopen der 5 m-Klasse lassen sich Galaxien bis zu Entfernungen von etwa 2 Mia. Lichtjahren beobachten. Kosmologisch gesehen ist dies unsere nähere Umgebung und Neuzeit. Mit dem ST können wir Galaxien in ihrer Frühzeit, d.h. ihre Entwicklung, vielleicht sogar ihre Entstehung beobachten. Ein Institut zur Betreuung der Beobachtungsdaten, der Projektauswahl und Auswertung von ST-Daten wurde bereits in Baltimore (USA) gegründet. Auch in Europa (am ESO-Hauptquartier in München) wird ein Koordinationszentrum eingerichtet. Wir können also nicht nur neue Astronomie erwarten, sondern auch neue Wege der Zusammenarbeit und Kommunikation.

Im fernen Infrarot wird das europäische ISO-Teleskop der ESA den erfolgreichen IRAS ablösen. Die Bundesrepublik Deutschland baut einen eigenen Submillimeter-Satelliten, und die NASA plant längerfristig ein Infrarot-Observatorium, das mit der Raumfähre versorgt werden kann. Sowohl die UdSSR wie NASA haben feste Pläne, mit ungekühlten 5–10 m-Teleskopen im Raum die kosmische Hintergrundstrahlung im Submillimetergebiet auf Anomalien zu untersuchen. Diese würden wichtige Aufschlüsse über den Zustand des Universums ca. 1 Million Jahre nach dem Urknall geben; zu diesem Zeitpunkt begann die Entwicklung der Galaxien. Verschiedene wichtige Röntgenteleskope sind im Bau oder geplant. Japan will, abgesehen von einem Vorbeiflug am Kometen Halley, seine Raumflugkapazitäten der nächsten 10 Jahre ausschliesslich für den Röntgenbereich reservieren. Deutsche und amerikanische Teleskope werden die jetzt noch sehr ungenügende räumliche Auflösung und Empfindlichkeit bei den harten Röntgenstrahlen ($\gtrsim$ 10 keV) erhöhen und den vom europäischen Pioniersatelliten COS-B erst andeutungsweise erschlossenen, extrem kurzwelligen Bereich der Gammastrahlen erforschen.

Es wäre falsch zu glauben, dass die Beobachtungen mit Teleskopen vom Erdboden aus je überflüssig werden. Die Faustregel, dass ein Teleskop im Raum zehnmal teurer ist, hat sich mit zunehmender Komplexität der Beobachtungsmethoden eher zuungunsten der Satelliten verschärft. Im April 1984 soll z.B. der Solar Maximum Mission-Satellit (SMM) von der Raumfähre aus repariert werden. Es geht im wesentlichen nur um das Auswechseln defekter Sicherungen der Gyroskop-Motoren. Die Kosten, etwa 100 Mio. Franken, lassen sich überhaupt nur durch die Entwicklung von Weltraumerfahrungen, nicht zuletzt für den militärischen Bereich, rechtfertigen. Ein anderer Vergleich: Alle irdischen optischen Teleskope, die je gebaut wurden, haben zusammen nach heutigen Preisen weniger als das ST gekostet. Neben der Kosteneffizienz und Bedienungsfreundlichkeit gibt es noch einen weiteren gewichtigen Grund, warum gerade von optischen und Radioteleskopen auf dem Boden grosse Fortschritte zu erwarten sind: Neuentwicklungen in der rechnergesteuerten Nachführung von optischen Teleskopen und neue Detektoren (anstelle von Photomaterial) mit Quantenausbeute bis 60% rechtfertigen den Bau neuer Teleskope der Grössen-



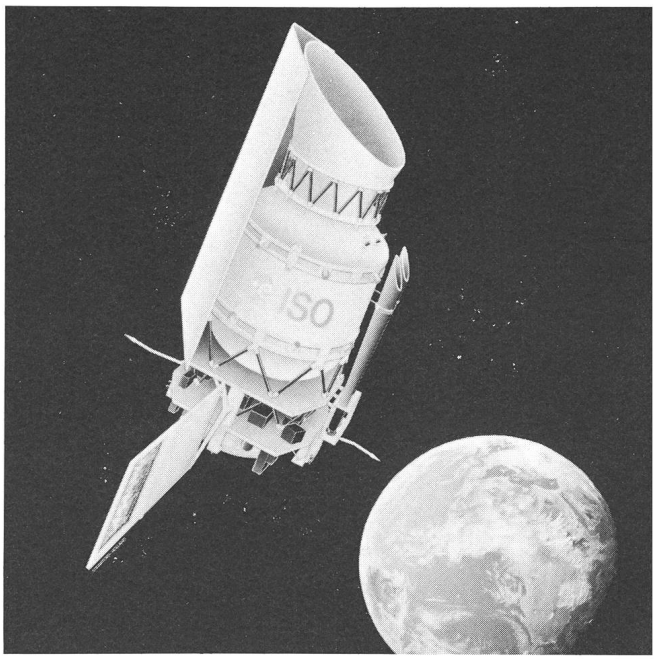


Abb. 1: Die Raumfähre soll das Space Telescope (ST) 1986 in Erdumlaufbahn bringen.

Das europäische Infrarot-Teleskop ISO wird das gegenwärtig in der Erdumlaufbahn befindliche Infrarot-Auge IRAS in den kommenden Jahren ablösen. Es wird unser Wissen über die Vorgänge im Weltall bedeutend erweitern.
Bild: ESA/Archiv Schmidt

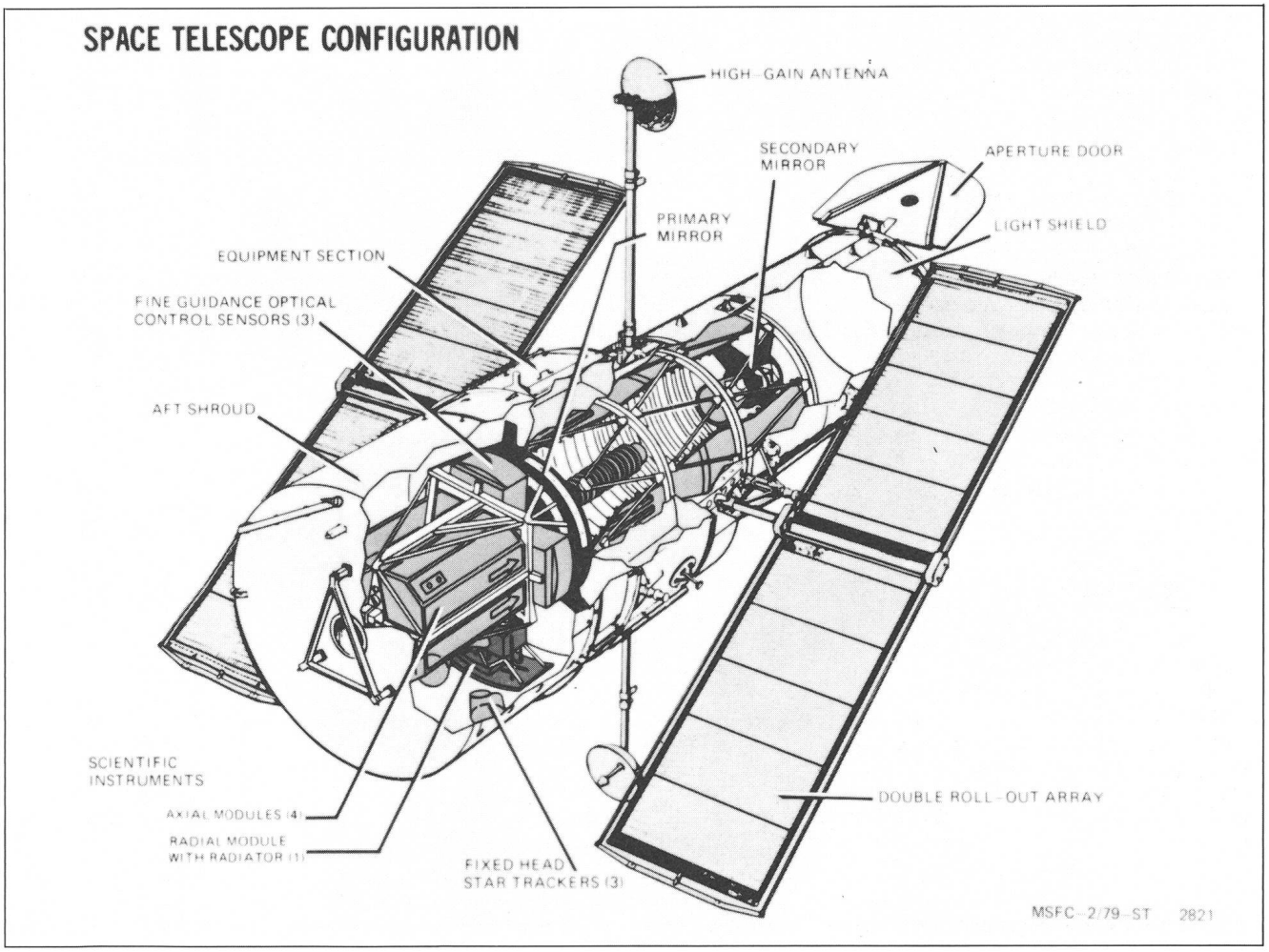
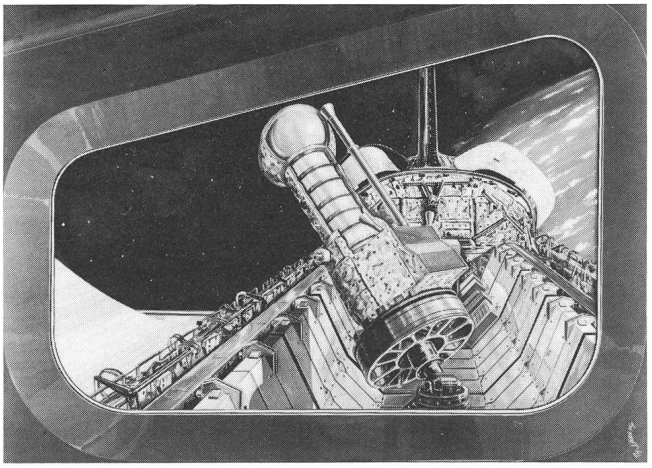


Abb. 2: ST im Beobachtungsbetrieb. Im (aufgeschnittenen) Rumpf ist der Hauptspiegel von 2,4 m Durchmesser gezeigt.

ordnung von 3.5 m. Ein solches Teleskop des Europäischen Südobservatoriums (ESO) wird 1986 für weniger als 20 Mio. Franken den Betrieb aufnehmen. Mit dieser Grössenklasse (und kleineren!) können noch viele wichtige Beobachtungen gemacht werden (z.B. Großstrukturen der Verteilung von Galaxien im Raum) und sie entlasten damit die teuren Grossteleskope. Schon sehr konkret zeichnen sich neue Technologien ab, welche die Konstruktion von Teleskopen von mehr



Anfang 1986 soll mit der amerikanischen Raumfähre Space Shuttle das wiederverwendbare deutsche Infrarot-Teleskop GIRL (German Infrared Laboratory) in die Erdumlaufbahn gebracht werden. Während der gesamten Mission bleibt das Teleskop im Laderaum der Fähre montiert. Eine spezielle Stabilisierungs- und Ausrichtplattform ermöglicht es den Wissenschaftlern, das GIRL genaustens auf das zu beobachtende Objekt auszurichten.
Bild: Messerschmitt-Bölkow-Blohm/Archiv Schmidt

als 15 m Durchmesser erlauben. Eine der Möglichkeiten ist, die elastische Verformung des Hauptspiegels bei seiner Bewegung durch computergesteuerte Gegenkräfte zu kompensieren. Eine bereits realisierte Möglichkeit ist der Aufbau eines optischen Teleskops auf mehreren Segmenten, welche mit einem Laser dauernd genau vermessen und justiert werden (Multiple Mirror Telescope). Die Tabelle gibt eine Zusammenstellung der Grossteleskope im Projektierungsstadium.
Grosse zukünftige optische Teleskope in Projektierung (von Europhysics News **14**, 11 (1983))

Organisation	Durchm. in m	Eigenschaften
Universität Texas	7.6	Sehr dünner Einzelspiegel
Universität Kalifornien	10	Segmentierter Spiegel mit Laser-Positionierung
Kitt Peak National Obs. (USA)	15	Super MMT
Europäische Südsternwarte	16	4 unabhängige 8 m-Teleskope
Grossbritannien	17	Super MMT

Sie werden kaum alle realisiert werden, zeigen aber den Weg ins nächste Jahrhundert optischer Astronomie. Grossteleskope sind vielseitig verwendbare Instrumente. Für gewisse Aufgaben sind kleinere Spezialteleskope vorteilhafter. So werden auch neue Sonnenteleskope geplant (Large European Solar Telescope), grosse Schmidt-Spiegel für grossflächige Aufnahmen etc.

Radioteleskope haben eine tausendfach bessere Ausbeute an Photonen pro investierte Geldeinheit als jede andere Wellenlänge des elektromagnetischen Spektrums. Dies liegt am billigen Bau grosser Kollektoren (Antennen) und dem grossen spektralen Bereich der Radioastronomie (14 Oktaven). Extreme Anforderungen wie z.B. hohe Dynamik (Sonne), sehr kurze Wellenlängen (z.B. deutsches mm-Teleskop, IRAM etc.) oder sehr lange Wellenlängen verlangen wiederum Spezialteleskope. Umwälzende Neuentwicklungen sind im Bereich der räumlichen Auflösung vorauszusehen. Während heute mit grossen Interferometern (z.B. Very Large Array) eine Auflösung von wenigen Bogensekunden Routine ist, sind die höchsten räumlichen Auflösungen der Astronomie von Millibogensekunden durch VLBI (Very Long Baseline Interferometric) noch sehr selten. Bei dieser Methode wird von zwei weit entfernten Radioteleskopen die empfangene Strahlung vollständig (d.h. inklusive Phase) samt Zeitsignal auf Magnetband aufgezeichnet. Die anschliessende Digitalisierung (mehrere Mio. Bit pro Beobachtungssekunde) und der Vergleich der Messungen beider Antennen im Computer ist sehr zeitraubend. In zukünftigen VLBI-Systemen wird diese Verarbeitung on-line geschehen, indem die Messungen mehrerer Antennen via Kommunikationssatellit in ein Verarbeitungs- und Steuerzentrum geleitet werden. Dann werden räumlich höchstaufgelöste Bilder im 24-Stundenbetrieb routinemässig erhältlich werden. Ein kleineres System dieser Art mit Mikrowellen-Verbindungen ist auf dem australischen Kontinent im Bau. Satellitensysteme sind in Europa, Kanada und USA geplant. Durch Plazierung einer Antenne auf dem Mond (bzw. in Mondentfernung) könnten Auflösungen bis in die Gegend von Mikrobogensekunden (entspricht 50 km in 1 Lichtjahr Entfernung) erreicht werden.

Zukünftige Astrophysik

Mit dem rasanten Fortschritt der Teleskope und Raumsonden wird das astronomische Wissen auf breiter Front von Planetologie bis Kosmologie zunehmen. Es ist zu hoffen, dass die in letzter Zeit immer gravierender gewordene Fragmentierung der Astronomie in kleinste Subdisziplinen nicht weitere Blüten treibt. Es liegt im Interesse jedes Astronomen, sein Wissen in ein weites Publikum hinauszutragen. Künftige Hauptgebiete werden sich weniger an den Objekten (z.B. Sonne, Pulsare etc.) als an der Physik (z.B. Plasmaphysik, Elementarteilchenphysik usw.) orientieren. Einige solcher möglicher Abgrenzungen und ihre Zukunftsperspektiven werden im folgenden vorgestellt:

Feste Körper: Die Verallgemeinerung der Geophysik zur Planetologie und Astronomie der (kalten) festen Körper hat als Ziel, die Entstehung und Entwicklung von Planeten, Monden, Kometen usw. zu erklären. Ihr Ausgangspunkt ist die Chemie des interstellaren Staubes, die durch Moleküllinien der mm-Radioastronomie zugänglich ist. Die kürzlich erfolgte Entdeckung einer Staubhülle um Wega durch den Infrarotsatelliten IRAS zeigt den Weg zum Verständnis der frühesten Geschichte von Planetensystemen.

Plasmen: Praktisch alle Gase des Universums (mit Ausnahme der Atmosphären von Planeten) sind teilweise ionisiert und verhalten sich nach den noch wenig bekannten Gesetzen der Plasmaphysik. Magnetosphären von Planeten, ganze Sterne und das interstellare Medium sind z.T. entscheidend

vom lokalen Magnetfeld geprägt, was unter Umständen zu ganz unerwarteten Prozessen führt. Das Studium der Sternentstehung, Eruptionen in Sternatmosphären (Flares) und Akkretionsscheiben, Pulsare, Entwicklung von Sternen und Galaxien usw. wird immer komplexere, aber physikalisch nicht unattraktive Theorien verlangen.

Kernfusion: Mit der Entdeckung der solaren Neutrinostrahlung sind mehr Fragen der Energieumsetzung im Sterninnern aufgebrochen als beantwortet werden. Mit modernen Grosscomputern können aber schon gute Modelle von Sternentwicklungen gerechnet werden. Hier werden Leistungssteigerungen dieser Maschinen zu entscheidenden Verbesserungen führen, nicht zuletzt bei den wichtigen, aber komplizierteren Doppelsternsystemen mit Massenaustausch.

Elementarteilchen: Das früheste Universum (d.h. die Zeit bis etwa eine Mikrosekunde nach dem Urknall) ist heute ein Tummelfeld der theoretischen Teilchenphysik geworden. Expansionsrate und Homogenität des Universums sind wichtige Beobachtungsparameter geworden zum Studium der Materie bei höchsten Energiezuständen, wie sie in irdischen Beschleunigern nie erreicht werden können.

Es macht heute den Anschein, dass die Reihe der Entdekkungen in der Astronomie noch längere Zeit nicht abbrechen wird. Unter vielen möchte ich drei wichtige Fragen herausgreifen, die vielleicht noch in diesem Jahrhundert zur Beantwortung reif sind:

- Ist das Universum offen (d.h. expandiert es in alle Zukunft)?
- Wie entstanden Galaxien?
- Wie bilden sich Planeten, und wie häufig kommt dies vor?

Weitere Probleme hängen damit zusammen, und schon oft hat ein Durchbruch in einem Gebiet der Astrophysik an einem anderen Ort zu tieferem Verständnis geführt. Die Zukunft der Astronomie liegt nicht in den Sternen, sondern am Interesse der Gesellschaft, dynamische Gruppen von Forschern zu fördern, welche die Herausforderung angenommen haben, die Weiten des Universums zu überwinden und die kosmischen Vorgänge zu verstehen.

Adresse des Autors:
Dr. A. Benz, PD, Institut für Astronomie, ETH, Zürich.

Résumé

L'époque actuelle est pour l'astronomie un âge d'or. De nouvelles technologies offrent de nouvelles possibilités d'observation; des objets et des longueurs d'onde encore inexplorées, qui jusqu'ici étaient inaccessibles à l'observateur terrestre, révèlent leurs secrets. Les deux fenêtres de notre atmosphère dans les longueurs d'ondes optique et de radio sont petites. Pour la première fois, l'astronome a la totalité du spectre électromagnétique à disposition.

Avec le «Space Telescope» (ST), dans le domaine du proche infra-rouge, du spectre visible et de l'ultra-violet, commencera une ère nouvelle. Son lancement est prévu pour 1986 (Fig. 1 et 2). Ce télescope de 2,4 m sur orbite terrestre est un projet commun de la NASA et de l'ESA avec une participation de 15% de l'ESA. De par la disparition des perturbations atmosphériques, ce télescope permettra non seulement l'élargissement des bandes de fréquences mais aussi de la résolution spaciale (facteur 10, soit jusqu'à 0,01 arcsec) et de la sensibilité (facteur 100, soit jusqu'à un ordre de grandeur 28). On peut en attendre avant tout des progrès dans l'astronomie extragalactique. Avec le ST nous pourrons observer des galaxies dans leur jeunesse, c'est-à-dire leur développement, peut-être même pourrons-nous observer leur formation.

Aussi bien l'URSS que la NASA ont des projets fermes: explorer les anomalies du rayonnement spacial dans le domaine sous-millimétrique. Ceci donnerait des informations importantes sur l'état de l'Univers environ 1 million d'années après l'explosion initiale; à cette époque commença le développement des galaxies.

Il serait faux de croire que les observations au moyen des télescopes terrestres deviennent superflues.

La règle qui admet qu'un télescope dans l'espace est dix fois plus cher s'est plutôt renforcée au détriment des satellites avec la complexité croissante des méthodes d'observation. Tous les télescopes terrestres qui ont été construits ont, aux prix actuels, coûté ensemble moins que le ST. De nouveaux développements dans le guidage par ordinateur des télescopes terrestres et de nouveaux détecteurs (au lieu de matériel photographique) permettant un rendement de quants jusqu'à 60%, justifient la construction de télescopes de 3,5 m. Avec cette grandeur (et aussi plus petits) peuvent s'effectuer encore de nombreuses observations importantes (p.ex. les grandes structures de la répartition des galaxies dans l'espace) et déchargent ainsi les grands télescopes coûteux.

Avec le progrès rapide du développement des télescopes et sondes spaciales, la connaissance astronomique augmentera sur un large front, de la planétologie à la cosmologie. Les domaines principaux futurs s'orienteront moins sur les objets (p.ex. le Soleil, les pulsares, etc.) que sur la physique (p.ex. la physique des plasmas, des particules élémentaires, etc.).

Il apparaît aujourd'hui que la série des découvertes dans l'astronomie n'est, pour longtemps, pas encore rompue. Entre beaucoup d'autres, nous voudrions choisir trois questions importantes auxquelles il sera peut-être répondu encore dans ce siècle:

- *l'Univers est-il ouvert (c.-à-d. est-il en expansion perpétuelle)?*
- *comment les galaxies se sont-elles formées?*
- *comment les planètes se forment-elles, et cela se produit-il souvent?*

L'avenir de l'astronomie ne se trouve pas dans les étoiles, mais dans l'intérêt que la société apporte à la formation de groupes de chercheurs qui ont accepté le défi de triompher de la grandeur de l'Univers et de chercher à comprendre le cours des événements cosmiques.

Classification photométrique des étoiles de type B dans le système de Genève

N. CRAMER

Fotometrische Klassifizierung der B-Sterne im Genfer System

L'astrophysicien n'a pas la possibilité d'examiner de près les objets de ses recherches, ni de contrôler les conditions dans lesquelles se déroulent les phénomènes qu'il veut étudier comme peuvent le faire les chercheurs de la plupart des autres disciplines scientifiques. L'information dont il dispose est contenue essentiellement dans le rayonnement électromagnétique qui nous vient de l'univers. Cette information est extrêmement dense et porte la trace de l'ensemble des phénomènes physiques qui se déroulaient dans le milieu étudié au moment où le rayonnement a été émis. Le problème de l'observateur est donc de décrypter ce message surabondant pour en dégager les paramètres physiques qui permettront de comprendre la nature de l'objet étudié. Ce décryptage, ainsi que l'interprétation des résultats observationnels est possible avec l'aide de modèles théoriques établis à partir des lois de la physique. Inversément, la théorie peut proposer des modèles ou des scénarios que l'observation devra confirmer ou non. L'astronomie est donc loin d'être démunie de moyens d'investigation; mais l'allure avec laquelle progressent les connaissances dépend, peut-être plus qu'ailleurs, de la virtuosité et de la perspicacité des théoriciens et des observateurs.

Une des techniques observationnelles les plus efficaces utilisées de nos jours est la photométrie photoélectrique à plusieurs couleurs. Cet article vise à illustrer les types d'informations que peut fournir cette méthode au moyen du cas particulier de l'analyse des étoiles chaudes (9000 °K, et plus) avec la photométrie de Genève. Ce système photométrique, crée par les professeurs M. GOLAY et F. RUFENER en 1960, est appliqué par une partie des chercheurs des observatoires de Genève et de Lausanne en plusieurs stations d'observation situées dans les deux hémisphères. Les bandes passantes des 7 filtres utilisés se situent dans la fenêtre dite «visible» de transparence de l'atmosphère terrestre. La transmission spectrale de chaque bande est schématisée dans la figure 1 par l'épaisseur du contour correspondant.

Nous savons que la distribution spectrale de l'énergie rayonnée par un objet incandescent (ou en d'autres termes, sa couleur) dépend de sa température. Pour un rayonnement thermique provenant d'un milieu en équilibre thermodynamique, autrement dit un rayonnement «de corps noir», cette distribution d'énergie suit la loi de Planck. A une distribution donnée correspond alors une seule température bien définie, et la mesure de l'intensité du rayonnement à deux longueurs d'onde distinctes suffit, dans ce cas, pour définir cette température. En photométrie stellaire, nous pouvons tirer parti de cette propriété en formant des rapports entre les flux mesurés dans deux voisinages spectraux, et lier ensuite ces valeurs à la température de l'étoile. Selon l'usage ces rapports d'intensités sont présentés sous la forme de différences de magnitudes mesurées dans des bandes passantes distinctes, et sont appelés «indices de couleur». Mais la lumière qui nous parvient de la surface d'une étoile n'a pas été émise dans les conditions idéales d'équilibre thermodynamique. De nombreuses raies d'absorption, des absorptions continues et même des bandes d'absorption moléculaire apparaissent dans les spectres des divers types d'étoiles. Ces absorptions, qui portent la signature des conditions physiques rencontrées dans l'atmosphère de l'étoile, modifient la distribution spectrale d'énergie, donc aussi les indices de couleur. Un indice de couleur déstiné à fournir une mesure de température contiendra donc également de l'information sur la pression gazeuse superficielle (c.à.d. aussi sur la valeur du champ gravifique superficiel) de l'étoile, sur sa composition chimique, sa vitesse de rotation axiale, un éventuel champ magnétique, etc.... Le problème du photométriste est celui de séparer le mieux possible les observables liés aux différents effets astrophysiques.

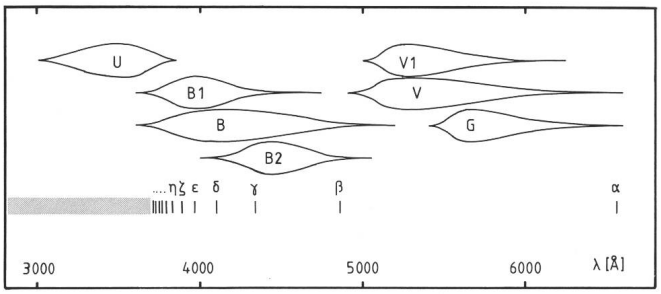


Fig. 1: Transmission spectrale des 7 filtres de la photométrie de Genève. Le spectre d'absorption de la série de Balmer de l'hydrogène est déssiné pour comparaison.

Regardons maintenant à nouveau la figure 1. Au bas de cette figure est représentée la série de Balmer du spectre de l'hydrogène, qui domine dans les spectres d'étoiles chaudes. Les raies apparaissent en absorption et, en dessous de 3700 Å environ, a lieu l'absorption continue de Balmer schématisée ici par une plage sombre. La comparaison de l'intensité lumineuse mesurée à travers le filtre U avec celle mesurée avec un des autres filtres donnera une mesure de la «discontinuité de Balmer» qui est un bon indicateur de température pour les étoiles des types O à A0. On voit que le filtre B1 recouvre de nombreuses raies. Un indice de couleur formé à partir de ce filtre et d'un filtre moins affecté, tel que B2 par exemple, fournira une mesure de l'absorption par les raies de Balmer. Cette valeur est liée à la gravité superficielle et à la luminosité de l'étoile, les raies d'étoiles évoluant vers le stade de géante devenant progressivement plus fines. De même, des indices formés au moyen de filtres contenant peu de raies, tels que B2 combiné avec V1 ou G par exemple, seront liés plus directement à une mesure de température. Une manière de séparer ces informations multiples contenues dans chaque indice de couleur est de former des représentations à partir de deux ou plusieurs indices de couleur.

Une représentation bi-dimensionelle de l'ensemble des 15 000 étoiles mesurées dans la photométrie de Genève est

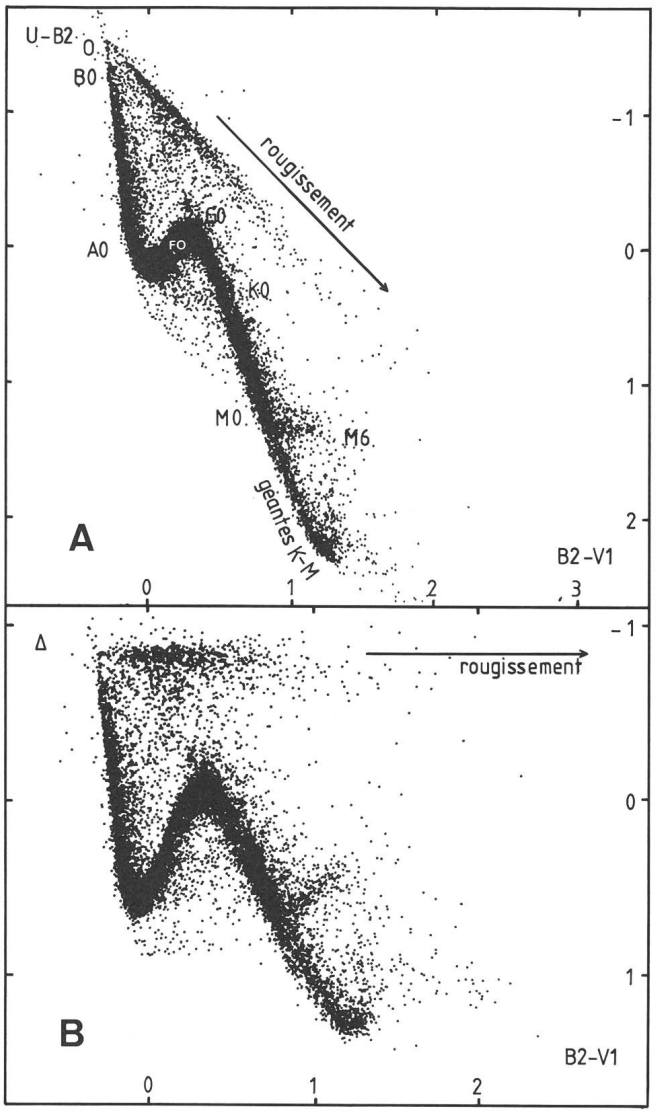


Fig. 2: A: Le diagramme d'indices U-B2 vs. B2-V1. On remarque l'effet de l'absorption (rougissement) par la matière interstellaire. B: Diagramme semblable mais utilisant cette fois le paramètre Δ qui est insensible au rougissement.

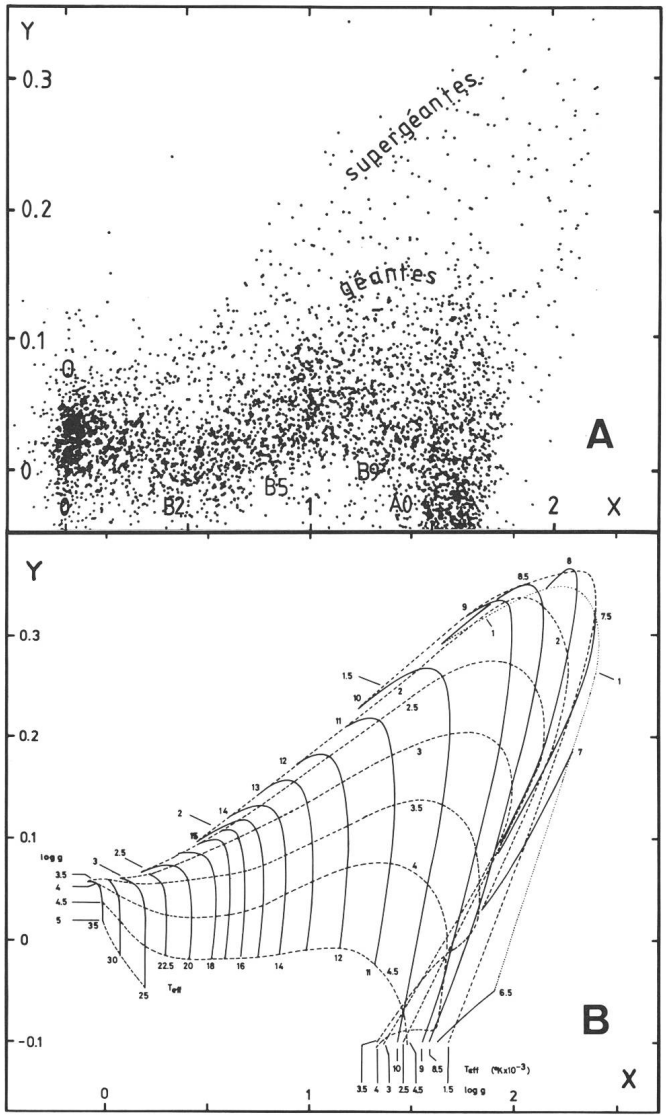


Fig. 3: A: Le diagramme de paramètres X vs. Y des quelques 7000 étoiles plus chaudes que le typ spectral A3 mesurées dans le système de Genève. X est essentiellement détérminé par U-B1 et Y par B2-B1. B: Interprètation de ce diagramme à l'aide des modèles d'atmosphères stellaires de R. L. Kurucz.

donnée dans la figure 2A. Les différents types d'étoiles s'alignent essentiellement le long d'une séquence en forme de S qui est aussi, dans les grandes lignes, une séquence de températures. Les emplacements des divers types spectraux de la classe V (étoiles non évoluées) sont indiqués, et on remarque l'importante déviation des géantes K et M de la séquence non-évoluée. Pour ces étoiles «froides» les effets photométriques sont progressivement dominés par des absorptions moléculaires. Du côté des étoiles plus chaudes nous remarquons plusieurs autres effets. On voit que l'indice U-B2 est un bon indicateur de température pour les étoiles des types O à A0, mais que pour les types A, F et G une valeur de cet indice peut correspondre à 3 températures différentes. Ceci vient du fait que la discontinuité de Balmer, que mesure en premier lieu cet indice, atteint sa valeur maximale vers le type A0 et décroit pour des températures plus- et moins élevées. L'indice B2-V1 par contre fournit une mesure moins ambigue de la température en vertu de ce qui a été dit plus haut. Mais le caractère marquant qui ressort de ce diagramme est le «rougissement» des indices de couleur provoqué par l'absorption (ou, plus précisément, l'extinction) de la lumière des étoiles par la poussière interstellaire. Ce phénomène est particulièrement prononcé dans cette figure pour les étoiles de type O; ceci est dû à une séléction observationnelle, ces étoiles trés lumineuses et peu fréquentes ayant été observées à des distances généralement plus grandes. On voit que le rougissement perturbe de manière importante l'interprétation des diagrammes d'indices, en y introduisant des ambiguités supplémentaires (une étoile de type B rougie peut par exemple se situer sur la séquence des types F, G. ou même K dans ce diagramme). Une manière de s'affranchir en grande partie de cet effet est de former des «paramètres» composés de deux indices de couleur de manié-

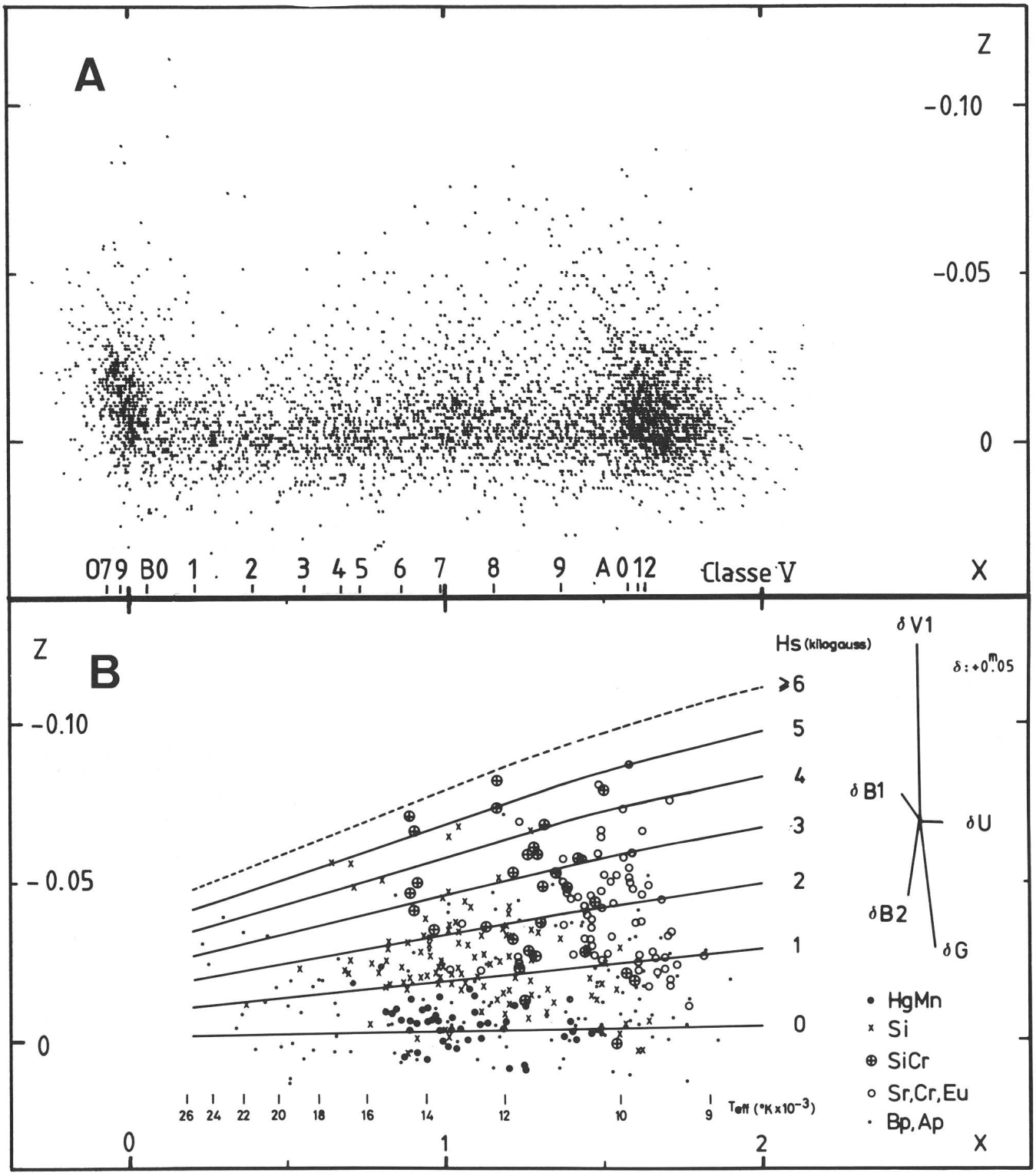


Fig. 4: A: Le diagramme de paramètres Z vs. X pour les étoiles de la figure 3A. Les étoiles de type B et A qui se détachent au dessus de la séquence sont des étoiles Ap magnétiques.
B: Interprètation de ce diagramme en termes d'intensité du champ magnétique de surface et du type de particularité spectrale. Le paramètre Z est surtout détérminé par l'indice G-V1.

re à visionner, en quelque sorte, le diagramme correspondant le long des lignes de rougissement. Un exemple d'un tel paramètre est donné dans la figure 2B. Le paramètre Δ (delta) est une mesure de la discontinuité de Balmer et contient les mêmes types d'informations que U-B2. L'ambiguité sur la température subsiste, mais la sensibilité au rougissement a disparu comme le montre la ligne de rougissement qui est maintenant horizontale dans le diagramme Δ vs. B2-V1. De tels paramètres sont très utiles pour l'étude d'étoiles lointaines qui sont pratiquement toutes rougies. Les paramètres suivants sont couramment utilisés dans le système de Genève:

$$\Delta = (U\text{-}B2) - 0.832\,(B2\text{-}G)$$
$$d = (U\text{-}B1) - 1.430\,(B1\text{-}B2)$$
$$g = (B1\text{-}B2) - 1.357\,(V1\text{-}G)$$

On voit que les deux premiers mesurent essentiellement la discontinuité de Balmer (par le filtre U) mais avec des sensibilités différentes aux raies de l'hydrogène (utilisation ou non du filtre B1). Le dernier compare essentiellement les effets des raies de Balmer avec la partie rouge du spectre continu.

Si nous formons maintenant une représentation tri-dimensionelle à l'aide de ces trois paramètres nous voyons se dessiner dans l'espace une séquence d'allure semblable à celles de la figure 2, mais sans les effets du rougissement. De plus, cette représentation dispose maintenant de l'information contenue dans les 5 filtres U, B1, B2, V1 et G. C'est dans cet espace qu'il est le plus avantageux d'étudier les étoiles de type B qui sont toutes lointaines et par conséquent rougies. Une translation suivie d'une rotation d'axes permet de définir un nouveau système de paramètres orthogonaux qui sont localement mieux adaptés à la description de ces étoiles. Ces nouveaux paramètres appelés X, Y et Z sont des combinaisons linéaires des 5 couleurs ci-dessus. La figure 3A montre l'avantage considérable qu'apporte cette représentation où les types spectraux et classes de luminosité sont clairement séparés par les paramètres X et Y. La figure 3B interprète ce diagramme en termes de gravité superficielle et de température à l'aide des récents modèles d'atmosphères stellaires de l'américain R. L. KURUCZ, qui tiennent compte des effets d'environ un million de raies spectrales. On voit que le paramètre X est lié sans ambiguité à la température sur un large domaine tandis que Y éstime la gravité; on a effectivement ici l'équivalent photométrique de la classification spectrale de Morgan-Keenan. Ce diagramme a donc pu être calibré en termes de «magnitudes absolues» (magnitudes qu'auraient les étoiles si elles étaient situées à 10 parsecs de nous) et de «couleurs intrinsèques» (couleurs qu'auraient les étoiles en absence de rougissement interstellaire). La comparaison de ces grandeurs avec celles qu'on observe permet d'éstimer les distances des étoiles ainsi que d'étudier la répartition de la matière interstellaire. Les liens entre les couleurs et les paramètres physiques température et gravité définis par des modèles d'atmosphères permettent de transposer des scénarios d'évolution stellaire, tels que ceux calculés à Genève par A. MAEDER, dans les diagrammes photométriques. Il a ainsi été également possible de calibrer le présent diagramme en termes d'ages et de masses stellaires.

Regardons maintenant ce que signifie le paramètre Z. La figure 4A présente les mèmes étoiles que la figure 3A, mais dans ce cas le nuage de points est visionné par la tranche. L'axe X représente, comme avant, la température (c.à.d. le type spectral). On voit que la majorité des étoiles s'écartent peu de Z = 0. La concentration de points à gauche est dûe aux étoiles de type O; les quelques points qui s'en détachent vers le haut sont des étoiles du type «Wolf-Rayet». Mais la caractéristique la plus frappante de cette figure est le nuage de points qui se détachent au dessus de la séquence des étoiles B. L'examen a montré que ces étoiles sont des étoiles «Ap magnétiques» (étoiles particulières de type spectral semblable à A possèdant un champ magnétique intense); et, sur la base des quelques dizaines d'étoiles pour lesquelles ces champs ont été mesurés par spectroscopie à haute dispersion, il a été possible d'établir la calibration en termes de champ magnétique de la figure 4B. L'éffet mesuré par le paramètre Z est une absorption vers 5200 Å (zone couverte par le filtre V1) observée dans les spectres de ces étoiles. Ceci est illustré par les vecteurs de sensibilité à la droite de cette figure. On voit aussi que les divers types de particularités spectrales semblent se manifester à des températures plus élevées pour des champs plus intenses. Le lien entre ces effets photométriques et l'intensité du champ magnétique n'a toujours pas été expliqué, et cette contrainte observationnelle devra être satisfaite par les futurs modèles d'atmosphères d'étoiles magnétiques.

Il est encore intéressant de remarquer dans ce contexte que la mesure photométrique d'une étoile même faible, avec un petit télescope, ne prend que quelques minutes; tandis que l'analyse d'une étoile brillante par spectroscopie Zeeman avec les plus grands télescopes existants peut nécessiter plusieurs heures d'observation. Cette méthode photométrique apporte un important gain de temps aux spectroscopistes en leur fournissant rapidement des séléctions d'étoiles magnétiques probables. Une telle liste de 258 étoiles a déjà été mise à profit par l'astronome soviétique Y.V. GLAGOLEVSKI et ses collaborateurs qui, travaillant au télescope russe de 6 m, ont pu mesurer pour la première fois les champs de plusieurs étoiles magnétiques, dont celui qui occupe le 5e rang parmi les plus intenses connus.

Dans cet article nous avons brièvement présenté un domaine très restreint des applications possibles de la photométrie stellaire. Le but a été d'illustrer par cet exemple le type de cheminement nécéssaire pour faire «parler» au mieux l'information contenue dans une mesure qui peut paraître sommaire à première vue. Une quantité appréciable de données fondamentales sont acquises par l'intermédiaire d'un petit nombre de filtres. On a vu l'importance des résultats théoriques pour l'interprétation des observations; mais aussi le type de question que peut poser un résultat observationnel aux théoriciens. Pour conclure, il faut encore signaler l'importance de la qualité du matériel observationnel. Les techniques d'acquisition des mesures et de leur réduction à leurs valeurs hors-atmosphère nécessitent des traitements sophistiqués; et ces difficultés sont souvent sous-estimées. L'acuité d'un système photométrique dépend de manière critique de sa précision (voir par exemple la faible variation du paramètre Z dans la figure 4), et de son homogénéité. *N. CRAMER*

Zusammenfassung

Eine der erfolgreichsten Beobachtungsmethoden der Astrophysik ist die fotoelektrische Mehrfarbenfotometrie. In diesem Artikel wird der Informationsgehalt solcher Messungen anhand eines Beispiels der Analyse der B-Sterne im Genfer System illustriert. Dieses fotometrische System existiert seit 1960 und besteht aus 7 Filtern im visuellen Wellenlängenbereich (Abb. 1).

Die Energieverteilung im Spektrum der Sterne, oder in anderen Worten ihre Farbe, hängt im wesentlichen von ihrer

Temperatur ab. Diese Energieverteilung wird aber von Absorptionen beeinflusst, die entweder kontinuierlich oder in Linien vorkommen und deren Intensitäten stark von der Beschaffenheit der Sternoberfläche abhängig sind.

Üblicherweise wird der Informationsinhalt der Energieverteilung mittels Farbenindizes wahrgenommen, indem Verhältnisse für die in verschiedenen Spektralbereichen gemessenen Lichtintensitäten gebildet werden. Die Sterne können dann in Diagrammen klassifiziert werden, deren Achsen die Farbenindizes wiedergeben (Abb. 2A).

Für die hellen, aber seltenen (und deshalb meist weiter entfernten) O- und B-Sterne wirkt die Absorption durch interstellare Materie äusserst störend. Dieser Effekt kann aber weitgehend behoben werden, indem mit zwei Farbenindizes «Parameter» gebildet werden (Abb. 2B). Im Genfer System werden die drei Parameter Δ (Delta), d und g am häufigsten angewandt (siehe franz. Text). Diese ermöglichen eine 3-dimensionale Darstellung der verschiedenen Sterntypen, die von der interstellaren Absorption nicht beeinflusst ist.

Es ist vorteilhaft, in der obigen Darstellung für B-Sterne drei neue orthogonale Achsen zu definieren, die drei neue Parameter, X, Y und Z ergeben. Die Bedeutung der beiden ersten Parameter ist aus Abb. 3 ersichtlich, wo theoretische Modelle (Abb. 3B) zeigen, dass die Temperatur mit X und die Oberflächenschwerkraft mit Y gemessen wird. Das XY-Diagramm erfüllt somit die Bedingungen der Morgan-Keenan-Klassifizierung und wurde auf absolute Helligkeiten und Eigenfarben geeicht. Diese Eichungen ermöglichen es, Sterndistanzen abzuschätzen und die Menge der interstellaren Materie entlang der Sichtlinie zu messen. Ferner wurde dieses Diagramm mit Hilfe von Entwicklungsmodellen auf Sternmassen und -alter geeicht.

Der senkrecht dazu stehende Z-Parameter (Abb. 4) ist, bei den B- und ersten A-Sternen, unabhängig von Temperatur und Schwerkraft, variiert aber mit der Stärke des Oberflächenmagnetfeldes bei den heissen Ap-Sternen. Dieser Effekt beruht auf einer Absorption, die bei 5200 Å im Spektrum dieser Sterne zu sehen ist und dessen Zusammenhang mit der magnetischen Feldstärke noch nicht theoretisch erklärt ist.

Anhand dieser Methode sind für die fotometrische Identifizierung magnetischer Sterne, auch für schwächere Objekte, nur wenige Minuten Beobachtungszeit erforderlich, während für die Messung eines Feldes mit Zeemanspektroskopie für helle Sterne selbst mit den grössten existierenden Teleskopen bis zu mehreren Stunden benötigt werden können.

Eine vom Genfer Observatorium veröffentlichte Liste von 258 fotometrisch nachgewiesenen magnetischen Sternkandidaten ist von einer russischen Gruppe verwendet worden, die anhand dieser Liste mehrere Erstmessungen von Magnetfeldern mit dem 6m-Teleskop durchgeführt hat. Dabei wurde neu die fünftgrösste Feldstärke identifiziert.

Adresse de L'auteur:
N. Cramer, Observatoire de Genève, CH-1290 Sauverny.

Space Art – Weltraumkunst

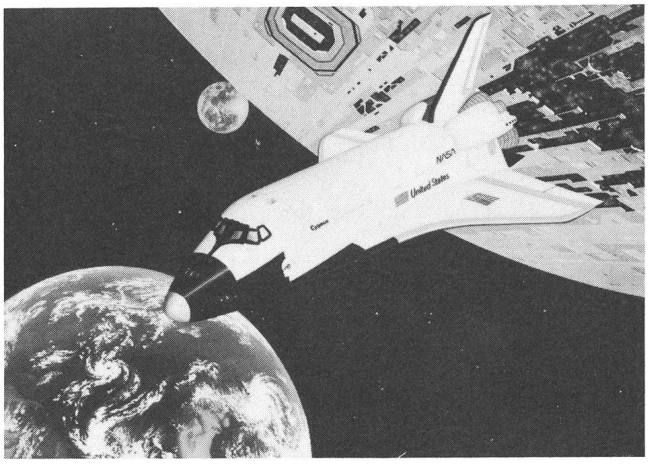


Abb. 1

Mit der bemannten Weltraumfahrt erlebte die Space Art besonders in den USA einen nie geahnten Aufschwung. Eigentlich ist die Space Art eine eher wissenschaftliche Disziplin, befasst sie sich doch mit Darstellungen von nicht oder noch nicht fotografisch erfassbaren ausserirdischen Motiven. Anlässlich der 9. Amateur-Astro-Tagung 1982 fand in der Galerie Schlossberg in Burgdorf eine Ausstellung mit den bekanntesten Space-Art-Vertretern der Schweiz statt. Neben anderen Künstlern zeigte auch STEFAN BLASER aus Rüfenacht bei Bern seine Bilder. STEFAN BLASER wurde 1963 in Bern geboren. Mit 11 Jahren begann er bereits erste Weltraumbilder zu malen. Für seine Bilder bevorzugt er vorwiegend kräftige Farben, beschränkt sich aber meist auf einen dominierenden Farbton. Zurzeit befindet er sich im 4. Lehrjahr einer Grafikerlehre.

Vom 19. Juni bis 18. Juli 1984 (Vernissage 19.6., 18.00 Uhr) zeigt STEFAN BLASER seine Bilder in der Galerie «Atelier Worb», 3076 Worb, (beim Bahnhof). Die Ausstellung ist geöffnet am Freitag von 18.00 bis 20.00 Uhr, Samstag von 14.00 bis 17.00 Uhr und am Sonntag von 10.00 bis 12.00 Uhr.

W. LÜTHI

Abb. 3

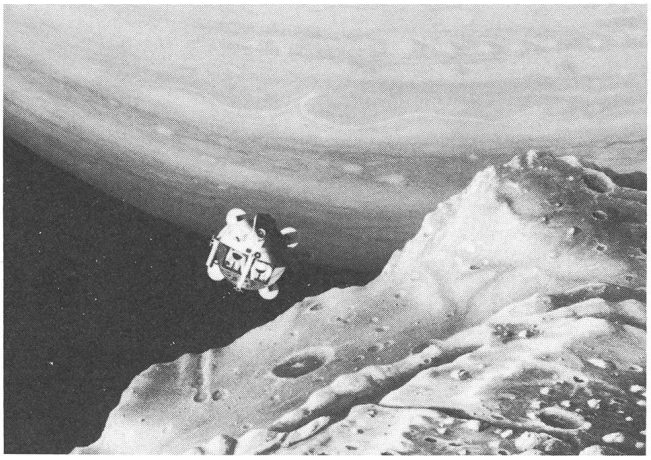


Abb. 2

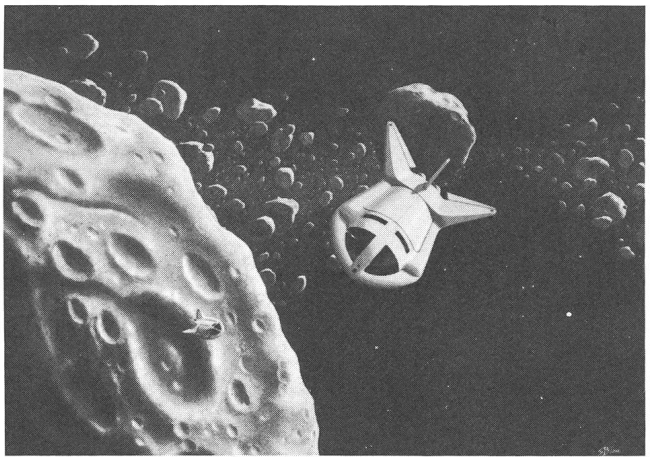


Abb. 4

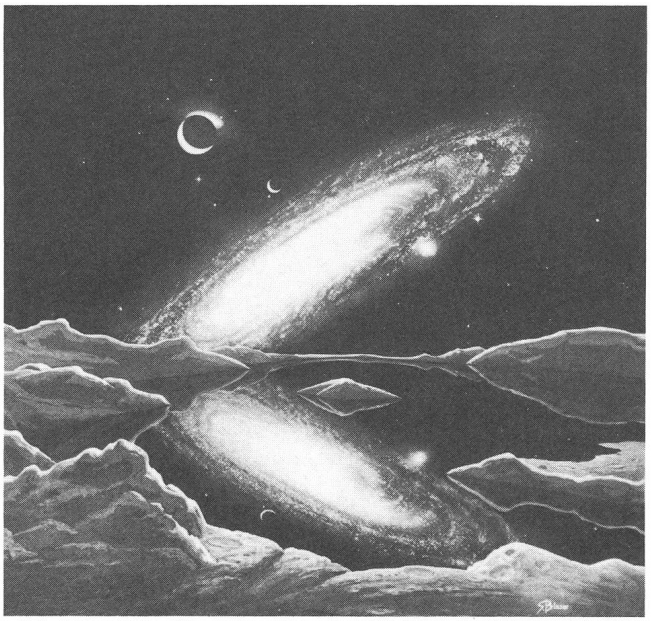


Abb. 5

Abb. 1: Die alte Raumfähre, 1981, Gouache. Für den Bau einer grossen Raumstation im nächsten Jahrhundert müssten viele Transportmittel eingesetzt werden. Aus Kostengründen könnte man den Orbiter der heutigen Space Shuttle-Version noch verwenden. Er müsste für das neue Huckepack-System mit einem zusätzlichen Treibstofftank ausgerüstet werden.

Abb. 2: Am innersten Saturnmond, 1982, Gouache. Die Erkundung der Saturnmonde wird die Aufgabe einer ersten bemannten Expedition zum Saturn sein. Eine Raumlandekapsel hat das Mutterschiff verlassen, um einen kleinen Mond zu erforschen. Seine Oberfläche aus Eis ist mit Sand und Gestein vermischt. Im Hintergrund die Polarregion des Saturns.

Abb. 3: Trauer für einen toten Planeten, 1982/83, Acrylfarbe. Bild aus der Bild-Geschichte: Metamorphose eines Planeten.

Abb. 4: Raumfähren im Saturnring, 1982, Gouache. Nach Erkenntnissen durch Voyager sind kleine Monde die Ursache für die vielen Lücken im Saturnring. Auf ihrer Bahn um den Saturn fegten sie eine Gasse in das «Meer» aus Stein und Eis. Die beiden Raumschiffe könnten vom Mond Titan aus gestartet werden, der sich für die Errichtung einer Station eignen könnte. Titan hat eine Atmosphäre, daher ist eine aerodynamische Konstruktion der Fahrzeuge nötig.

Abb. 5: M31/NGC224, 1981, Gouache. Die Andromedagalaxie, gesehen von einem hypothetischen Planeten, etwa 250 000 Lichtjahre vom galaktischen Zentrum entfernt. Der Planet ist sehr weit von seiner Sonne entfernt. Die beiden Monde leuchten nur ganz schwach und die Atmosphäre hat sich zum Teil verflüssigt. M31 spiegelt sich in einem See aus flüssigem Stickstoff.

Virgo und die Zwerge

BRUNO BINGGELI

La vierge et les nains

Beim Stichwort «Galaxie» entsteht vor unserem geistigen Auge fast zwangsläufig das Bild einer brillanten Spiralgalaxie, wie sie so oft das Titelbild eines Astronomiebuches ziert. Auch unsere Heimatgalaxie, die Milchstrasse, ist schliesslich ein grosses Spiralsystem; und nach dem Gesetz unserer kosmischen Durchschnittlichkeit muss sie eine *typische* Galaxie sein. Dabei vergisst man aber, dass die grossen, schönen Feuerräder (vgl. Abbildung 1) nur gerade die höchste Prominenz darstellen in einem Heer von gänzlich unscheinbaren und kleinen Sternsystemen. Die Milchstrasse selbst ist eng benachbart von zwei kleineren, irregulären Galaxien, den Magellanschen Wolken, die 10- bzw. 50mal weniger Sterne enthalten als diese. Ebenso besitzt die Andromedagalaxie M31 zwei kleine Begleitsysteme, M32 und NGC205, von denen man sogar 200 Stück derselben Art zusammenballen müsste, um die Helligkeit der Muttergalaxie aufzuwiegen. Aber unter den Nachbarn der Milchstrasse gibt es eine ganze Reihe noch sehr viel geringerer Existenzen. Manche von ihnen werden sogar von grossen Kugelsternhaufen übertroffen mit ihren wenigen 100 000 Sternen (während die Milchstrasse deren 100 Milliarden enthält!). Solche kleinen und leuchtschwachen Sternsysteme nennt man *Zwerggalaxien*.

Wie schon angedeutet, übertrifft die *Anzahl* der Zwerggalaxien diejenige der grossen Sternsysteme wie der Milchstrasse um ein Vielfaches; und doch ist ihre gesamte *Leuchtkraft* (alle Zwerge zusammengenommen) jenen gegenüber vernachlässigbar klein. Indessen sind Zwerggalaxien alles andere als nur von kartographischem Interesse. Als einfachste Sternsysteme, die es gibt (wenn wir von den galaktischen Sternhaufen absehen), sind sie willkommene Objekte zur Erforschung grundlegender Eigenschaften auch der grossen Galaxien, wo die Verhältnisse weniger übersichtlich sind. Tatsächlich haben Zwerggalaxien in der Geschichte der modernen Astronomie eine hervorragende Rolle gespielt. So zum Beispiel die elliptischen Zwerggalaxien in der Umgebung von M31. Mit 4stündiger Belichtung am grossen Mt. Wilson-Teleskop, in den klaren Septembernächten des Jahres 1943, gelang es WALTER BAADE erstmals, diese Zwergsysteme in Sterne aufzulösen. Es waren diese Beobachtungen, die BAADE unmittelbar zum bahnbrechenden Konzept der Sternpopulationen führten.

Heute ist das Interesse an Zwerggalaxien wieder neu entfacht. Manche Astronomen vermuten nämlich, dass Zwerggalaxien eine Art «Überbleibsel» aus der Epoche der Galaxienentstehung sind, – zu Fossilien gewordene Materiefetzen, die es irgendwie nicht geschafft haben, sich zu einer grossen Galaxie zu formieren. Zwerggalaxien liessen sich dann vielleicht am ehesten mit den Asteroiden vergleichen, die in ihrer Gesamtheit keinen zerplatzten, sondern einen *verhinderten* Planeten darstellen. Asteroiden sind gefrorene Zeugen der Geburt des Planetensystems. Von ihrer Erforschung erwartet man Aufschluss über eben jene noch im dunkeln liegende Epoche. So liegt möglicherweise auch der Schlüssel zum Verständnis der Galaxienentstehung, dem zentralen Problem der extragalaktischen Astronomie, bei den «Zu-kurz-Gekommenen»: den Zwerggalaxien.

Zwerggalaxien sind schwierig zu finden – eben weil sie so leuchtschwach sind. Immerhin sind etwa 25 Zwerggalaxien bekannt im Umkreis von 3 Millionen Lichtjahren. Die

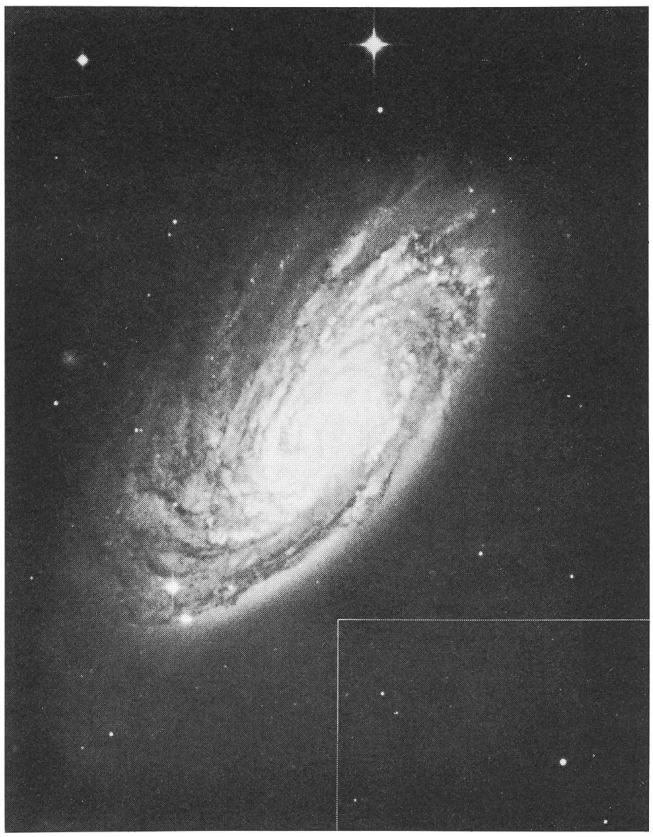


Abb. 1: Die Spiralgalaxie NGC 4501. Diese Galaxie ist ein Ebenbild der Milchstrasse; beide Galaxien sind vom selben Typ und leuchten etwa gleich stark. Das Rechteck am rechten unteren Bildrand gibt die relative Grösse der Abbildungen 2 und 3 an. Alle drei gezeigten Galaxien sind Mitglieder des Virgohaufens (Entfernung rund 60 Millionen Lichtjahre). Die lange Seite des Rechtecks, also auch die Breite der nachfolgenden Bilder, entspricht 3 Bogenminuten oder rund 60 000 Lichtjahren in der Distanz des Virgohaufens. Die Abbildungen sind Reproduktionen von Aufnahmen, die am 2.5 m-Teleskop des Las Campanas-Observatoriums in Chile gewonnen wurden (siehe Text).

meisten von ihnen sind Satelliten der Milchstrasse oder der Andromedagalaxie. Zusammen mit diesen bilden sie eine gravitationell gebundene Gruppe von Galaxien, die man die Lokale Gruppe nennt. Nun lassen sich zwar diese lokalen Sternsysteme durch ihre Nähe besonders detailliert untersuchen; aber es sind schliesslich zu wenige, um allgemeingültige Aussagen über Zwerggalaxien zu erhalten. Ausserdem muss man die Entfernung jeder *einzelnen* Galaxie kennen, denn sonst kann man sie ja nicht miteinander vergleichen; und die Entfernung auch nur *einer* Galaxie mit der Cepheiden-Methode zu messen, bedeutet eine Arbeit von vielen Jahren – eine Arbeit, die für einige der lokalen Galaxien überhaupt noch aussteht.

Die beste Gegend am Himmel, um nach Zwerggalaxien zu suchen, ist die Gegend des grossen Galaxienhaufens im Sternbild Virgo (kurz Virgohaufen genannt). Galaxienhaufen sind gravitationell gebundene Systeme von Hunderten bis Tausenden von Galaxien. Dort wo schon die Riesengalaxien in grosser Zahl dicht gedrängt stehen, muss es nur so wimmeln von Zwerggalaxien. Um aber die so schwachen Zwerggalaxien überhaupt sehen zu können, müssen sie, und mit ihnen der ganze Haufen, relativ nahe sein. Mit einer Entfernung von ca. 60 Millionen Lichtjahren ist der Virgohaufen der uns nächststehende reiche Galaxienhaufen. Hier haben wir einen grossen Zoo von Zwerggalaxien ganz in unserer «Nähe». Und als Mitglieder des Haufens stehen alle Zwerge gleich weit entfernt; man kann sie also direkt miteinander vergleichen und braucht nicht einzeln Entfernungen zu messen (– wozu wir allerdings auch nicht in der Lage wären, denn in einer Entfernung von 60 Millionen Lichtjahren sind Cepheiden unauffindbar schwach).

Nun da wir wissen, wo wir Zwerggalaxien in grosser Zahl finden können, stossen wir aber auf eine ganz banale Schwierigkeit: die Grösse des Virgohaufens am Himmel. Der Haufen bedeckt ein kreisförmiges Gebiet von 12° Durchmesser. Das entspricht einer Fläche von über 100 Quadratgrad, also 500 Vollmonden! – Üblicherweise durchmustert man so grosse Himmelsflächen mit einem Schmidt-Teleskop, dessen Weitwinkeloptik die photographische Aufnahme grosser Himmelsausschnitte «am Stück» erlaubt. Wenige Photoplatten, gewonnen am 1.2 m Schmidt-Teleskop auf Palomar Mountain, überdecken den Virgohaufen bereits vollständig. Auf solchen Schmidt-Platten ist denn auch der Virgohaufen seit den 50er Jahren einige Male nach Zwerggalaxien durchmustert worden. Mit Erfolg: es sind weit über hundert Zwerggalaxien identifiziert worden.

Leider hat aber das Schmidt-Teleskop einen grossen Nachteil. Der kleine Abbildungsmaßstab vermag die Struktur der Zwerggalaxien nur ungenügend aufzulösen. Oft lässt sich gar nicht entscheiden, ob eine bestimmte kleine Galaxie nun wirklich eine Zwerggalaxie im Virgohaufen oder vielmehr eine weit entfernte Hintergrundgalaxie ist. Da müsste man mit einem grossen Parabol-Spiegel ins Feld ziehen, zum Beispiel dem 5 m-Teleskop auf Palomar mit seinem (gegenüber dem Schmidt-Teleskop) 7mal grösseren Abbildungsmaßstab... Aber das können wir gleich wieder vergessen. Das Blickfeld eines grossen Parabol-Spiegels ist nämlich so klein, dass man nur mit vielen Hunderten von Aufnahmen den Virgohaufen überdecken könnte. – Ideal wäre offensichtlich ein Instrument, das Weitwinkligkeit und grossen Abbildungsmaßstab *kombiniert*.

Ein solches Instrument gibt es tatsächlich, seit 1977. Es handelt sich um das 2.5 m-Teleskop auf Las Campanas (Chile). Das Las Campanas-Observatorium ist die Südstation des Mt. Wilson-Observatoriums in Pasadena (USA). Der Abbildungsmaßstab des Campanas-Teleskops ist genauso gross wie der des 5 m-Palomar-Spiegels im Primärfokus, nämlich rund 10 Bogensekunden pro Millimeter. Doch hier hat man nun mit einem ausgeklügelten optischen System (im wesentlichen mit einer Gascoigne-Korrekturlinse vor dem Cassegrain-Fokus) das unverzerrte Blickfeld auf 1.5° x 1.5° erweitert; das entspricht 50 cm x 50 cm! – so gross sind die Photoplatten. Dies Instrument ist wie geschaffen für eine Durchmusterung des Virgohaufens. ALLAN SANDAGE (Mt. Wilson and Las Campanas Observatories, Pasadena) und G. A. TAMMANN (Astronomisches Institut der Universität Basel) haben denn auch bald nach Inbetriebnahme des Teleskops eine solche Durchmusterung in Angriff genommen. Seit 1981 ist der Autor ebenfalls beteiligt an der Durchführung dieses Projekts. Im März 1982 wurde die letzte der insgesamt 67 Aufnahmen einstündiger Belichtung gewonnen, die erforderlich waren, um den ganzen Virgohaufen zu überdecken. 67 Platten à 50 cm x 50 cm: das sind fast 17 m^2 belichteter Emulsion. – Welcher Reichtum an Galaxien damit zu Tage gefördert wurde, lässt sich kaum beschreiben!

In monatelanger Inspektionsarbeit an den Platten haben wir insgesamt über 1500 Virgogalaxien identifiziert, davon etwa 1250 Zwerggalaxien (wenn wir zu den Zwergen jede Galaxie zählen, die die kleine Magellansche Wolke an Leuchtkraft unterbietet). Die schwächste registrierte Zwerggalaxie ist ca. 21. Grösse scheinbarer Helligkeit; sie leuchtet also, bei einer Entfernung von 60 Millionen Lichtjahren, rund 10000-mal schwächer als die Milchstrasse. Trotzdem muss es wohl noch unzählige weit schwächere Zwerggalaxien geben im Virgohaufen – die aber in dieser Distanz, und unter den gegebenen Umständen, ganz einfach in der Nacht versinken.

Natürlich sind auf den Photoplatten nicht nur 1500 Galaxien sichtbar. Vielmehr galt es, aus einem Meer von Hunderttausenden von Galaxien, die meist sehr weit im Hintergrund stehen, nur gerade die Mitglieder des Virgohaufens herauszufischen. Helle, grosse Galaxien sind allerdings fast immer im Virgohaufen. Hier haben wir auch ein gutes Entscheidungskriterium: die Radialgeschwindigkeit. Wie folgt.

Der Virgohaufen bewegt sich mit einer mittleren Geschwindigkeit von ca. 1000 km/s von uns weg (oder wir von ihm); das ist auf die allgemeine Fluchtbewegung der Galaxien, die Expansion des Universums, zurückzuführen. Einzelne Haufengalaxien können allerdings beträchtlich von dieser mittleren Geschwindigkeit abweichen, – bis zu 1500 km/s (nach oben oder unten); denn in der mächtigen Schwerefalle des Haufens bewegen sich die Galaxien sehr schnell herum. Aber die Grenzen sind gesetzt. Nur Galaxien mit Geschwindigkeiten im erwähnten Bereiche dürfen wir als Mitglieder des Haufens betrachten.

Das gilt zwar auch für die kleinen und leuchtschwachen Galaxien; doch von diesen kennen wir die Radialgeschwindigkeit nur in den seltensten Fällen. – Wie also können wir unterscheiden zwischen einem nahen Zwergsystem und einer weit entfernten Riesengalaxie? Hier rettet uns die Morphologie. Um zu erläutern, was damit gemeint ist, müssen wir endlich die verschiedenen Arten der Zwerggalaxien besprechen. Bisher haben wir ja nur gesagt, Zwerggalaxien seien klein und leuchtschwach; – aber wie sehen sie denn aus?

Es gibt zwei grundlegend verschiedene Typen von Zwerggalaxien: die elliptischen Zwerggalaxien und die irregulären Zwerggalaxien. Sie entsprechen den beiden Haupttypen im Reich der Riesen: den elliptischen Galaxien und den Spiralgalaxien. In den Abbildungen 2 und 3 sind diese Grundtypen

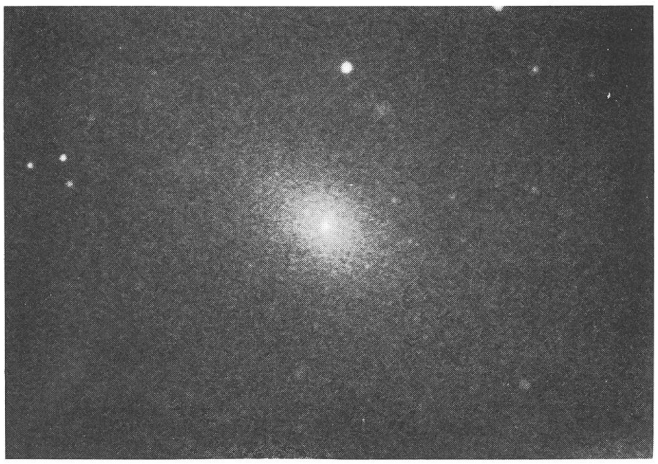


Abb. 2: Die elliptische Zwerggalaxie IC3457. Man beachte das sternartige Gebilde im Zentrum. Siehe auch Text zu Abb. 1.

Abb. 3: Die irreguläre Zwerggalaxie IC3416. Siehe auch Text zu Abb. 1.

illustriert. Es handelt sich um zwei der hellsten Zwerggalaxien im Virgohaufen, die besonders fotogen sind. (Wir setzen also die Tradition fort und zeigen nur schöne Galaxien!)

Elliptische Zwerggalaxien (Abbildung 2) sind – wie die normalen, grossen elliptischen Galaxien und die Kugelsternhaufen – reine Sternsysteme; d.h. – sie besitzen kein Gas, und deswegen auch keine jungen Sterne, die kürzlich aus dem Gas hätten entstehen können; die Sterne sind alt. Die Form dieser Systeme ist ellipsoidisch, in der Projektion elliptisch (daher der Name). Die Bahnen der Sterne sind im allgemeinen nicht kreisförmig; schon eher gleichen sie dem wirren Gekritzel, das wir beim Ausprobieren eines neuen Kugelschreibers produzieren. Was aber bei den elliptischen Galaxien die Zwerge von den Riesen unterscheidet, ist die geringe *Leuchtdichte* (Leuchtkraft pro Fläche). Die grossen elliptischen Galaxien sind so dicht, dass sie auf Bildern ausgebrannt, wie Feuerbälle erscheinen, während die dünne Verteilung des Lichts den elliptischen Zwergsystemen ein fast transparentes Aussehen verleiht (vgl. Abbildung 2). Tatsächlich ist ganz allgemein die Leuchtdichte umso geringer, je kleiner die Gesamtleuchtkraft der elliptischen Galaxie ist. Dieser glückliche Umstand gibt uns nun ein Mittel in die Hand, zwischen einer elliptischen Zwerggalaxie im Virgohaufen und einer gleich hellen, aber weit entfernten elliptischen Riesengalaxie im Hintergrund zu unterscheiden; eben durch ihre ganz verschiedene Leuchtdichte, wie oben beschrieben.

Wie um ihre zarte Erscheinung zu kontrastieren, zeigen die meisten elliptischen Zwerggalaxien (so auch die abgebildete) im Zentrum einen hellen, sternartigen Kern. Sternartig, weil sich die Kerne photographisch nicht auflösen lassen. Die Helligkeit der Kerne, berücksichtigt man die Entfernung, übertrifft die der hellsten galaktischen Kugelsternhaufen. Es müssten schon Super-Kugelhaufen sein. Aber vielleicht sind sie so hell, weil dort noch Sterne entstehen –? Diese Kerne sind ein Rätsel für sich.

Irreguläre Zwerggalaxien (Abbildung 3) sind – wie die Spiralgalaxien (und im Gegensatz zu den elliptischen Galaxien) – ein Gemisch von Sternen *und* Gas. Das Gas ist Quelle permanenter Sternentstehung. Neue Sterne entstehen aber nicht überall in der Galaxie, sondern nur in grossen, dichten Gas- und Staubkomplexen, sogenannten HII-Regionen, wie wir sie auch aus unserer galaktischen Nachbarschaft kennen (man denke an den Orionnebel...). Es sind diese Nester der Sternentstehung, die irreguläre Galaxien (vgl. Abbildung 3) – und auch Spiralgalaxien in ihrer *lokalen* Struktur (vgl. Abbildung 1) – so ruppig und geklumpt erscheinen lassen. Bei Spiralgalaxien sind die HII-Regionen (die lokalen «Klumpen») in einer globalen Spiralstruktur angeordnet. – Fehlt das Spiralmuster (liegen also die HII-Regionen wie zufällig herum), reden wir von einer irregulären Galaxie. Interessant ist nun, dass eine riesige irreguläre Galaxie ebensowenig existiert wie eine zwerghafte Spiralgalaxie. Die kleinen Irregulären und die grossen Spiralen konstituieren eigentlich nur *eine* Klasse von Galaxien; sie sind aus demselben Stoff gebaut und unterscheiden sich nur in der Masse. Die Masse bestimmt nämlich die globale Erscheinung dieser Galaxien sehr weitgehend, und zwar über die Rotationsgeschwindigkeit: – sie steuert die Ausprägung der Spiralstruktur. Je kleiner die Masse, desto kleiner die Rotationsgeschwindigkeit, desto chaotischer die Spiralstruktur. Die Zwerge rotieren praktisch überhaupt nicht; eine Spiralstruktur kann so nicht mehr aufrechterhalten werden und die Galaxie erscheint «irregulär».

Dieser morphologische Unterschied zwischen Riesen und Zwergen bei der Klasse von Galaxien mit aktiver Sternbildung setzt uns wiederum in die Lage, ohne grosse Fehlerquote die irregulären Zwerggalaxien im Virgohaufen zu identifizieren. Es gibt ganz einfach keine irregulären Riesengalaxien, die, weit entfernt im Hintergrund liegend, mit den irregulären Zwergen im nahen Virgohaufen verwechselt werden könnten. Umgekehrt dürfen wir eine scheinbar leuchtschwache, kleine Spiralgalaxie dem Hintergrund zuordnen, denn es gibt keine Zwerggalaxien mit Spiralstruktur.

Kehren wir nun zu unserem Projekt zurück. Nachdem wir also die 1500 Virgogalaxien in der oben beschriebenen Weise identifiziert und klassifiziert hatten, gingen wir daran, ihre Positionen und Helligkeiten auf den Photoplatten zu messen. Da es sich bei einer Galaxie um ein ausgedehntes Objekt handelt, muss – um die Gesamthelligkeit mit grösster Genauigkeit zu ermitteln – ihr photographisches Bild digitalisiert, kalibriert und anschliessend die Helligkeit der einzelnen Bildelemente summiert werden; – ein sehr aufwendiges Verfahren, das wir unmöglich für alle 1500 Galaxien durchspielen konnten. Stattdessen beschränkten wir uns darin auf ca. 100 sorgfältig ausgewählte Galaxien, die den ganzen Helligkeitsbereich der Virgogalaxien abdecken, von Riesen bis zu Zwergen. Diese Galaxien lieferten dann eine Sequenz von Stan-

dardhelligkeiten, die uns ermöglichten, die Helligkeiten aller übrigen Virgogalaxien (also der Mehrzahl) durch direkten Vergleich auf den Photoplatten, ohne grossen Zeitaufwand, mit ausreichender Genauigkeit abzuschätzen. Alle diese Arbeiten sind bereits abgeschlossen. Wir sind zur Zeit in Basel daran, den aufgehäuften Berg von Daten auszuwerten. Als erstes wird daraus ein Katalog von Virgogalaxien resultieren, der für jede Galaxie einige fundamentale Grössen (wie Typus, Position, Helligkeit etc.) angibt. Aber die grosse Ernte wird erst dann heimgebracht, wenn auf der Grundlage dieses Katalogs diejenigen Untersuchungen angestellt werden, die die ganze Arbeit in erster Linie motiviert haben. Von den geplanten Untersuchungen dieser Art sollen zwei zum Schluss kurz besprochen werden.

Erstens interessieren wir uns für die sogenannte *Leuchtkraftfunktion* der Galaxien. Denken wir uns den gesamten Leuchtkraftbereich, den Galaxien einnehmen, in kleine Intervalle unterteilt – so beschreibt die Leuchtkraftfunktion, wieviele Galaxien jeweils in die verschiedenen Leuchtkraftintervalle fallen. Hier finden wir natürlich wieder, dass es mehr Zwerge (leuchtschwache Galaxien) als Riesen (leuchtstarke Galaxien) gibt. Aber der Übergang ist fliessend: – mit schwächer werdender Leuchtkraft steigt die Anzahl Galaxien stetig und exponentiell an (die Grenze zwischen «Riesen» und «Zwergen» ist also reine Definitionssache). Diese Leuchtkraftfunktion der Galaxien jedenfalls ist eine fundamentale Beobachtungsgrösse der extragalaktischen Astronomie. Jede Theorie der Galaxienentstehung und -entwicklung muss erklären können, warum Galaxien so enorm in ihrer Leuchtkraft variieren, und warum die Galaxienleuchtkräfte gerade so verteilt sind, wie sie sind (eben gemäss der Leuchtkraftfunktion). Klarerweise lässt sich die Leuchtkraftfunktion nirgends besser ermitteln als im nahen Virgohaufen: die Gründe hierfür wurden weiter oben erwähnt. Aber jetzt erst gelang es, auch die *Zwerg*galaxien im Virgohaufen bis zu einer bestimmten Grenze vollständig miteinzubeziehen. Genau gesagt, wurde gegenüber früher die Vollständigkeitsgrenze um 4 Grössenklassen in der Helligkeit gegen leuchtschwächere Galaxien hin verschoben. Aus den Helligkeiten der damit mehr als verdreifachten Stichprobe von Virgogalaxien wird sich eine Leuchtkraftfunktion für Galaxien ergeben, die alle bisherigen weit übertrifft.

Zweitens interessieren wir uns für die *Verteilung* der Virgogalaxien, insbesondere der Zwerggalaxien. Wir haben schon erwähnt, dass die meisten *lokalen* Zwerggalaxien Satelliten der Milchstrasse oder der Andromedagalaxie sind. Das muss aber nicht so sein im Virgohaufen; ja – wir haben bereits deutliche Hinweise dafür, dass die Zwerggalaxien dort gerade *nicht* an die grossen Galaxien gebunden sind, sondern vielmehr frei im Gravitationspotential des Haufens herumfliegen. Vielleicht *waren* die Zwerge einst Satelliten – wurden aber im Laufe der Zeit durch wiederholte Störungen benachbarter Galaxien «befreit» (in Galaxienhaufen stehen ja die Galaxien besonders eng beisammen). Mit Hilfe der gemessenen Galaxienpositionen werden wir statistisch genau berechnen können, wie weit die Zwerge von den Riesen entkoppelt sind. – Noch interessanter dürfte es werden, wenn die Verteilung der Galaxien nach Typen differenziert wird. Man weiss von anderen Galaxienhaufen bereits, dass z.B. elliptische Galaxien und Spiralgalaxien nicht gleich verteilt sind: dass sich erstere bevorzugt im Zentrum des Haufens aufhalten, letztere aber in den äusseren Teilen. – Wie steht es da mit den Zwerggalaxien? Wir haben tatsächlich durch Inspektion der Photoplatten den Eindruck gewonnen (was aber jetzt noch quantifiziert werden muss –), dass Gleiches auch für die Zwerggalaxien gilt. Die elliptischen Zwerge (die mit 80% die grosse Mehrheit der Zwerggalaxien im Virgohaufen darstellen) sind sehr stark zum Zentrum des Haufens, das von der Riesengalaxie M87 eingenommen wird, konzentriert; die irregulären überhaupt nicht. Möglicherweise, so spekulieren einige Theoretiker, waren ursprünglich alle Zwerge irregulär – hätten dann aber mehrheitlich, dadurch dass sie durchs dichte Zentrum flogen, ihr Gas verloren und sich so schliesslich zu elliptischen Zwergen gewandelt. Diesem Schicksal würden nur gerade die Zwerge am Rand des Haufens entfliehen, – wie beobachtet. Andererseits ist diese «Sedimentation» der Galaxientypen vielleicht auf den anfänglichen Zustand des Haufens zur Zeit der Galaxienentstehung zurückzuführen. Wie dem auch sei –: die neu ins Spiel gebrachten Zwerggalaxien im Virgohaufen werden in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Galaxienentstehung und -entwicklung liefern können.

Viele andere Untersuchungen mit – und an – den katalogisierten Virgogalaxien werden folgen. Welche Bedeutung der Erforschung der Zwerggalaxien für die Astronomie zukam und zukommt, haben wir eingangs schon angedeutet; – und nie hatte man vorher eine so grosse und homogene Stichprobe von Zwerggalaxien zur Verfügung wie jetzt mit dem Tausend im Virgo. Dieses Potential auszuschöpfen, wird viele Jahre in Anspruch nehmen – in denen sich «Virgo und die Zwerge» wohl mehr denn je als ideales Laboratorium zum Studium der Galaxien entpuppen wird.

Das hier beschriebene Forschungsprojekt wird gemeinsam betrieben durch die Mt. Wilson und Las Campanas-Observatorien in Pasadena und durch das Astronomische Institut der Universität Basel. Diese Zusammenarbeit wäre nicht möglich ohne die finanzielle Unterstützung durch den Schweizerischen Nationalfonds, dem auch an dieser Stelle dafür gedankt sei.

Adresse des Autors:
Bruno Binggeli, Astronomisches Institut der Universität Basel, Venusstrasse 7, 4102 Binningen.

Résumé

Non, ce n'est pas un conte de fées, mais une réalité astronomique (note du traducteur).

Nous voyons souvent les images de galaxies imposantes (p.ex. M31). Mais, à cette occasion, nous oublions que de telles galaxies ne sont que les représentants marquants d'une famille qui se compose aussi d'un grand nombre de membres insignifiants, à savoir les galaxies elliptiques et les galaxies naines irrégulières.

Bien que leur nombre soit plus élevé que celui des galaxies géantes, nous voyons peu de galaxies naines, car elles rayonnent moins clairement. Et pourtant, elles sont d'un intérêt fondamental: d'une part, parce que les proportions apparais-

sent plus clairement dans une galaxie naine, ce qui permet de mieux saisir certaines particularités des galaxies; d'autre part, parce que maints astronomes pensent que les galaxies naines sont une sorte de fossiles du temps de la formation des galaxies, analogue au fait que les planétoïdes sont des fossiles d'une planète prévue mais non formée.

L'amas de la Vierge se prête bien à l'étude des galaxies naines. Ce doit être un amas pour que nous puissions admettre que toutes les galaxies sont à la même distance de nous. L'amas de la Vierge est si «proche» que nous avons une chance, malgré leur faible clarté, de voir un grand nombre de galaxies naines. A ce propos, ont doit utiliser deux critères morphologiques pour différencier les galaxies naines de cet amas des galaxies géantes plus lointaines de même clarté: les galaxies naines elliptiques ont une clarté moindre que les galaxies géantes elliptiques et il n'existe pas de galaxies géantes irrégulières, ni de galaxies spirales naines.

Selon ces critères, ALLAN SANDAGE (Mt-Wilson and Las Campanas Observatories, Pasadena), G. A. THAMMANN et B. BINGGELI (tous deux: Institut astronomique de l'Université de Bâle), examinèrent l'amas de la Vierge avec le télescope de 2,5 m à Las Campanas (Chili): 67 prises de vues d'un champ utile de 1°.5 sur 1°.5 (ceci correspond à une plaque photographique de 50 x 50 cm) ont été faites jusqu'en 1982. Sur ces plaques photographiques représentant environ 17 m², on a identifié plus de 1500 galaxies dans la Vierge dont environ 1250 galaxies naines. L'interprétation donne en premier lieu la position, la clarté et le type.

Cela permettra, entre autres, d'approfondir les questions suivantes:

Quel est le nombre de galaxies dont la clarté se classe dans un certain intervalle (fonction de l'intensité lumineuse)?

Quelle est la répartition des galaxies dans l'amas de la Vierge?

Les galaxies naines sont-elles par exemple des satellites de galaxies géantes (comme les nébuleuses de Magellan sont des satellites de notre galaxie)?

Comment sont répartis les deux types de galaxies naines? La première impression est-elle juste que les galaxies naines elliptiques se trouvent principalement au centre de l'amas tandis que les galaxies irrégulières se trouvent plutôt à la périphérie?

E. HÜGLI

Phänomena 1984

Liebe Sternfreunde,
Vom 24. Mai bis 23. Oktober 1984 findet an der Seepromenade Zürichhorn, einer der schönsten Parkanlagen von Zürich, die Ausstellung über Phänomene und Rätsel unserer Umwelt statt.

Die Phänomena bietet Orientierungshilfen zum Verständnis der Naturwissenschaften, der Umwelt, der Technik und der Kunst. Sie ist die Verwirklichung einer einmaligen und aussergewöhnlichen Ausstellungsidee. Veranstalter: Zürcher Forum.

In dieser Ausstellung wird ein 15cm Coudé-Refraktor der Firma Carl Zeiss Zürich AG aufgestellt. Mit diesem Instrument lässt sich die Sonne in Projektion und im H-Alpha-Licht beobachten.

Wenn Sie sich für die ganze Ausstellungsdauer oder einen Teil davon bei sonnigem Wetter von 10.00 bis 21.00 Uhr für die Bedienung des Instrumentes und dem Publikum für Auskünfte zur Verfügung stellen möchten, dann sind Sie gebeten, sich schriftlich anzumelden an:
ARNOLD von ROTZ, Seefeldstrasse 247, 8008 Zürich.

Die Demonstratoren werden im Stammhaus der Firma Carl Zeiss, Oberkochen BRD, in der Bedienung des Instrumentes ausgebildet. Die Ausbildung dauert ca. 4 Tage.

Phénomèna 1984

Chers astronomes-amateurs,

Du 24 mai au 23 octobre 1984 aura lieu sur la Promenade du lac Zürichhorn, l'un des plus beaux parcs de Zürich, l'exposition sur les phénomènes et énigmes de notre entourage.

Phénomèna offre des aides d'orientation pour la compréhension des sciences naturelles, de l'entourage, de la technique et de l'art. Elle est la réalisation d'une idée unique et extraordinaire d'exposition. Organisation: Forum zurichois.

Dans le cadre de cette exposition, un réfracteur – Coudé de 15 cm de diamètre, de la Maison Carl Zeiss Zürich AG, est exposé. A l'aide de cet instrument, on peut observer le soleil en projection et en lumière H-Alpha.

Si, pour la durée de l'exposition ou une partie de celle-ci, par beau temps, de 10.00 h à 21.00 h, vous désirez vous mettre à disposition pour la manipulation de l'instrument et pour l'information du public, veuillez vous adresser à

ARNOLD von ROTZ, Seefeldstr. 247, 8008 Zürich.

Les démonstrateurs seront instruits à la Maison-mère Carl Zeiss, Oberkochen BRD, sur la manipulation de l'instrument. L'instruction dure environ 4 jours.

Planetenbeobachtung im Zeitalter der Raumfahrt

W. LÜTHI

Noch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts war die Planetenbeobachtung unter den Amateurastronomen ein weit verbreitetes und beliebtes Betätigungsfeld. Eine Reihe von Amateurbeobachtern konnte sich auch wissenschaftlich einen Namen machen.

Mit der Erforschung der Planeten durch Raumsonden verloren aber viele Beobachter das Interesse an den Planeten. Die Erfolge der modernen Technologie und besonders der Bildverarbeitung brachte eine Fülle neuer Ergebnisse. Die Mariner-, Venera-, Pioneer-, Viking- und Voyager-Sonden übermittelten Bilder der Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn zur Erde, die Details der Planetenoberflächen zeigten, die selbst die Wissenschaftler überraschten.

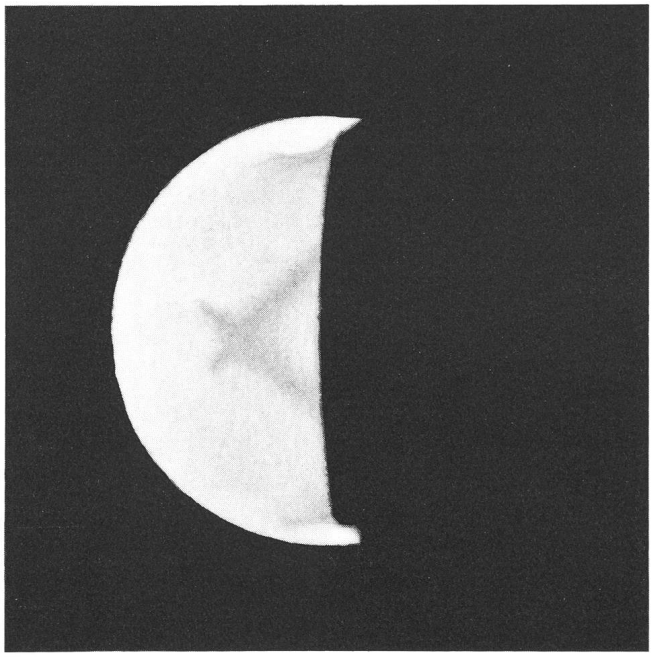
Beim Betrachten dieser Bilder fragen sich viele, ob die Planetenbeobachtung durch den Amateur noch sinnvoll ist. Nachfolgend soll an einigen Beispielen gezeigt werden, dass eine regelmässige, systematische Beobachtung der Planeten durchaus sinnvoll sein kann. Es gibt eine Reihe von Beobachtungsaufgaben, die der Amateur übernehmen kann. Es sind dies vor allem langfristige Beobachtungsprogramme, die sich über Monate, ja sogar Jahre erstrecken können. Die Raumsonden zeigen in den meisten Fällen nur eine Momentaufnahme des Planeten. Der Amateur hat aber die Möglichkeit, über längere Zeit, Veränderungen auf der Planetenoberfläche wahrzunehmen.

Welche Planeten eignen sich nun für die Beobachtung? Bedingt durch die Ausrüstung des Amateurs liegt es nahe, das Hauptaugenmerk auf die von blossem Auge sichtbaren Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn zu werfen.

Merkur zeigt aber auch in grösseren Instrumenten nur schwach erkennbare Details. Erschwerend kommt hinzu, dass der Planet nur über niedrigem Horizont beobachtet werden kann. Ein sehr gut ausgerüsteter und erfahrener Beobachter kann aber schwache Schattierungen wahrnehmen.

Auch bei der Venus sind die Möglichkeiten der visuellen Beobachtung beschränkt. Neben der Verfolgung des Phasenwechsels und des Übergreifens der Hörnerspitzen bei der schmalen Venussichel können Terminatorverformungen, bedingt durch die dichte Atmosphäre, beobachtet werden.

Der Mars steht nach wie vor im Vordergrund für den Planetenbeobachter. Von besonderem Interesse bei Mars sind die Beobachtung atmosphärischer Erscheinungen. Diese zeigen sich in Form von weissen, hellen Wolken und gelben Verschleierungen, den bekannten Staubstürmen. Aber auch die Beobachtung der jahreszeitlichen Änderungen der Polkappen stellt für den Amateur eine interessante Beobachtungsaufgabe dar. Hingegen hat die Überwachung der dunklen und hellen Gebiete an Interesse eingebüsst. Für den Beobachter ist es aber immer noch eine schöne Aufgabe, «seine Marskarte» zu erstellen.



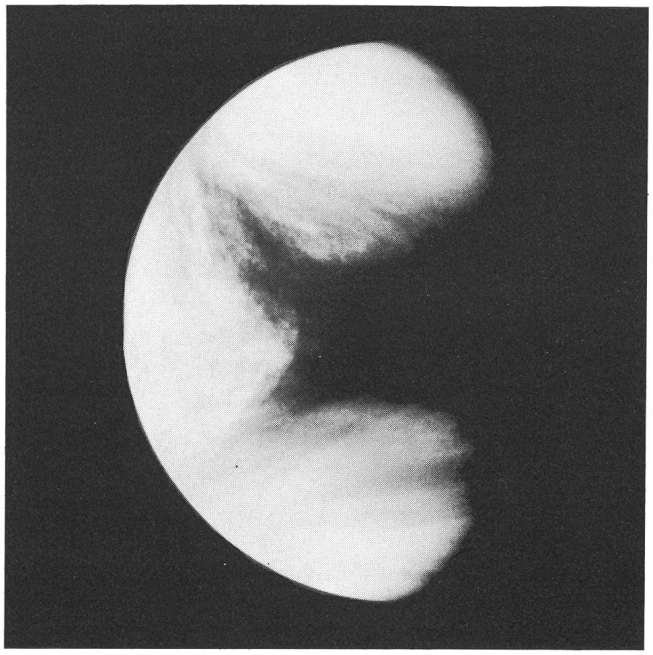


Abb. 1: Links eine Venuszeichnung von H. Oberdorfer aus München vom 21.4.1956 an einem 200 mm Cassegrain-Teleskop. Rechts eine Nahaufnahme der Venus durch Mariner 10 aus dem Jahre 1974. Die dunklen Schattierungen auf Venuszeichnung wurden damals als «beobachtungsphysiologische Effekte» gedeutet. Heute scheint es sich jedoch bei den Darstellungen doch um reale Wahrnehmungen zu handeln. (Bild rechts: Foto NASA)

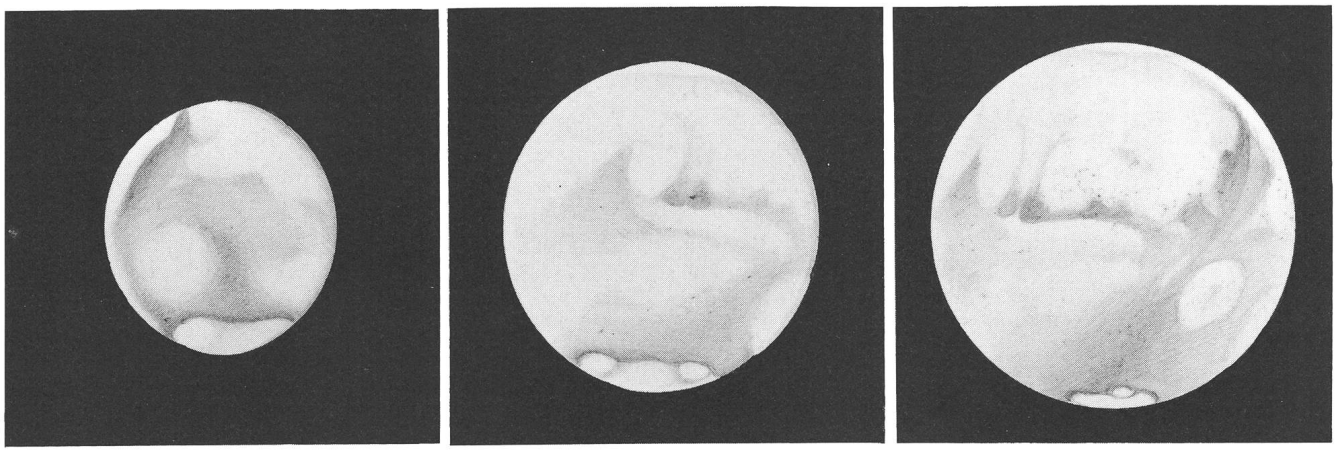


Abb. 2: Marsbeobachtungen des ersten ORION-Redaktors Dr. M. Du Martheray aus Genf. Deutlich sind die Veränderungen der Marspolkappen zu beobachten. Dr. Du Martheray gehörte zu den bekanntesten Planetenbeobachtern. Die Zeichnungen entstanden während der Marsopposition 1924.

Für die Amateurbeobachtung ist Jupiter sicherlich das dankbarste Objekt. Bereits in kleinen Fernrohren sind die Abplattung und die grössten Oberflächendetails erkennbar. In grösseren Fernrohren werden weitere schmale Wolkenbänder sichtbar. Ein auffallendes Objekt ist der schon lange bekannte «Grosse Rote Fleck» auf der Südhalbkugel des Jupiter. Dazu kommen eine Vielzahl von kurzlebigen Erscheinungen in der Jupiteratmosphäre, wie z.B. graue und weisse Flecken, Einbuchtungen in den dunklen Bändern, schmale Verbindungen zwischen den Bändern usw. All diese Phänomene wurden durch die Raumsonden nur für einen kurzen Zeitraum beobachtet. Weitere Beobachtungen der Erscheinungen in der turbulenten Jupiteratmosphäre müssen nun wieder von der Erde aus erfolgen.

Für Saturn gelten ähnliche Beobachtungsaufgaben wie für Jupiter. Für die Beobachtung der atmosphärischen Erscheinungen auf Saturn benötigt man aber bereits ein Teleskop mit mindestens 20 cm Öffnung.

Bei den Planeten Uranus und Neptun lohnt sich insbesondere die photometrische Überwachung der Planeten. Uranus zeigt einen recht ausgeprägten Wechsel seiner scheinbaren Helligkeit (Amplitude insgesamt $0^{m}.9$). Bei Neptun schwankt die scheinbare Helligkeit zwischen $7^{m}.5$ und $8^{m}.0$.

Bei Pluto kann der Astrofotograf versuchen, den Planeten fotografisch zu «entdecken».

Von grosser Wichtigkeit für den Planetenbeobachter ist der Austausch von Daten und Erfahrungen. Vom Arbeitskreis Planetenbeobachter an der Wilhelm-Foerster-Sternwarte in Berlin werden seit einiger Zeit die «Mitteilungen für Planetenbeobachter» herausgegeben.

Literatur:

1) Mitteilungen für Planetenbeobachter, Arbeitskreis Planetenbeobachter, c/o Wilhelm-Foerster-Sternwarte e.V., Munsterdamm 90, D-1000 Berlin 41
2) Handbuch für Sternfreunde, G. D. Roth, Springer-Verlag, 1981
3) Taschenbuch für Planetenbeobachter, G. D. Roth, Verlag Sterne und Weltraum, 2. Auflage, 1983.
4) Arbeitsgruppe Planetenbeobachtung der SAG, F. Jetzer, Via Lugano 11, 6500 Bellinzona.

Adresse des Autors:
Werner Lüthi, Eymatt 19, 3400 Burgdorf.

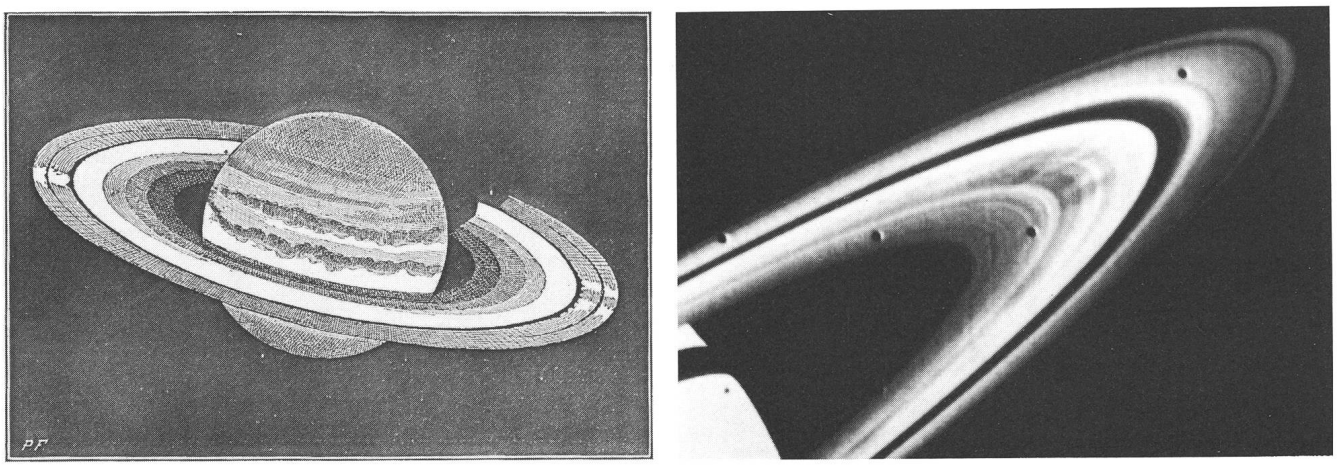


Abb. 3: Links eine Saturnzeichnung aus dem Jahre 1874 (aus Camille Flammarion, Himmels-Kunde für das Volk). Rechts eine Aufnahme von Voyager aus dem Jahre 1980. Bereits vor über hundert Jahren zeichneten Planetenbeobachter auf den Saturnringen die von Voyager I entdeckten speichenartigen Gebilde auf den Saturnringen.

Nouveaux procédés pour le développement des astrofilms

W. MAEDER

Neue Verfahren beim Entwickeln von Astrofilmen

Chaque astrophotographe amateur est conscient du problème qui se pose à lui quand il tire des agrandissements de ses clichés astronomiques. Bien que nous utilisions pour la prise de vue des films avec des courbes de noircissement à pente très raide, la lumière diffuse pendant l'exposition aplatit la partie inférieure de cette courbe. Dans cette région se trouvent cependant les détails les plus intéressants de l'astrophoto – ceux se trouvant à la limite de la perceptibilité. Pour reproduire d'une manière convenable ces détails lors de l'agrandissement, nous avons souvent recours à du matériel à contraste élevé, ce qui nous fait perdre les informations de tout le reste du photogramme. La méthode la plus connue est le contretypage au moyen d'un film technique à haut contraste. Elle permet certainement de renforcer les détails faibles, mais à cause du halo d'irradiation (impression des cristaux voisins), certains détails sont démesurément renforcés, sans parler des parties à grande surface comme les nébuleuses (p.e. M42, M8, M20, NGC 7000, etc.) qui ne montrent plus aucun détail.

Différents procédés s'inspirant souvent de ceux utilisés en photographie classique ont été avancés pour résoudre ce problème. Il est évident que ceux-ci ne sont pas applicables sans autre à l'astrophotographie qui est soumise à d'autres critères. L'un des procédés proposé, qui prévoit l'utilisation d'un «masque flou» est cependant assez prometteur[1]). Tout en n'influençant pas la transmission des détails faibles, les parties à grande surface sont affaiblies, ce qui produit une photo assez harmonieuse. Emprunté à l'art graphique, ce procédé n'est pas simple, surtout pour l'utilisateur de films à petit format. Toutefois, cette méthode est très intéressante et nous y reviendrons dans un article ultérieur.

Une autre méthode, présentée par W. HÖGNER[2]), est d'une application plus aisée. Elle est basée sur l'utilisation d'un révélateur spécial, appelé FKT (Fotografische Kontrast-Transposition), et prévoit la confection d'une diapositive intermédiaire surexposée et sousdéveloppée, suivie d'un négatif FKT. Comme c'est le cas pour le masque, les détails fins de l'origine sont repris sur la copie sans renforcer pour autant les informations à grande surface.

Le révélateur FKT n'est pas commercialisé et il faut le préparer soi-même. Il se compose comme suit:

10 g	N-(4-Hydroxyphenyl)-Glycine ($HOC^6H^4NHCH^2COOH$)
50 g	Sulfite de sodium anhydre
40 g	Carbonate de sodium anhydre, ou
108 g	Cristaux
1 l	Eau distillée

Le sulfite et le carbonate de sodium peuvent être obtenus dans les drogueries. Le hydroxyphenyl-glycine est distribué en Suisse par Fluka SA à Buchs (St-Gall) et peut être obtenu en portions de 50 et 250 g. Fluka ne livre pas aux particuliers;

Jeder Astrofotograf kennt die Probleme, die sich ihm beim Vergrössern von Astrofotos stellen. Viele Details gehen durch die Übertragung verloren oder werden verwaschen. Obgleich wir bei der Aufnahme Filme mit sehr steilen Schwärzungskurven verwenden, werden diese Kurven während der Aufnahme durch das diffuse Nebenlicht beeinflusst und in ihrem unteren Teil stark abgeflacht. In diesem Teil befinden sich aber die Informationen, die uns am meisten interessieren – diejenigen im Gebiete der Grenzreichweite. Um diese schwachen Details trotzdem beim Vergrössern übertragen zu können, verwenden wir oft Material mit sehr hohem Kontrast, was in der Regel zum Verlust der übrigen, stärkeren Informationen führt. Die bekannteste Methode ist das Umkopieren auf technischen Film mit sehr hohem Kontrast. Dies gestattet wohl, die schwachen Details zu verstärken, aber wegen des Kanteneffekts (Schwärzung benachbarter Körner) werden gewisse Detailinformationen bevorzugt und übertrieben hervorgehoben. Grossflächige Stellen wie Nebel (z.B. M42, M8, M20, NGC 7000, usw.) verlieren jegliches Detail.

Eine grosse Anzahl von Verfahren, die sich meistens an solche der klassischen Fotografie anlehnen, sind schon vorgeschlagen worden, um diese Schwierigkeiten zu lösen. Es ist aber klar, dass sich diese nicht ohne weiteres für die Astrofotografie eignen und die gewünschten Resultate bringen. Ein anderes vorgeschlagenes Verfahren, das die Erstellung einer Maske vorsieht, ist dagegen vielversprechend. Ohne die Übertragung der schwachen Details zu hindern, werden die grossflächigen Stellen abgeschwächt, was zu einem sehr harmonischen Bild führt.[1]) Diese Methode, die von der Grafik übernommen wurde, ist leider sehr kompliziert, hauptsächlich für den Benützer von KB-Filmen. Sie ist aber sehr interessant und wir werden in einem späteren Artikel näher auf dieses Verfahren zurückkommen.

Eine andere, von W. HÖGNER veröffentlichte Methode[2]) ist in der Anwendung viel einfacher. Sie beruht auf einem Spezialentwickler, genannt FKT (Fotografische Kontrast-Transposition) und sieht die Erstellung eines überbelichteten und unterentwickelten Zwischenpositivs vor, gefolgt von einem FKT-Negativ. Wie beim Verfahren mit einer Maske werden die feinen Details übertragen, ohne die grossflächigen Stellen zu verstärken.

Der FKT-Entwickler ist im Handel nicht erhältlich und muss selber angefertigt werden. Er setzt sich wie folgt zusammen:

10 g	N-(4-Hydroxyphenyl)-Glyzin ($HOC_6H_4NHCH_2COOH$)
50 g	Natriumsulfit wasserfrei
40 g	Natriumkarbonat wasserfrei, oder
108 g	Kristalle
1 l	destilliertes Wasser

Abb. 1a: M8/M20 – Agrandissement normal du négatif d'origine.
M8/M20 – Normale Vergrösserung des Originalnegativs.

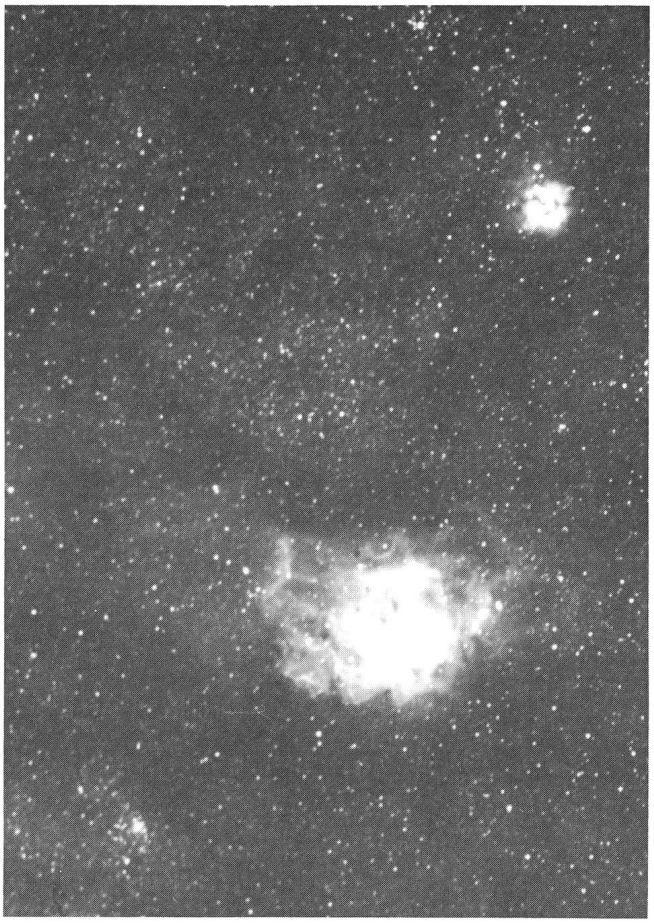


Abb. 1b: Agrandissement du négatif FKT.
Vergrösserung des FKT-Negativs.

on doit donc se procurer le hydroxyphenyl via une droguerie ou pharmacie.

La méthode FKT, qui a été rendue publique en Suisse par TH. SPAHNI[3]), prévoit les pas suivants:

1. Du négatif original est tirée une copie par contact ou agrandissement[4]). Cette copie doit être fortement surexposée afin de retenir tous les détails du négatif original. Le développement a lieu dans du FKT dilué (1 + 1 ou 1 + 2), en ayant soin que le cliché soit sousdéveloppé.
2. Par la même méthode, on crée un négatif qui servira pour l'agrandissement.

Il est recommandé d'utiliser un film ortho comme Agfaortho 25, Kodalith ortho, Ilfolith, etc. afin de pouvoir travailler à la lumière rouge ce qui simplifie les opérations. Pour la confection du négatif FKT, W. HÖGNER recommande le film ORWO-FO 15, mais nous n'avons pas pu trouver ce film en Suisse. Tout le succès du procédé FKT dépend du reste du dosage judicieux du temps d'exposition et de développement.

Nous n'avons décrit qu'une seule utilisation possible du révélateur FKT. Chaque astrophotographe amateur devrait procéder à ses propres expériences avec ce révélateur intéres-

(Suite page 29)

Natriumsulfit und -karbonat sind in Drogerien erhältlich. Das Hydroxyphenyl-Glyzin wird in der Schweiz durch FLUKA AG in Buchs (St. Gallen) vertrieben und ist in Portionen von 50 und 250 g lieferbar. Da FLUKA nicht an Private liefert, muss es durch eine Drogerie oder Apotheke bezogen werden.

Das FKT-Verfahren, das in der Schweiz durch TH. SPAHNI[3]) bekannt geworden ist, sieht folgende Schritte vor:

1. Vom Originalnegativ wird im Kontaktverfahren oder durch Vergrösserung[4]) eine FKT-Kopie erstellt (Positiv). Diese Kopie muss stark überbelichtet werden, um alle feinen Einzelheiten zu erfassen. Das Entwickeln erfolgt in verdünntem FKT-Entwickler (1 + 1 oder 1 + 2); es muss darauf geachtet werden, dass die Kopie unterentwickelt wird.
2. Auf gleiche Weise wird ein FKT-Negativ erstellt, das dann zur weiteren Vergrösserung auf Papier dient.

Als Filmmaterial wird ein Ortho-Film empfohlen wie Agfaortho 25, Kodalith Ortho, Ilfolith usw., was uns gestattet, mit rotem Licht zu arbeiten. Zur Erstellung des FKT-Negativs schlägt W. HÖGNER die Verwendung eines Filmes vom Typ ORWO-FO 15 vor. Leider konnten wir diesen Film in der Schweiz nicht finden. Der ganze Erfolg des FKT-Ver-

(Fortsetzung Seite 29)

Mitteilungen / Bulletin / Comunicato 1/84

Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Société Astronomique de Suisse
Società Astronomica Svizzera

SAG · SAS

Redaktion: Andreas Tarnutzer, Hirtenhofstrasse 9, 6005 Luzern

Zum Rücktritt des ORION-Redaktors

Unser Leitender und Technischer Redaktor, WERNER LÜTHI, tritt nach 10jähriger glänzender Tätigkeit aus dem Zentralvorstand der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft aus. Seine emsige Tätigkeit wird abgeschlossen mit dem Erscheinen der vorliegenden Jubiläumsausgabe, die auch für die SAG ein bedeutungsvolles Ereignis ist und auf das sie mit grosser Genugtuung und mit Stolz blicken darf.

Der ORION ist dank des grossen Einsatzes der jeweiligen Redaktoren und vieler SAG-Mitglieder zu einer anerkannten und beachteten Zeitschrift für den Amateurastronomen geworden.

Der scheidende Redaktor, WERNER LÜTHI, übernahm auf den 1. Januar 1974, nach dem Rücktritt von Dr. h.c. HANS ROHR, das Amt des Generalsekretärs der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft. Dieses Amt wurde von WERNER LÜTHI mit grossem Einsatz betreut. Aufgrund seiner Erfahrungen als Generalsekretär regte er eine Totalrevision der Statuten der SAG an, die mit seiner Mitwirkung unter der Leitung von WERNER MAEDER durchgeführt wurde.

Anlässlich der Generalversammlung der SAG 1976 in Luzern stellte WERNER LÜTHI die Ausstellung «Faszinierendes Universum» für das Verkehrshaus zusammen. Diese Ausstellung gab den Anstoss, weitere Astronomieausstellungen zu verwirklichen, die unter anderem von ARNOLD von ROTZ, später von ROBERT WIRZ, EDOARDO ALGE und anderen Mitgliedern der SAG in den darauffolgenden Jahren mit grossem Erfolg betreut wurden.

1978 wurde WERNER LÜTHI Technischer Leiter der SAG und Technischer Redaktor des ORION. Als Technischer Leiter war er bestrebt, die Beobachtungstätigkeit der Mitglieder zu fördern. Er gründete die SAG-Sonnengruppe, die heute von OTTO LEHNER betreut wird.

Im Herbst 1979 organisierte WERNER LÜTHI nach mehr als 10jährigem Unterbruch die 8. Schweizerische Amateur-Astro-Tagung in Burgdorf. Unter seiner zielsicheren Leitung wurde diese Tagung ein sehr grosser Erfolg für die ganze «schweizerische astronomische Welt». Mit der Wiederholung der Tagung im Herbst 1982 in Burgdorf stellt die Schweizerische Amateur-Astro-Tagung wieder ein äusseres Symbol der SAG dar.

Aufgrund des Erfolges der ersten Tagung regte WERNER LÜTHI an, einen Preis der SAG für die beste bei «Schweizer Jugend forscht» eingereichte Arbeit zum Thema Astronomie auszuschreiben. So konnte der Unterzeichnete in den nächsten Jahren verschiedenen jungen Amateurastronomen den Preis überreichen. Einige davon hatten sogar die Möglichkeit, an der europäischen Endausscheidung in Paris teilzunehmen.

Ende 1979 präsentierte WERNER LÜTHI der Redaktion und dem Zentralvorstand verschiedene Entwürfe für eine Neugestaltung des ORION, so dass im Februar 1980 unsere Zeitschrift in einer neuen, aktuelleren Form erscheinen konnte.

La démission du rédacteur d'ORION

Notre rédacteur en chef et technique, WERNER LÜTHI, quitte, après dix années de brillante activité, le comité central de la Société Astronomique de Suisse. Son activité assidue se termine avec la parution de la présente édition de Jubilé qui pour la SAS aussi est un événement significatif sur lequel elle peut porter ses regards avec satisfaction et fierté.

ORION est devenu un organe reconnu et considéré pour les astronomes-amateurs grâce au total engagement des rédacteurs respectifs et de nombre de membres da la SAS.

Le rédacteur sortant, WERNER LÜTHI, reprit le 1er janvier 1974, après la démission du Dr h.c. HANS ROHR, le poste de secrétaire général de la SAS. WERNER LÜTHI prit cette charge très à coeur et s'y engagea totalement. Il profita de son expérience de secrétaire général pour amorcer une totale revision des statuts de la SAS qui fut exécutée avec son aide, sous la direction de WERNER MAEDER.

A l'occasion de l'Assemblée générale de la SAS en 1976 à Lucerne, WERNER LÜTHI mit sur pied l'exposition «Univers fascinant» pour le musée des transports. Cette exposition donna l'impulsion pour la mise sur pied d'autres expositions astronomiques qui furent organisées durant les années suivantes par ARNOLD von ROTZ puis ROBERT WIRZ, EDOARDO ALGE et d'autres membres de la SAS et furent autant de succès.

En 1978, WERNER LÜTHI devint directeur technique de la SAS et rédacteur technique d'ORION. Comme directeur technique, il s'efforça d'encourager la pratique de l'observation parmi les membres. Il fonda le groupe solaire de la SAS qui est actuellement dirigé par OTTO LEHNER.

En automne 1979, WERNER LÜTHI organisa, après plus de 10 ans d'interruption, le 8e Congrès des astronomes-amateurs à Berthoud. Sous sa direction efficace, ce congrès fut un très grand succès pour la totalité du «monde astronomique suisse». La répétition du congrès en automne 1982 à Berthoud en fit un symbole extérieur de la SAS.

Le succès du premier congrès incita WERNER LÜTHI de doter d'un prix le meilleur travail présenté dans le cadre de «La Jeunesse suisse recherche» sur le thème de l'astronomie. Ainsi, le soussigné eut la satisfaction, dans les années suivantes, de remettre ce prix à divers jeunes astronomes amateurs. Quelques-uns d'entre eux eurent même la possibilité de participer à la finale européenne à Paris.

Fin 1979, WERNER LÜTHI présenta à la rédaction et au comité central plusieurs ébauches pour une nouvelle présentation d'ORION, ce qui permit, en février 1980, à notre organe de se présenter sous une nouvelle forme plus actuelle.

Après la démission du Dr PETER GRABER comme rédacteur en chef, WERNER LÜTHI prit toutes les charges de la rédaction d'ORION sur lui et remit la direction technique à EMILE ZURMÜHLE.

Déjà fin 1982, il fit part au comité central de sa décision de se retirer de sa charge de rédacteur en chef et technique après

Nach dem Rücktritt von Dr. PETER GERBER als Leitender Redaktor übernahm WERNER LÜTHI die gesamten Aufgaben der ORION-Redaktion und übergab die Technische Leitung der SAG EMIL ZURMÜHLE.

Bereits Ende 1982 teilte er dem Zentralvorstand mit, dass er nach 10jähriger Tätigkeit mit der 200sten ORION-Nummer sein Amt als Leitender und Technischer Redaktor aufgeben möchte und aus dem Zentralvorstand der SAG zurücktreten werde. Dank der frühzeitigen Bekanntgabe seines Rücktrittes konnten in der Zwischenzeit zwei neue Redaktoren, KARL STÄDELI und MEN J. SCHMIDT, gefunden werden.

Wir alle von der grossen Familie der SAG danken WERNER LÜTHI für seine hervorragende Leistung innerhalb unserer Gesellschaft. Es freut uns, dass er weiterhin in kleinerem Rahmen mit der neuen Rubrik «Meteore · Meteoriten» im Redaktionsteam mitarbeiten wird.

Prof. Dr. RINALDO ROGGERO
Präsident der SAG

10 ans d'activité et avec la parution du numéro 200 d'ORION, et de se retirer du comité central.

Du fait que le comité central fut mis au courant assez tôt de sa démission, il put entre temps trouver deux nouveaux rédacteurs: KARL STÄDELI et MEN J. SCHMIDT.

Nous tous, de la grande famille de la SAS, remercions chaleureusement WERNER LÜTHI pour l'accomplissement remarquable et efficace de son travail au sein de notre société. Cela nous réjouit de savoir qu'il reste, dans un cadre restreint, collaborateur du team rédactionnel avec la nouvelle rubrique «Météores et météorites».

Prof. Dr. RINALDO ROGGERO
Président de la SAS

ORION-Redaktion
Rédaction ORION

Leitende und Technische Redaktion/
Rédaction en chef et technique:
KARL STÄDELI, Zürich
MEN J. SCHMIDT, Wetzikon

Astrofotografie/
Astrophotographie:
WERNER MAEDER, Genève

Astronomie und Schule/
Astronomie et école:
Dr. HELMUT KAISER, Allschwil

Astro- und Instrumententechnik/
Technique instrumentale:
HERWIN ZIEGLER, Nussbaumen

Der Beobachter/
L'observateur:
Vakant

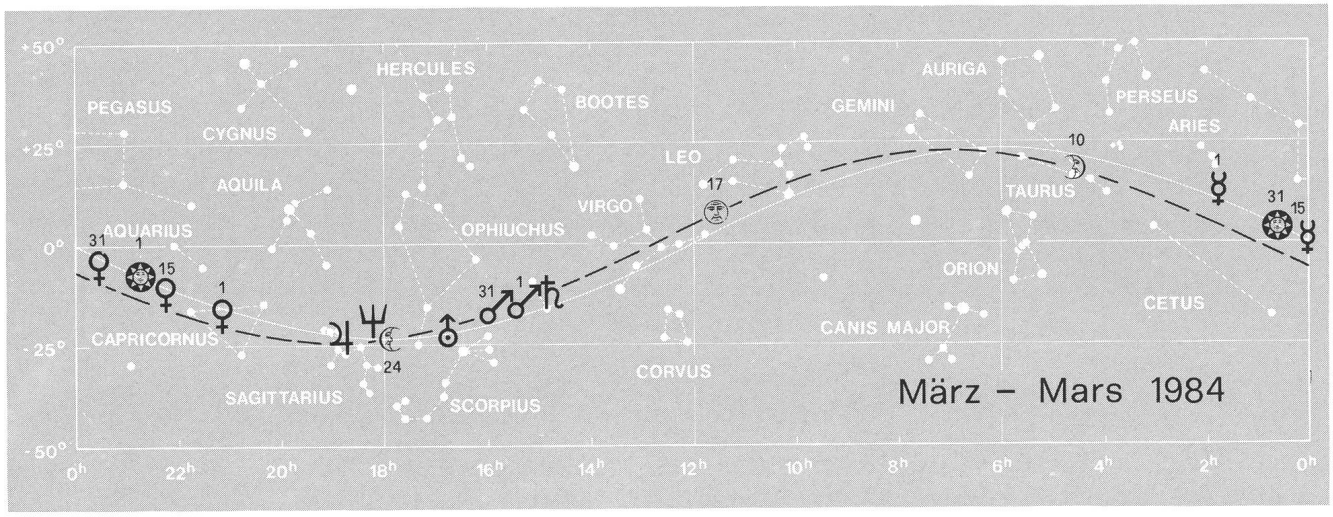
Fragen - Ideen - Kontakte/
Questions - Tuyaux - Contacts
ERICH LAAGER, Schwarzenburg

Meteore - Meteoriten/
Météores - Météorites:
WERNER LÜTHI, Burgdorf

Mitteilungen der SAG/
Bulletin de la SAS:
ANDREAS TARNUTZER, Luzern

Neues aus der Forschung/
Nouvelles scientifiques:
ERNST HÜGLI, Kestenholz

Inserate/
Annonces:
KURT MÄRKI, Oberburg



Astro-Weekend für Jugendliche auf dem Grenchenberg

In der Zeit vom 8. - 11. Juli 1983 führte der Jugenddienst der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft (SAG) ein Astro-Weekend für Jugendliche auf dem 1300 m hohen Grenchenberg (SO) durch. Die gut ausgerüstete Jurasternwarte[1]) diente den 15 Teilnehmern im Alter zwischen 14 und 25 Jahren als Arbeitsort.

Nachdem man sich untereinander ein wenig kennengelernt hatte, wurden unter kundiger Leitung von Herrn E. HÜGLI die Sternwarte besichtigt, die nötigen Erklärungen zu den Instrumenten abgegeben und das Programm kurz besprochen.

Als am Freitagabend der Himmel gegen 22.00 Uhr ein wenig aufklarte, beobachtete man zum ersten Mal. Jupiter, Saturn und Venus zeigten sich schön. In einem mittels Computer steuerbaren 30 cm-Newton (1:6) wurden dann einige lichtschwächere Objekte bewundert. Es herrschte leichter Dunst, und da die Nacht äusserst kalt war, suchte man gegen Mitternacht die Massenlager, welche sich in einem Gasthaus auf dem Oberen Grenchenberg befanden, auf.

Abb. 1: Die Jurasternwarte mit abgefahrenem Dach und versenktem Westgiebel.

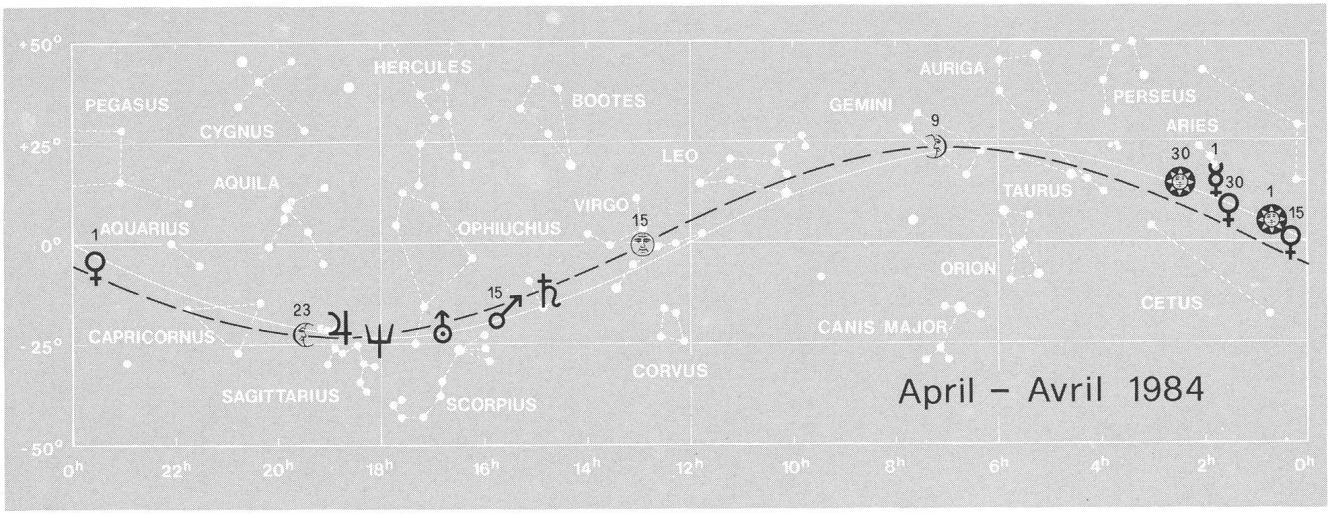
Der Weg vom Gasthaus zum Observatorium wurde jeweils mit einem Lieferwagen, der uns von Herrn EDGAR BADER, Kestenholz, gratis zur Verfügung gestellt wurde, bewältigt.

Am Samstagmorgen startete man mit den ersten Sonnenbeobachtungen: Je etwa zwei Teilnehmer zeichneten die Sonnenscheibe, welche von einem Coelostaten über diverse Prismen auf eine weisse Tafel geworfen wurde, mit ihren Flecken auf ein Stück Papier ab. Durch den gleichen Vorgang an den beiden folgenden Tagen wollte man die Positionsänderungen von Sonnenflecken verfolgen. Nachmittags vertieften sich die Teilnehmer in die von der Lagerleitung mitgebrachte Fachliteratur. Ein interessanter Dia-Vortrag von Herrn HÜGLI, der über unser Sonnensystem berichtete, leitete dann den Abend ein.

Abb. 2: Mittagspause vor der Sternwarte.

Anschliessend herrschte dank den äusserst günstigen Witterungsbedingungen im Beobachtungsraum der Sternwarte Hochbetrieb. Alle Instrumente, selbst das von Herrn ROTH mitgebrachte Celestron 8, waren ständig im Einsatz. Bis tief in die Nacht hinein wurden mit den an der Deklinationsachse des Newtons befestigten alten Fliegerkameras Sternfeldaufnahmen gemacht. Um etwa 21.30 Uhr erhielten wir Besuch von einer interessierten Gruppe von Pfadfindern. Da wir in der Nacht von Samstag auf Sonntag nicht zum Schlafen kamen, holten wir dies am Sonntag nach dem Morgenessen gebührend nach.

Herr ROTH, welcher zusammen mit Herrn HÜGLI die Lagerleitung bildete, berichtete am frühen Sonntagnachmittag



über seine Sonnenfinsternisreisen. Später wurde unser Tagesgestirn mittels eines Spektrographen in die Regenbogenfarben zerlegt. Spektakulär war der Anblick der Sonne durch ein aufgesetztes Hα-Filter: Protuberanzen sowie Filamente waren schön zu erkennen. Die in der vergangenen Nacht erzielten Aufnahmen zeigten erfreuliche Ergebnisse. Ein Sternatlas erleichterte die Bestimmung der erreichten Grenzgrösse. Ins Reich der Galaxien führte uns Herr ROTH in einem letzten faszinierenden Vortrag. Er erklärte anhand von Beispielen und Lichtbildern die Entwicklung und das Leben von Galaxien und Sternhaufen. Nach einem herrlichen Sonnenuntergang brach eine fantastisch klare Nacht herein, in der sich der Sommersternhimmel in seiner ganzen Pracht zeigte. An den Instrumenten herrschte reger Betrieb. Einige beobachteten mit dem Celestron 8 einen merkwürdigen schwarzen Fleck auf Jupiter. Ein Trabant oder der Schatten eines solchen konnte es gemäss dem «Sternenhimmel» nicht sein. Was es mit diesem Fleck für eine Bewandtnis hatte, wissen wir bis heute nicht. Am Newton machte man mit den lichtstarken Fliegerkameras noch etliche Sternfeldaufnahmen. Mit Hilfe von KB-Kameras, welche auf das Celestron 8 aufgesetzt wurden, konnte auch mit Farbdiafilmen gearbeitet werden. Herr HÜGLI entwickelte in der in der Sternwarte eingerichteten Dunkelkammer laufend Filme, um mögliche Nachführfehler sofort erkennen zu können.

Abb. 3: Aufnahme des Sternbildes Schwan, KB-Kamera mit Objektiv 50 mm 1,4, Belichtung 20 Sek. auf Ektachrome 400 (ohne Nachführung).

Montag, Abreisetag: Allerlei war noch zu machen. Gleich nach dem Morgenessen suchte man ein letztes Mal das Observatorium auf, wo noch abschliessende Sonnenbeobachtungen vorgenommen und ausgewertet wurden. Gegen Mittag fuhr man gemeinsam zum Bahnhof.

Allen Teilnehmern wird das Lager sicher in bester Erinnerung bleiben. Das Ziel, an astronomischen Themen praktisch sowie theoretisch zu arbeiten, und dabei auch die Kameradschaft zu pflegen, wurde zweifellos erreicht.

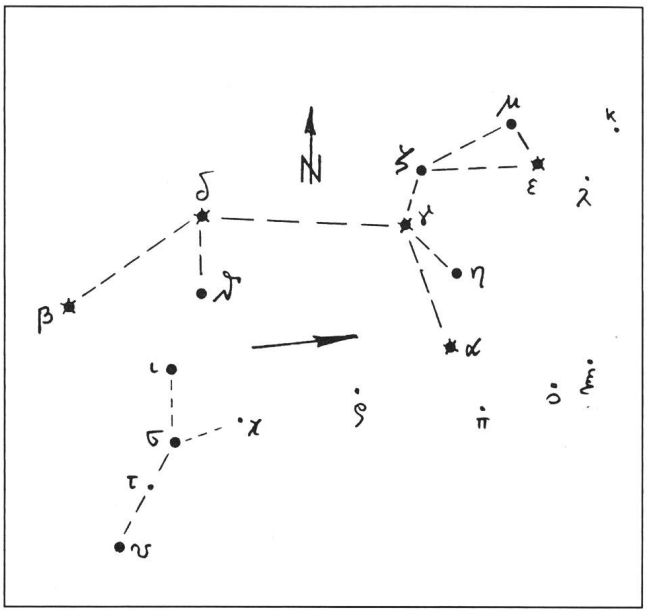
An dieser Stelle sei den Leitern E. HÜGLI und H. ROTH für die tadellose Organisation und den reibungslosen Ablauf des Lagers noch einmal herzlich gedankt. Eine Wiederholung eines solchen Astro-Weekends ist bestens zu empfehlen!

Adresse des Autors:
ROGER GRIEDER, Hollenweg 8, 4107 Ettingen.

1) ORION Nr. 177, 1980.

Löwe

(lat.: leo, leonis) Leo



Klassisches Sternbild. Die 1. der 12 Arbeiten, die Herkules im Dienste des Königs Eurysteus von Mykene leistete, war das Erlegen des nemeischen Löwen. Da dieser unverwundbar war, trieb ihn Herkules in eine Höhle, wo er ihn erwürgte. Als er mit der übergeworfenen Löwenhaut vor Eurysteus erschien, erschrak dieser so sehr, dass er sich in einem Fass versteckte. Herkules wurde befohlen, künftig die Beweise seiner Arbeiten draussen vor dem Stadttor zu zeigen. – Der Löwe springt mit der Nase (ε) vorangehend über die Ekliptik. Sein Schwanz (β) hängt gegen den offenen Armbogen der Jungfrau. Südlich der Hinterpfoten (ϑ) bilden 5 kleine Sterne ein Y. Der mittlere (τ) ist ein Doppelstern für den Feldstecher. Ein paar der Löwensterne tragen Namen: südliche Vorderpfote (α) = Regulus (lat.: kleiner König), Schwanzende (β) = Denebole (arab.: Löwenschwanz), Bruststern (γ) = Algieba (arab.: Löwenmähne).

Veranstaltungskalender
Calendrier des activités

5./6. Mai 1984
Generalversammlung der SAG in Luzern. Assemblée générale de la SAS à Lucerne.

24. Mai – 23. Oktober 1984
Phänomena 1984 in Zürich.

2.–6. September 1984
Kongress der Internationalen Union der Amateur-Astronomen IUAA, mit GV, in Bologna, Italien.

(Suite de la page 24)

sant afin d'obtenir le genre d'astrophotos qui lui conviennent. Les éléments variables qu'il a à sa disposition sont: temps d'exposition, concentration et température du révélateur FKT, mouvement, durée du développement. Ils lui permettront d'obtenir certainement des résultats satisfaisants. En outre, le révélateur FKT non dilué permet de confectionner des diapositives très remarquables. Il se prête aussi comme révélateur à grain fin pour le développement des films. Cette possibilité doit toutefois encore être testée plus à fond.

Bibliographie:
1) DALE LIGHTFOOT: Making the most of black-and-white astronegatives. Astronomy, January 1982.
2) W. HÖGNER: Fotografische Kontrast-Transposition. - Modern Techniques in Astronomical Photography. ESO, May 1978.
3) TH. SPAHNI et M. GRIESSER: ORION 194 (couverture).
4) W. MAEDER: Au labo astrophotographique. - ORION 186.

Adresse de l'auteur:
Werner Maeder, 18, Rue du Grand-Pré, CH-1202 Genève.

(Fortsetzung von Seite 24)

fahrens hängt übrigens von der richtigen Dosierung der Belichtungs- und Entwicklungszeiten ab.

Wir haben hier nur eine einzige Anwendungsmöglichkeit des FKT-Entwicklers beschrieben. Jeder Astrofotograf sollte aber seine eigenen Versuche mit diesem interessanten Produkt durchführen, um die Art von Astrofotos zu erhalten, die ihm zusagen. Die veränderlichen Elemente, die ihm zur Verfügung stehen, sind: Belichtungszeit, Konzentration und Temperatur des FKT-Entwicklers, Bewegung und Dauer der Entwicklung. Mit unverdünntem FKT-Entwickler können zudem hervorragende SW-Diapositive hergestellt werden. Er eignet sich auch als Feinkornentwickler für Astrofilme. Auf diesem Gebiet müssen aber noch weitere Versuche gemacht werden.

Adresse des Verfassers:
WERNER MAEDER, 18, Rue du Grand-Pré, CH-1202 Genève.

Umfrage:

Astronomische Beobachtungsinstrumente in der Schweiz

Die ORION-Redaktion möchte dazu eine möglichst vollständige Dokumentation erstellen und Auszüge daraus im ORION später in geeigneter Form publizieren.

Sie bittet daher alle Amateur- und Berufsastronomen (auch Nicht-SAG-Mitglieder!), uns die vorhandenen Fernrohre, Astrokameras, Radioteleskope usw. zu melden. Verlangen Sie dazu bitte einen Fragebogen «Astronomische Beobachtungsinstrumente in der Schweiz» bei E. LAAGER, Schlüchtern 9, 3150 Schwarzenburg, oder bei Ihrem Sektionspräsidenten. Auch Besitzer kleiner Geräte sollen sich melden! Wir danken bestens für Ihre Mitarbeit.

Von den bisher verteilten und verschickten 450 Fragebogen kamen bis am 7. Januar 1984 genau 50 Stück ausgefüllt zurück. Darauf sind 105 Instrumente mit Objektivdurchmessern von 5 cm bis 150 cm (Gornergrat!) beschrieben, rund die Hälfte davon mit Öffnungen zwischen 10 cm und 21 cm.

Enquête:

Instruments d'observation astronomiques en Suisse

A ce propos, la rédaction d'ORION désirerait réunir une documentation si possible complète et en publier ultérieurement des extraits, sous forme adéquate, dans ORION.

Pour ce faire, nous prions tous les astronomes, amateurs ou de métier, (également les non-membres de la SAS) de nous signaler les télescopes, astrocaméras, radiotélescopes, etc. existants. A cet effet, veuillez demander un questionnaire «Instruments d'observation astronomiques en Suisse» au-près de E. LAAGER, Schlüchtern 9, 3150 Schwarzenburg, ou auprès de votre président de section. Les possesseurs de petits instruments devraient aussi s'annoncer! Nous vous remercions de votre collaboration.

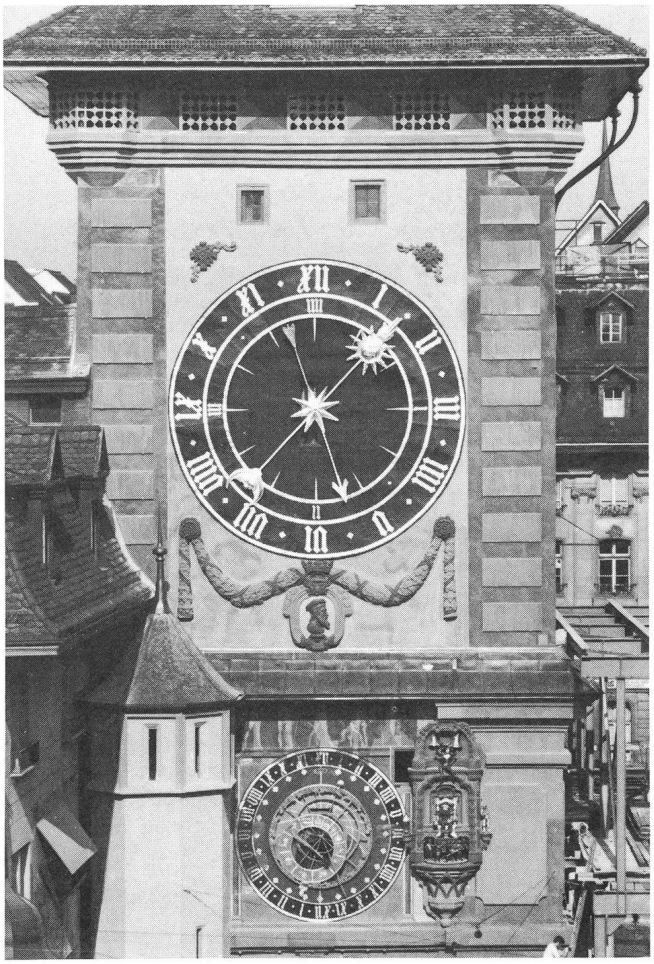
Des 450 questionnaires distribués jusqu'ici, 50 exactement sont rentrés remplis jusqu'au 7 janvier 1984. Y sont décrits 105 instruments d'un diamètre d'objectif de 5 jusqu'à 150 cm (Gornergrat!), dont la moitié environ ont une ouverture variant entre 10 et 20 cm.

Wie funktioniert die astronomische Uhr am Zytglogge in Bern?

M. Marti

Einleitung

In der nachfolgenden Beschreibung wird versucht, die Funktionsweise und die Indikationen der astronomischen Uhr am Zytglogge in Bern mit all ihren Besonderheiten näher zu beleuchten. Das Zifferblatt, welches seit vielen Jahren falsch bemalt war, wurde anlässlich der Gesamtrenovation des Turmes 1982/83 wieder richtiggestellt. Dabei wurden verschiedene Geheimnisse, welche die Uhr bis anhin wahrte, aufgedeckt. Diese Entdeckungen und Erkenntnisse geben ihr einen völlig neuen Stellenwert im Vergleich mit ähnlichen Uhren im europäischen Raum.



Ostfassade des Zeitglockenturmes unmittelbar nach der Restaurierung 1982/83.

Geschichtlicher Rückblick

Seit der frühsten Zeit beobachteten die Menschen die scheinbaren Bewegungen der Gestirne am Himmel; Bewegungen, die sich täglich, monatlich oder jährlich wiederholen und damit die Grundlagen unserer Zeiteinheiten lieferten. Es ist denn auch nicht erstaunlich, wenn bereits die Wasseruhren der Antike oft mit Werken versehen waren, welche diese Bewegungen nachvollzogen[1]). Auch an Räderuhren, die zu Beginn des 14. Jahrhunderts auftauchen, finden wir schon sehr früh astronomische Zifferblätter (Kloster Cluny: 1340, Strassburg: 1354, Padua: 1364).

Die astronomische Uhr am Zytglogge in Bern wird in der Stadtrechnung von 1444 erstmals erwähnt[2]). Sie stammt also

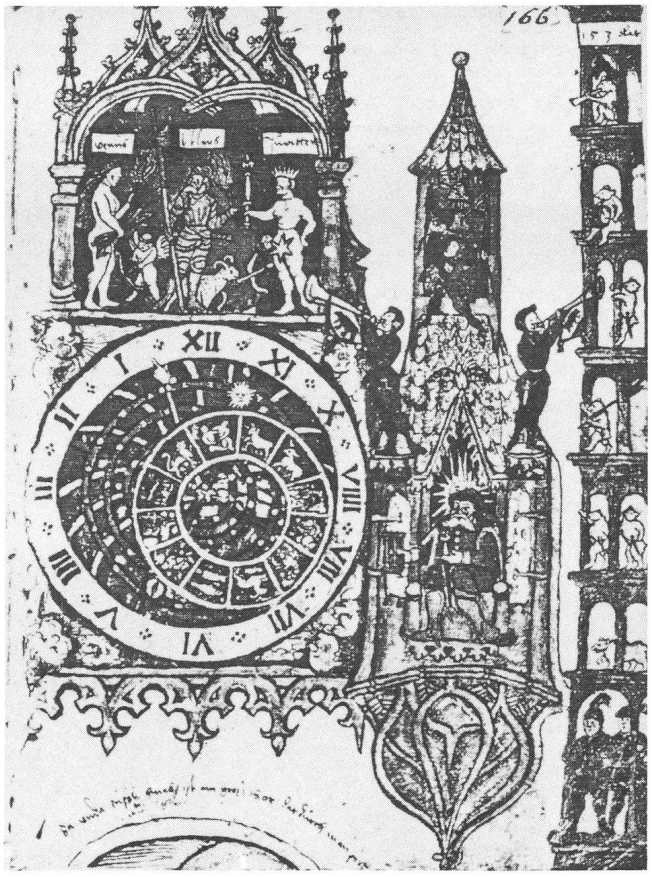


Abb. 1: Astronomisches Zifferblatt und Spielerker im Jahr 1534. Aquarell aus dem Wanderbuch des Ulmer Schustergesellen Sebastian Fischer.

aus dem frühen 15. Jahrhundert und dürfte bereits zum ersten Uhrwerk (kurz nach 1405) gehört haben.

1527–1530 entsteht das Monumental- und Kunstuhrwerk von KASPAR BRUNNER, welches im wesentlichen bis auf den heutigen Tag erhalten blieb. BRUNNER hat die astronomische Uhr ohne bedeutende Veränderungen übernommen. Über ihren Zustand während der damaligen Zeit wissen wir, dank einer erhaltenen Darstellung (s. Abb. 1), ziemlich gut Bescheid: Auf dem Astrolabzifferblatt erkennt man deutlich den Tierkreis mit den etwas willkürlich angeordneten zwölf Zeichen. Sonne und Mond kreisen um den Tierkreis, während eine Hand am äusseren Ziffernkranz (rückläufig von I–XII bezeichnet) die Stunden anzeigt. Die Linien auf dem Planisphärium deuten auf eine südliche stereographische Projektion hin. In den Ecken der gemalten Einfassung deuten symbolische Gesichter die vier Windrichtungen an. Über dem Zifferblatt sind die Gottheiten Venus, Mars und Jupiter aus der römischen Mythologie mit ihren Attributen auf die Wand gemalt.

1609 wird die Uhr vom Uhrmacher JAKOB NETZLI renoviert[3]). Bei dieser Gelegenheit ergänzt er die Rete mit einer Monatsscheibe für die Datumsanzeige.

1712 gelingt es dem Bauersmann MATHYS BLASER, die «...calender uhr, die nun seit vielen Jahren still gestanden...», wieder tadellos instandzustellen[4]).

Die nächste Renovation und Neubemalung der astronomischen Uhr wird erst 1791 erwähnt[5]). Möglicherweise stammt die bis heute immer kopierte, falsche Bemalung aus dieser Zeit.

Die Gesamtrenovation des Turmes von 1982/83 bot die Gelegenheit, das Zifferblatt wieder richtigzustellen. Dabei kamen unter einer dicken Verputzschicht überraschend Linien des ursprünglichen Planisphäriums zum Vorschein, welche eindeutig die südliche Projektion darstellen. Wenn man bedenkt, dass nur die frühsten Monumentaluhren Astrolabzifferblätter mit südlicher Projektion aufweisen, (das letzte Beispiel dieser Serie scheint die erste Uhr in Prag zu sein, die 1410 gebaut wurde)[6]), so bestätigt dies einmal mehr die Datierung ins frühe 14. Jahrhundert.

Aufbau eines Astrolabzifferblattes

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, astronomische Funktionen auf einem Zifferblatt darzustellen. Beim Astrolabzifferblatt wurde das Prinzip der stereographischen Projektion übernommen. Es stellt daher im wesentlichen ein mechanisch betätigtes Astrolabium dar.

Mit Hilfe der stereographischen Projektion – bereits um 150 v.Chr. von Hipparch entwickelt – können einzelne Punkte einer Sphäre winkelgetreu auf einer Ebene dargestellt werden. Um die Vorgänge an der Himmelsphäre darstellen zu können, muss ein Bezugssystem definiert werden. Dieses Bezugssystem war nach den Vorstellungen der Ptolemäischen Weltanschauung die Erde selber. Sie steht scheinbar im Mittelpunkt und bewegt sich nicht. Stellt man sich genau definierte Punkte und Kreise (z.B. Pole, Wendekreise, Horizont- und Dämmerungslinie) auf der Erdoberfläche verlängert an der Himmelssphäre vor, so erhält man ein fixes Bezugssystem, das sich gegenüber einem bestimmten Beobachtungspunkt auf der Erde nicht verändert. Dieses System, projiziert auf die Äquatorebene, bildet die feste Grundplatte des Astrolabiums bzw. das sogenannte Planisphärium des Astrolab-Zifferblattes. Nimmt man als Projektionszentrum den

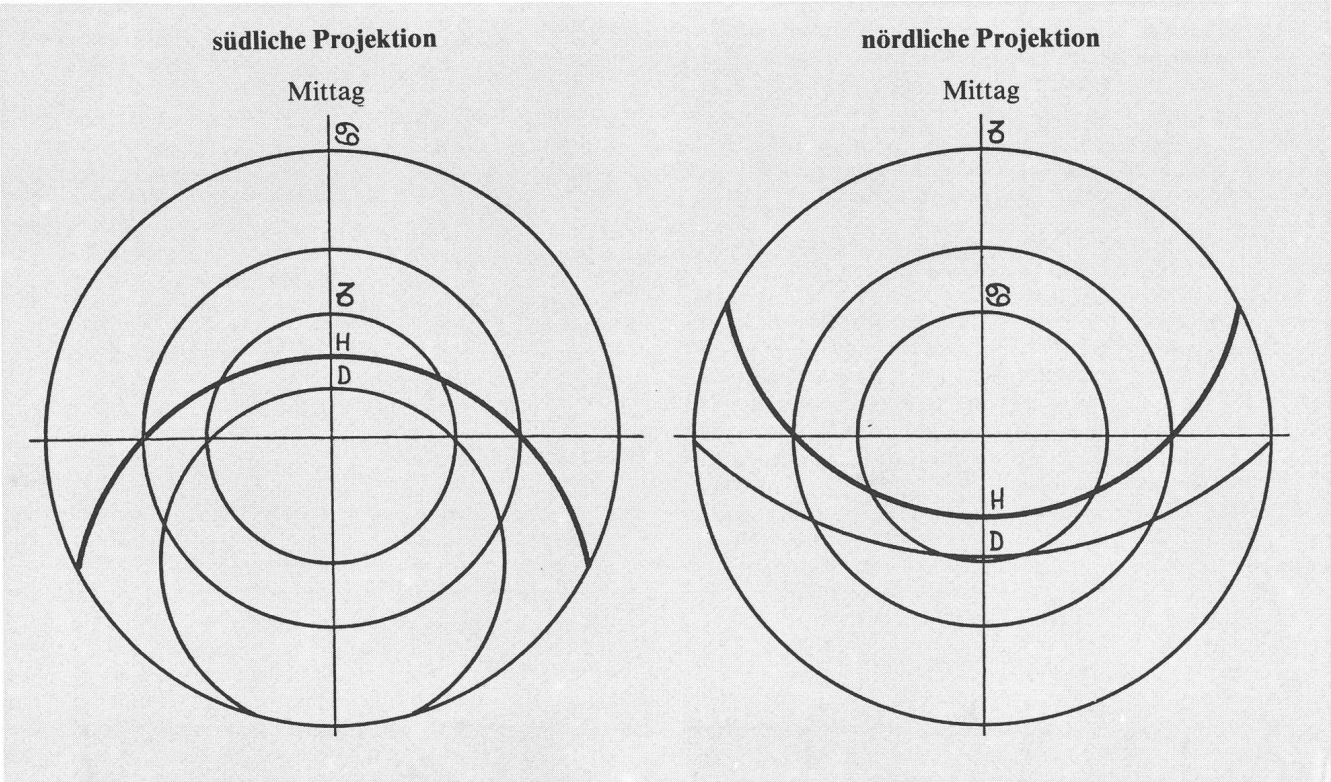


Abb. 2: Konstruktion des Planisphäriums für die geographische Breite von Bern (ca. 47°); stereographische Projektion des Bezugssystems, über welchem der Sternenhimmel, Sonne und Mond kreisen. Horizont- (H) und Dämmerungslinie (D) verändern sich je nach Breitengrad und müssen somit für den jeweiligen Bestimmungsort genau berechnet werden.

Nordpol an und schaut gegen Süden, so erhält man eine südliche Projektion. Schaut man hingegen vom Südpol aus gegen Norden, so erhält man die nördliche Projektion (Abb. 2).

Die Sterne, Sonne und Mond, welche über dem Bezugssystem kreisen, bilden die beweglichen Teile des Zifferblattes.

Auf der sogenannten Rete, einer spinnennetzartig ausgeschnittenen Scheibe sind die Sterne dargestellt. Bei den frühsten Monumentaluhren beschränkt sich die Rete meistens auf eine kreisrunde Scheibe, welche den Tierkreis (Ekliptik) symbolisiert. Da die Ekliptik in bezug auf den Äquator um 23½ Grad geneigt ist, erscheint sie in der stereographischen Projektion als exzentrischer Kreis, der an seinem äussersten und innersten Punkt die Wendekreise tangiert (s. Abb. 3).

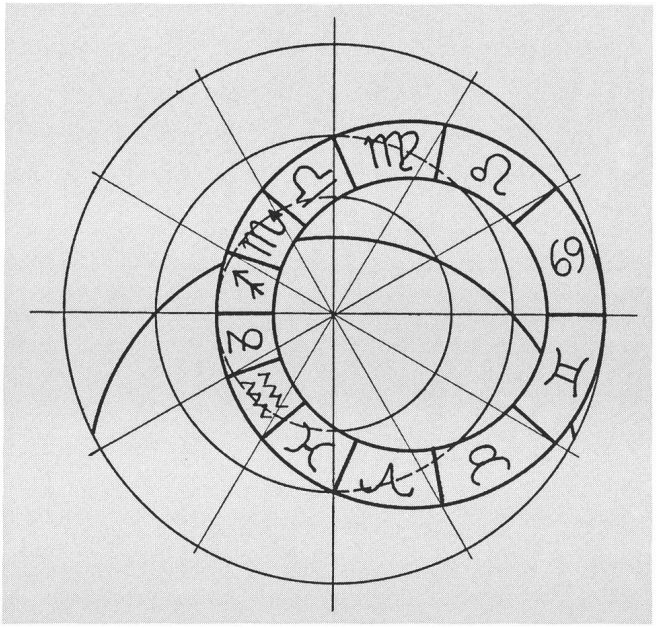


Abb. 3: Stereographische Projektion der Ekliptik und Konstruktion der Tierkreisfelder auf dem südlichen Bezugssystem.

Sonne und Mond sind je auf einem Zeiger dargestellt, die entsprechend ihren scheinbaren Umlaufzeiten über dem Planisphärium kreisen. Für die Anzeige der Sonne auf einem Astrolabzifferblatt eignet sich die südliche Projektion besonders gut, weil die tägliche Sonnenbahn im Sommer einen langen, hohen und im Winter einen kurzen, niedrigen Bogen beschreibt. Dagegen können nur Sterne zwischen Südpol und Wendekreis des Krebs dargestellt werden. Die interessantesten, bei uns sichtbaren Sterne liegen jedoch zwischen Wendekreis des Krebs und Nordpol; sie würden auf dem südlichen System sehr weit weg projiziert, der Polarstern sogar in die Unendlichkeit. Astrolabien und Astrolabzifferblätter, auf denen einzelne Sterne dargestellt sind, beruhen daher auf der nördlichen Projektion, welche das Gebiet zwischen Nordpol und südlichem Wendekreis umfasst.

Rekonstruktion des Planisphäriums am Zytglogge

Das ursprüngliche Planisphärium fiel der Renovation von 1770/71 zum Opfer und verschwand unter einer dicken Verputzschicht. Der ganze Bereich innerhalb des Stundenkranzes wurde schwarz bemalt und das Innere des Tierkreises mit einem Eisenblech geschlossen.

Die Linienteile, welche bei der letzten Renovation rund um das Turmfenster zum Vorschein kamen, konnten zwar eindeutig identifiziert werden; nicht alle passten jedoch in die für den Breitengrad von Bern (47°) berechnete Konstruktion (s. Abb. 4). Das Zifferblatt scheint mehrmals versetzt worden zu sein. So stellten z.B. zwei Linien Horizontlinien dar, welche im Meridian ca. 20 cm auseinander lagen. Gemäss Beschluss der Expertenkommission mussten die vorhandenen Linien in das rekonstruierte Planisphärium einbezogen werden, so dass dieses nun etwas von der berechneten Konstruktion abweicht.

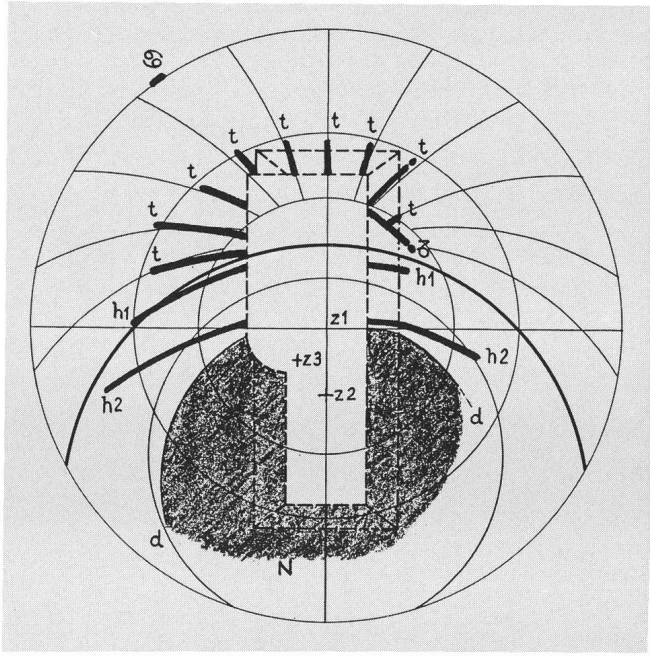


Abb. 4: Linienteile, die bei der Renovation 1982/83 rund um das Turmfenster zum Vorschein kamen. Darüber die für den Breitengrad von Bern berechnete Konstruktion.

h1 *Horizontlinie 1*
h2 *Horizontlinie 2*
z1 *Zentrum zu h1 (heutiges Zentrum)*
z2 *Zentrum zu h2*
z3 *Zentrum vor der Renovation 1982/83*
t *Temporalstundenlinien*
d *Dämmerungslinie*
N *Nachtbereich*
♋ *Wendekreis des Krebs*
♑ *Wendekreis des Steinbock*

Die Rete und die Sonne

Die Ekliptik mit der 12er-Einteilung für die Tierkreiszeichen und der später angebrachte Datumkranz über dem äusseren Wendekreis bilden die Rete. Als Resultat der stereographischen Projektion erscheinen die Felder der 12 Zeichen ungleich gross: gegen aussen werden sie grösser, gegen innen kleiner (s. Abb. 3). Vor der Renovation war die Teilung genau umgekehrt: breite Felder innen, schmale Felder aussen. Überdies stimmten die Zeichen nicht mit den Wendekreisen überein. Diese fehlerhafte Teilung war der Hauptgrund für die falschen Anzeigen am Zifferblatt. Wenn der Fehler, obschon seit langem bekannt, bis heute nie behoben wurde, so wahrscheinlich deshalb, weil der Nutzen, aber wohl auch das Interesse an der Uhr, während vielen Jahren nur noch gering war. Mit der Richtigstellung des Zifferblattes anlässlich der jüngsten Renovation kommt die ursprüngliche Bedeutung

dieses einzigartigen Kunstdenkmals wieder voll zu Bewusstsein. Gleichzeitig wurde auch die innere Scheibe des Tierkreises wieder entfernt. Dank diesem ursprünglichen Zustand ist das rekonstruierte Planisphärium viel besser sichtbar.

Während die Sonne zusammen mit dem Stundenzeiger für einen kompletten Umlauf 24 Stunden benötigt, dauert er bei der Rete, die den Sternenhimmel darstellt, nur ca. 23 Std. 56 Min., also einen Sterntag. Die Rete läuft also in bezug auf die Sonne pro Tag 4 Min. schneller, was genau einer Tageseinteilung auf der Datumskala entspricht; im Jahr ergibt dies eine volle Umdrehung. Der Mechanismus, der diese Umdrehung erzeugt, ist auf dem gemeinsamen Stunden- und Sonnenzeiger angebracht (s. Abb. 5). Danach ist das Verhältnis Rete zu Sonne:

$$\frac{a}{A} \cdot \frac{b}{B} = \frac{6}{36} \cdot \frac{6}{365} = \frac{1}{365}$$

also 1 Umdrehung in 365 Tagen. Der Schalttag ist nicht berücksichtigt; er muss jeweils von Hand kompensiert werden.

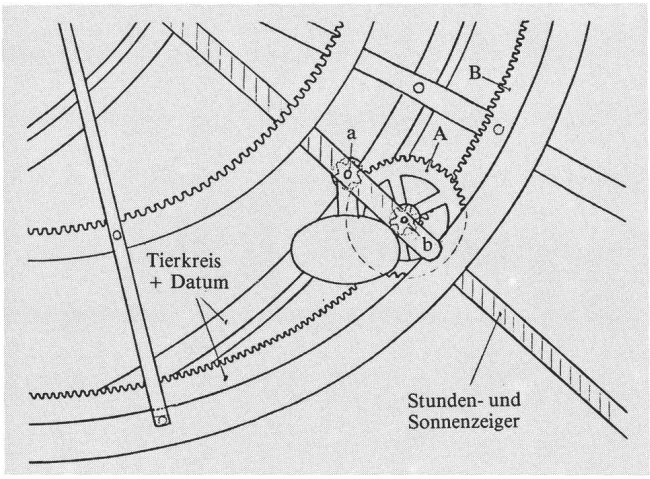


Abb. 5: Mechanismus für Tierkreis und Datum. Das Gewicht am Zahnrad a bewirkt, dass dieses während der Drehung des Stundenzeigers immer die gleiche Position einnimmt.

a = 6 Zähne b = 6 Zähne
A = 36 Zähne B = 365 Zähne

Der Mond

Am inneren Rand des Tierkreises zieht der Mond seine Monatsbahn. Während des Umlaufes dreht sich die aus einer goldenen und einer schwarzen Hälfte bestehende Kugel innerhalb eines Halbkugelmantels um die eigene Achse. Von der Mondkugel ist somit immer nur die vordere Hälfte sichtbar. Der Mechanismus für den Mondumlauf befindet sich ebenfalls auf dem kombinierten Stunden-Sonnen-Zeiger (s. Abb. 6). Das Verhältnis Mond zu Sonne beträgt:

$$\frac{m}{M} = \frac{6}{177} = \frac{1}{29{,}5}$$

also 1 Umdrehung in 29,5 Tagen, was dem synodischen Monat (z.B. von einem Neumond zum anderen) entspricht. Der tatsächliche Wert beträgt im Mittel 29d 12h 44m 3s. Der Mondzeiger weicht also von diesem Wert 44m 3s ab. Nach ca. 6,5 Jahren beträgt die Abweichung ein Tierkreiszeichen und nach knapp 78 Jahren eine volle Umdrehung.

Das Verhältnis Mond zu Tierkreis lautet:

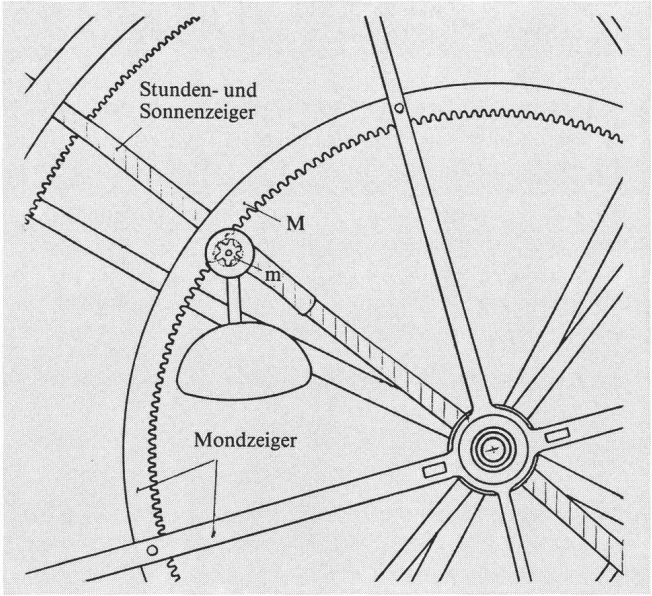


Abb. 6: Mechanismus für den Mondzeiger; m = 6 Zähne, M = 177 Zähne.

$$\frac{1}{29{,}5} + \frac{1}{365} = \frac{1}{27{,}294}$$

also 27,294 Tage für einen siderischen Monat (zwei aufeinanderfolgende Durchgänge am selben Stern).

Zwei kleine Zahnräder im Zentrum des Tierkreises bilden den Mechanismus für die Mondphase. Das erste Rad ist auf dem Sonnenzeiger befestigt, das zweite – um 90° versetzt – auf der Achse der Mondkugel. Mit jeder Umdrehung des Mondzeigers dreht sich somit auch die Mondkugel und da der Bezugspunkt der Sonnenzeiger ist, stimmt auch die Phase mit dem Stand zur Sonne überein (Neumond bei Konjunktion, Vollmond bei Opposition).

Das Prinzip beinhaltet allerdings eine gewisse Unstimmigkeit, weil sich der Mechanismus im Zentrum des Tierkreises befindet, die Einteilung des Tierkreises jedoch auf das Hauptzentrum ausgerichtet ist. Die maximale Abweichung des Vollmondes beträgt im Frühling und Herbst ca. 1,5 Zeichen auf dem Tierkreis oder ca. 3,7 Tage. Das gleiche fehlerhafte Prinzip wurde auch an anderen Uhren angewandt, so z.B. an der Prager Altstädter-Rathausuhr oder an einer Holzkastenuhr im Kunsthistorischen Museum in Wien[7]).

Der Drachenzeiger

Das Zifferblatt besitzt einen Drachenzeiger, der allerdings nicht funktionstüchtig ist. Sein Mechanismus fehlt und er dient nur als Gegengewicht zur Mondkugel.

Drachenzeiger an astronomischen Uhren tauchen erst anfangs des 16. Jahrhunderts auf (z.B. in Winterthur 1529). Sie zeigen die Mondknoten und damit die Finsternisse an. Ein Umlauf durch den Tierkreis beträgt ca. 18,6 Jahre. Es ist denkbar, dass KASPAR BRUNNER 1530 das frühere Zifferblatt mit einem Drachenzeiger ergänzt hat. 1609 muss dieser laut Stadtrechnung ersetzt werden[8]). Der Mechanismus, sofern es ihn jemals gab, wurde möglicherweise schon damals wieder entfernt, weil er wohl, wie der Mondphasenmechanismus, im Zentrum des Tierkreises angebracht war – also den gleichen Prinzipfehler aufwies – und somit für die Anzeige der Finsternisse nicht taugte.

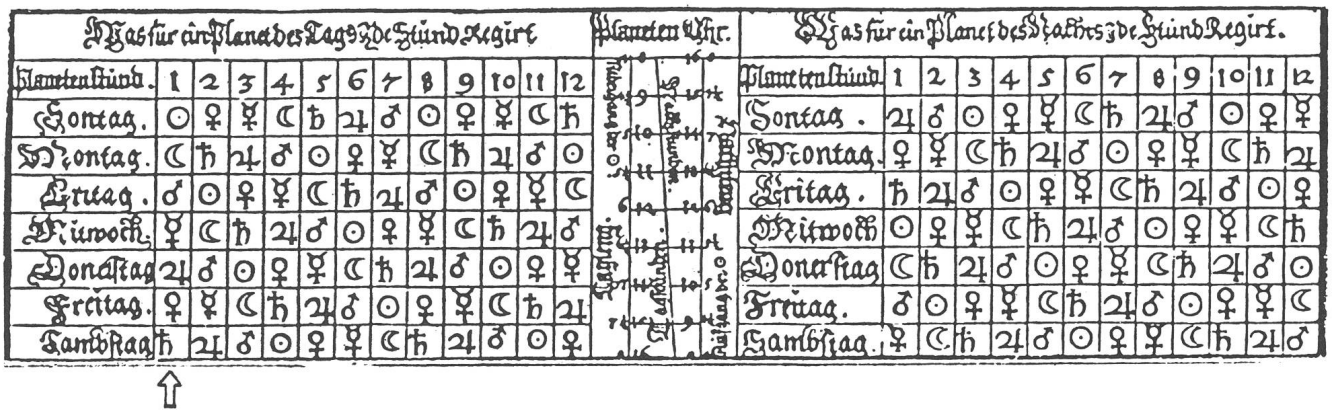


Abb. 7: Zuordnung der Tages- und Nachtstunden zu den Planeten. Ausschnitt aus einem Holzschnitt von Jost Amman, Nürnberg 1568. Der Pfeil zeigt auf diejenigen Planeten, welche die erste Tagesstunde regieren und denen später gleich der ganze Tag zugeordnet wurde.

Die Wochentage

Eine kreisförmige Wechseltafel im oberen Teil des Planisphäriums zeigt in einer schmalen Maueröffnung den Wochentag an. Die Tafel ist in sieben, mit den Wochentagen angeschriebenen Sektoren eingeteilt. Der Wechsel wird jeweils um Mitternacht vom 24-Stundenrad – also vom Stundenzeiger – des astronomischen Zifferblattes ausgeführt.

Fünf, bei der jüngsten Renovation überraschend entdeckte Darstellungen der Planetengötter über dem Zifferblatt bilden eine wertvolle Bereicherung der Wochentaganzeige. Nach alter Ordnung regierte jeder dieser Planeten einen Wochentag. Die Götter sind der römischen Mythologie entlehnt und sind leicht an ihren Attributen zu erkennen. Von links nach rechts sind dargestellt:

- Saturn, der Gott der Saat und Ernte, mit Sichel und Keule für Samstag,
- Jupiter, der höchste Himmelsgott mit dem Blitz in der Hand für Donnerstag,
- Mars, der Kriegsgott mit Schwert und Schild für Dienstag,
- Venus, Göttin der Liebe und des Glücks; ihr zu Füssen Amor mit Pfeil und Bogen für Freitag,
- Merkur, Gott des Handels und Verkehrs, mit schlangenumwundenem Heroldstab und Geldbeutel für Mittwoch.

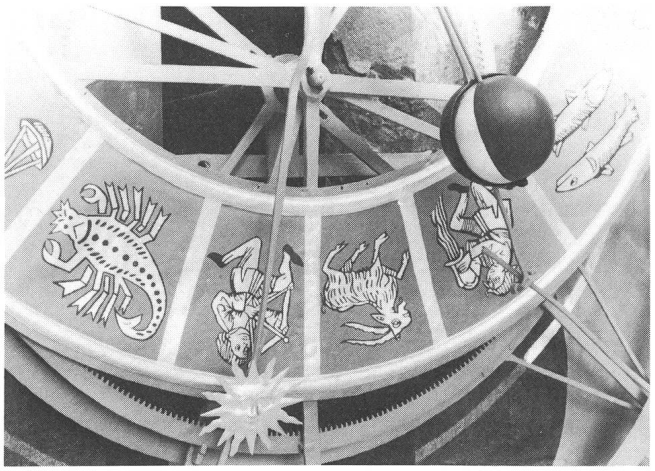
Diese Reihenfolge bezieht sich auf das Ptolemäische Weltsystem, nach welchem die sieben Planeten, zu denen traditionsgemäss auch Sonne und Mond zählten, um die Erde kreisen. Danach folgen von innen nach aussen: Mond, Merkur, Venus, Mars, Sonne, Jupiter und Saturn.

Die heutige Ordnung der Wochentage stimmt deshalb mit dieser Reihenfolge nicht überein, weil ursprünglich jeder Planet nur eine Stunde regierte, angefangen mit der ersten Tagesstunde am Sonntag, welche der Sonne gehörte (s. Abb. 7). Nach Ablauf einer Stunde übernahm der nächste Planet die Regentschaft. Erst später ordnete man jenem Planeten, der die erste Tagesstunde regierte, gleich den ganzen Tag zu.

Sonne und Mond sind nicht figürlich dargestellt, weil sie als Bestandteile des astronomischen Zifferblattes dort ihre Bewegungen am Himmel anzeigen.

Rekapitulation der Indikationen

- *Moderne Stunden:* Auf dem äusseren Ziffernkranz (Durchmesser 3,60 m) zeigt der Stundenzeiger – eine goldene Hand – die mittlere Ortszeit an.
- *Temporale Stunden:* Im Tagesbereich des Planisphäriums sind die Linien der unegalen oder temporalen Stunden eingezeichnet. Sie sind numeriert von 1 (eine Stunde nach Sonnenaufgang) bis 12 (Sonnenuntergang). Diese Stunden werden mit der Sonne abgelesen.
- *Sonnenaufgang und -untergang:* Der Zeitpunkt, an dem die Sonne die Horizontlinie überschreitet, stellt am Morgen den Sonnenaufgang und am Abend den -untergang dar.
- *Astronomische Dämmerung:* Vor dem Aufgang und nach dem Untergang durchquert die Sonne den halbdunklen Dämmerungsbereich. Die Grenze zwischen astronomischer Dämmerung und Nacht (schwarzer Bereich) erreicht die Sonne, wenn sie 18° unter dem Horizont steht. Dieser Zeitpunkt kann mit dem Stundenzeiger abgelesen werden.
- *Sonne im Tierkreis:* Die Sonne zeigt während ihrer scheinbaren Jahresbahn auf der exzentrischen Tierkreisscheibe ihren jeweiligen Stand im Tierkreis an.
- *Datum:* Auf dem Stundenzeiger, der goldenen Hand gegenüber, ist eine weitere Sonne angebracht. Mit einem verlängerten Sonnenstrahl zeigt sie von aussen auf dem Datumring den Tag und den Monat an.



Ausschnitt aus dem Tierkreis. Die Sonne steht im Schütz, der Mond im Wassermann. Von der hellen Seite der Mondkugel ist nur eine schmale Sichel sichtbar.

Astronomisches Zifferblatt mit den bei der Restaurierung entdeckten fünf Götterbildern. (Die dunklen Stellen auf dem Ziffernkranz sind Überreste der Bemalung aus dem 17. Jahrhundert.)

- *Höhe der Sonnenbahn:* Im Verlaufe des Jahres bewegt sich die Sonne zwischen dem Wendekreis des Steinbock und dem Wendekreis des Krebs. Sie verändert somit die Höhe ihrer Bahn (bei Tagundnachtgleiche verläuft die Sonnenbahn auf dem Tropicus Aequinoctialis).
- *Mond im Tierkreis:* Auf ihrer Monatsbahn um den Tierkreis verweilt die Mondkugel ca. 2–3 Tage in jedem Zeichen.
- *Mondphase:* Der sichtbare Teil der Mondkugel stellt die Mondphase dar.
- *Wochentag:* Eine kreisförmige Wechseltafel in einer kleinen Maueröffnung zeigt den Wochentag an.

Das Hauptuhrwerk

Die gesamte Anlage: das astronomische Zifferblatt, die beiden grossen Zifferblätter an der Ost- und Westfassade, der Stundenschläger und das Figurenspiel werden vom Monumentaluhrwerk von Kaspar Brunner gesteuert. Das Uhrengestell besteht aus einer schmiedeisernen, spätgotischen Strebekonstruktion und misst 2,50 m in der Längsrichtung, 1,70 m in der Tiefe und ist ca. 2,20 m hoch.

Das gesamte Werk besteht aus Gehwerk mit Pendel (ursprünglich Foliot), Viertelstundenschlagwerk, Stundenschlagwerk und zwei kleinen Figurenspielwerken. Fünf Gewichtsteine, welche jeden Tag hochgezogen werden müssen, treiben die einzelnen Werke an.

Die detaillierte Beschreibung des Uhrwerks bildet ein weiteres Thema über den Zytglogge in Bern und ist z.Z. beim Autor in Vorbereitung.

Anmerkungen:

1) Im Museum «Carolino-Augusteum» in Salzburg befindet sich ein Bruchstück eines Zifferblattes, das zum Astrolabium einer römischen Wasseruhr gehörte. [1], [4], [11].
2) «...die sper und das orley ze malen...», [12] Bd. II, S. 180. Bilfinger hat die Bezeichnung «sper» für sphaera, astronomische Uhr, auch andernorts gefunden; so z.B. in Villingen (1401), [3], S. 209.
3) [2], Regest Nr. 63
4) [2], Regest Nr. 84
5) [2], Regest Nr. 89
6) [5], S. 53
7) Inventar-Nr. 543. [4] und «Alte Uhren», 3/1980
8) [2], Regest Nr. 63

Literatur:

[1] Henri Bach, Das Astrolabium an astronomischen Kunstuhren. In Schriften der «Freunde alter Uhren», Nr. 16, Ulm 1977.
[2] Walter Biber und Paul Hofer, Regesten zur Baugeschichte der Stadt Bern II. Bern 1954.
[3] Gustav Bilfinger, Die mittelalterlichen Horen und die modernen Stunden. Stuttgart 1892.
[4] Johann Huegin, Das Astrolabium und die Uhr. Ulm 1978.
[5] Henry C. King, Geared to the Stars, the Evolution of Planetariums, Orreries, and Astronomical Clocks. Toronto 1978.
[6] Markus Marti, Das Uhrenwerk. In «Zytglogge», ein Bericht zum Abschluss der Restaurierung 1981–83. Bern 1983.
[7] Klaus Maurice und Otto Mayr, Die Welt als Uhr, Deutsche Uhren und Automaten 1550–1650. München, Berlin 1980.
[8] Henri Michel, Eléments du Tracé d'un Astrolabe. In Journal Suisse d'Horlogerie, No. 71, 1946.
[9] Henri Michel, Pourquoi les horloges tournent-elles à l'envers? In Journal Suisse d'Horlogerie, No. 71, 1946.
[10] Henri Michel, Traité de l'Astrolabe. Paris 1947.
[11] Alfred Ungerer, Les Horloges Astronomiques et Monumentales les plus remarquables de l'Antiquité jusqu'à nos jours. Strasbourg 1931.
[12] Friedrich Emil Welti, Die Stadtrechnungen von Bern. 2 Bde. Bern 1896 (Bd. 1), 1904 (Bd. 2).

Adresse des Autors:
Markus Marti-von Kaenel, Kramgasse 28, 3011 Bern.

Astronomie im Chemie-Unterricht am Beispiel der Spektralanalyse

H. KAISER

Zusammenfassung
In Chemie-Lehrplänen wird man in der Regel vergeblich nach astronomischen Themen Ausschau halten. Beim Besprechen des Atombaus, der Elemente und des Periodensystems tauchen allerdings nicht selten Fragen auf, die unweigerlich zur Astronomie hinführen. Der vorliegende Artikel beschreibt, auf welche Weise sich diese Gelegenheit benutzen lässt, um den Schülern etwas astronomisches Grundwissen zu vermitteln. Ausserdem werden einige Vorschläge gemacht, wie dieser Abstecher in die Astronomie noch erweitert werden könnte.

1. Einleitung

Die Einführung eines eigenen Schulfaches «Astronomie» hat in den allermeisten Fällen nur geringe Chancen. Für Lehrer mit astronomischen Kenntnissen ist das natürlich bedauerlich, doch sollte dies kein Grund zur Resignation sein. Bereits in einem früheren Artikel (ORION 181, Dez. 80, S. 191) wurde eine ganze Reihe von Möglichkeiten aufgezeigt, wie sich unseren Schülern in den verschiedensten Fächern astronomisches Gedankengut vermitteln lässt. Man sollte daher Freiräume, die die bestehenden Lehrpläne lassen, immer wieder ausnützen, um den jungen Menschen auf allen Schulstufen einen Überblick über unser heutiges Weltbild zu geben. Fehlen solche Freiräume, so lohnt es sich, während einer der üblichen Lehrplandiskussionen auf diesen Punkt hinzuweisen. Vielleicht lässt sich sogar bei einer derartigen Gelegenheit etwas Astronomie fest in einen Lehrplan integrieren. Falls nichts dergleichen erreicht werden kann, bleibt dem Lehrer keine andere Wahl, als ganz individuell nach Möglichkeiten zu suchen, wie man einige astronomische Grundlagen in den bestehenden Unterricht aufnehmen könnte. Er muss dann selbst entscheiden, wie weit kleine Abstriche im Programm seiner Fächer für diesen Zweck zu verantworten sind.

Dabei gilt es stets zu bedenken, dass es in keinem Fall möglich ist, unseren Schülern wirklich umfassende Kenntnisse beizubringen. So oder so müssen wir exemplarisch vorgehen, um wenigstens das allernötigste Basiswissen zu vermitteln. Bei der immer schwieriger werdenden Stoffauswahl gewinnt vor allem ein Kriterium laufend an Bedeutung: Die Schüler sollten so oft wie möglich über die Grenzen eines einzelnen Schulfaches hinwegblicken können, um grössere Zusammenhänge zu erahnen oder sogar zu erfassen. Genau diesen Zweck erfüllen auch Abstecher in die Astronomie. Meist überraschen sie den Schüler und zeigen den zu lernenden Stoff gerade deshalb in einer völlig neuen Perspektive.

In diesem Sinne möchte ich im vorliegenden Artikel beschreiben, wie sich an der Diplommittelschule in Basel ein astronomisches Thema in den normalen Chemieunterricht «einschmuggeln» lässt. Die Zeit dafür wird durch kleine Kürzungen in verschiedenen anderen Kapiteln eingespart, ohne dass das Fach Chemie dadurch Schaden erleidet. Demgegenüber erweist sich der Nutzen eines solchen Astronomie-Abschnittes – wie mir Schüler immer wieder bestätigten – als erstaunlich gross. Ganz beachtlich ist übrigens auch die Motivation, mit der die Schüler an eingeschobene Kapitel dieser Art herangehen, was sicher zum Teil darauf zurückzuführen ist, dass sich jeder freut, wenn einmal etwas völlig anderes gemacht wird.

Die Gelegenheit, für kurze Zeit in astronomische Gefilde abzuschweifen, bietet sich meist schon recht bald im Chemie-Unterricht. Bei der Besprechung der Elemente, des Atombaus und des Periodensystems gibt es eigentlich in jeder Klasse einzelne Schüler, die sich über die leeren Plätze im Periodensystem wundern. Oft fragen sie, ob diese fehlenden Elemente nicht vielleicht irgendwo im Weltall angetroffen werden könnten. Hier schliesst sich sofort das Problem an, wie weit überhaupt im Weltall die gleichen Grundstoffe wie auf der Erde vorkommen. Weitere Fragen folgen: Wie ist das Weltall chemisch zusammengesetzt? Kann man überhaupt Aussagen über Art und Häufigkeit von Elementen im Weltall machen? Weiss man etwas darüber, woher die Elemente kommen?... Durch solche und ähnliche Fragen wird man manchmal geradezu gedrängt, etwas näher auf das Gebiet der Spektralanalyse einzugehen.

2. Einige Angaben zur Geschichte der Spektralanalyse

Auch wenn dem Abfragen von unzähligen Jahreszahlen nicht mehr eine solche Bedeutung wie früher zugemessen wird, scheint es mir wichtig, den Schülern hin und wieder einige historische Hinweise mitzugeben. Die nachfolgende Liste enthält einige Daten zur Entwicklung der Spektralanalyse. Je nachdem lässt sich etwas davon im Unterricht erwähnen.

- Der Begriff «Spektrum» (lat. etwa Bild, Erscheinung, Geist), wie er heute verstanden wird, stammt vermutlich von einem Gelehrten aus dem Mittelalter, der damit die Farberscheinung des Regenbogens bezeichnete.
- 1666. Newton zeigt, dass weisses Licht mit einem Prisma in Farben zerlegt werden kann. Diese lassen sich anschliessend wieder zu weissem Licht verbinden.
- 1800. Herschel entdeckt im Sonnenspektrum jenseits des roten Endes eine unsichtbare Wärmestrahlung, die Infrarot-Strahlung.
- 1801. Ritter findet im Sonnenspektrum jenseits des violetten Endes eine unsichtbare Strahlung, die Silberchlorid sehr schnell schwärzt: die Ultraviolett-Strahlung.
- 1802. Wollaston beobachtet erstmals dunkle Linien im Spektrum der Sonne.
- 1814. Fraunhofer untersucht die dunklen Linien des Sonnenspektrums.
- 1817. Fraunhofer misst und katalogisiert ca. 500 Linien.

- 1820. Gmelin findet die Flammenfärbung durch Lithiumsalze.
- 1842. Draper entwickelt ein Spektroskop mit regulierbarem Spalt aus zwei Messerklingen, Prisma und einer achromatischen Linse vor dem Teleskop.
- 1857. Bunsen und Roscoe konstruieren den «Bunsenbrenner».
- 1859. Bunsen macht in einem Brief erste Andeutungen zur Spektralanalyse: «Im Augenblicke bin ich und Kirchhoff mit einer gemeinsamen Arbeit beschäftigt, die uns nicht schlafen lässt. Kirchhoff hat nämlich eine wunderschöne, ganz unerwartete Entdeckung gemacht, indem er die Ursache der dunklen Linien im Sonnenspektrum aufgefunden und diese Linien künstlich im Sonnenspektrum verstärkt und im linienlosen Spektrum hervorgebracht hat, und zwar der Lage nach mit den Fraunhoferschen identische Linien. Hierdurch ist der Weg gegeben, die stoffliche Zusammensetzung der Sonne und der Fixsterne mit der selben Sicherheit nachzuweisen, mit welcher wir Schwefelsäure, Chlor usw. durch unsere Reagenzien bestimmen.»
- 1860. Kirchhoff und Bunsen publizieren ihre berühmte Arbeit «Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen» (Ann. Physik, 110, 161).
- 1860. Bunsen entdeckt nach Aufarbeitung von 44000 Litern Dürkheimer Solwassers mit Hilfe der Spektralanalyse das Element Caesium.
- 1861. Mit Hilfe der Spektralanalyse entdeckt Bunsen das Element Rubidium.
- 1861. Crooks entdeckt mit der neuen Methode das Element Thallium.
- 1864. Huggins und Miller publizieren eine Arbeit über die Spektren von ungefähr 50 Sternen, aus der sie schliessen, dass die Sterne eine ähnliche chemische Zusammensetzung wie die Sonne besitzen.
- 1868. Secchi untersucht 4000 Sternspektren und nimmt eine erste Klassifikation vor. Sie führt allerdings zu einer falschen Vorstellung der Sternentwicklung.
- 1870. Janssen erkennt die Möglichkeit, die Spektralanalyse auch quantitativ auszuwerten (Flammenphotometrie).
- 1885. Balmer gelingt es zum ersten Mal, Ordnung in das scheinbare Chaos der Spektrallinien zu bringen (Balmer-Serie des Wasserstoffspektrums).
- 1885. Einführung des Objektivprismas durch Pickering. Dadurch wird die Untersuchung einer riesigen Zahl von Sternspektren ermöglicht.
- 1886–1895. Rowland publiziert Tabellen, die die Wellenlängen von 14000 solaren Spektrallinien vom UV bis zum Rot enthalten.
- Gegen Ende des 19. Jh. und zu Beginn des 20. Jh. erscheinen immer umfangreichere Kataloge von Sternspektren. Ein neues Klassifikationsschema wird eingeführt.
- 1913. Mit dem Atommodell von Bohr können erstmalig die Spektralserien erklärt und die Energien verschiedener Atomzustände berechnet werden.

3. Der Stundenablauf

a) Flammenfärbung

Die Schüler erhalten in den Vertiefungen einer Tüpfelplatte verschiedene Chloride (wie z.B. NaCl, $SrCl_2$, $CuCl_2$,...). Zu jedem Salz gehört ausserdem eine Vertiefung mit etwas HCl-Lösung und ein kleiner Magnesia-Stab. Als Vorversuch wird ein Magnesia-Stab in der nichtleuchtenden Bunsenbrennerflamme ausgeglüht, in die verdünnte Salzsäure getaucht und erneut in die Flamme gehalten. Die Flamme sollte sich nicht verfärben, was beweist, dass weder der Stab noch die HCl-Lösung diese Versuche beeinflussen.

Jetzt können die Schüler mit der eigentlichen Versuchsreihe beginnen. An die mit Salzsäure angefeuchteten Magnesia-Stäbchen werden jeweils einige Körner der verschiedenen Salze gebracht. Dann halten die Schüler die Stäbchen in die Bunsenbrennerflamme, protokollieren ihre Beobachtungen und überlegen, was der Versuch zeigen könnte.

Die Schlussfolgerung lässt sich leicht ableiten: Da es sich in allen Fällen um Chloride handelt, muss die unterschiedliche Flammenfärbung auf die verschiedenen Metall-Bestandteile der Salze zurückzuführen sein.

Einige Flammenfarben von Metall-Ionen:

Element	Farbe
Li	rot
Na	gelb
K	blassviolett
Rb	violett
Cs	blau
Ca	ziegelrot
Sr	rot
Ba	grün
Cu	blaugrün
Pb	fahlblau

Hin und wieder schlägt sogar ein Schüler vor, aufgrund der Flammenfärbungen eine Analysenmethode zu entwickeln! Sofern es die Zeit erlaubt, sollte man diese Idee aufgreifen und zeigen, dass tatsächlich die entsprechenden Metalle auch in anderen Verbindungen (z.B. NaCl, $NaNO_3$, Na_2SO_4, Na_2CO_3) immer die gleiche Färbung der Flamme verursachen, dass also der Nachweis bestimmter Elemente mit dieser Methode erbracht werden kann. Hier ist der Hinweis wichtig, dass zwar im Prinzip alle Elemente in einem energetisch hoch angeregten Zustand Licht mit bestimmter Farbe aussenden, andererseits aber unsere einfache Flammenfärbungsmethode auf relativ wenige Metalle beschränkt bleibt. Meist genügt die Energie des Bunsenbrenners nicht, um ein Element zum Leuchten anzuregen. Wie weit die physikalischen Ursachen der Flammenfärbung erklärt werden sollen, hängt neben der Motivation der Klasse auch von der Vorbildung der Schüler ab. Zumindest das Bohrsche Atommodell muss bekannt sein, um die beobachteten Vorgänge genügend einleuchtend erklären zu können.

Jene Schüler, die ursprünglich nach der chemischen Zusammensetzung des Weltalls gefragt hatten, werden nach Abschluss der Flammenfärbungsversuche in der Regel selbst vorschlagen, das aus dem Weltraum zu uns gelangende Licht zu analysieren. Einige farbige Astrophotographien (z.B. Orionnebel, Lagunennebel, Trifidnebel...) bestätigen, dass von astronomischen Objekten Licht von den verschiedensten Farben ausgestrahlt wird. Es müsste also tatsächlich möglich sein, durch genaue Untersuchungen des Lichts Aufschluss über die chemische Zusammensetzung von Himmelskörpern zu erhalten.

b) Spektralanalyse

Um zu zeigen, dass sich weisses Licht aus allen Spektralfarben zusammensetzt, wird mit Experimentierleuchte und Prisma ein kontinuierliches Spektrum erzeugt. Konzentriert man das vielfarbige Licht des Spektrums mit Hilfe einer Sammel-

linse, so erhält man wieder weisses Licht. Bei der Demonstration dieses Versuches nehmen die Schüler natürlich an, das weisse Licht bestehe nur aus den für unser Auge wahrnehmbaren Farben. Es ist deshalb äusserst wichtig, auf das gesamte elektromagnetische Spektrum hinzuweisen und zu betonen, dass der Mensch nur einen sehr kleinen Teil davon als Licht sehen kann. Dass das Spektrum nicht einfach am roten bzw. am violetten Ende aufhört, lässt sich leicht beweisen: Dazu genügt es, einen Phototransistor (z.B. BXY 29) an ein Ohmmeter anzuschliessen und durch das Spektrum zu bewegen. Das Ohmmeter schlägt zur Überraschung der Schüler auch noch auf beiden Seiten ausserhalb der sichtbaren Regenbogenfarben im Bereich der UV- und IR-Strahlung aus. Meist haben die Schüler die Begriffe «Ultraviolett» und «Infrarot» in verschiedenen Zusammenhängen schon gehört, wussten aber eigentlich nichts damit anzufangen. Das Zusatzexperiment mit dem Phototransistor lohnt sich daher auf alle Fälle.

Wir kennen jetzt die Natur des weissen Lichts. Was wäre nun zu erwarten, wenn man farbiges Licht, wie wir es bei den Flammenfärbungsversuchen erzeugten, durch ein Prisma schickt? In der Regel rechnen die Schüler mit einem Spektrum, das aus einem einzigen schmalen Streifen besteht. Mit Natrium als Lichtquelle kann diese Überlegung im Prinzip bestätigt werden (Na-D-Linie). Die Untersuchung einiger weiterer leuchtender Elemente zeigt jedoch, dass üblicherweise eine Mehrzahl von Linien auftritt.

Die einfachste Möglichkeit, mehreren Schülern gleichzeitig ein Linienspektrum zu demonstrieren, zeigt Abb. 1. Als Lichtquelle dienen leicht auswechselbare Spektralröhren (Phywe liefert z.B. Hg, H_2, Ar, Ne, He, N_2). Auch in einem völlig verdunkelten Raum sieht man allerdings nur die hellsten Linien auf dem Transparentschirm. Aus diesem Grunde wurde versucht, ein Taschenspektroskop an einen Photoapparat anzuschliessen (Abb. 2.), um anhand von Photographien die Vielfalt der Emissionslinien zu verdeutlichen. Das Resultat ist recht erfreulich, wie Abb. 3. zeigt. Die Belichtungszeit muss man natürlich ausprobieren, da sie vor allem stark von der Breite des Spalts abhängt. Sie lag sowohl bei Farbdias (100 ASA) als auch bei Schwarzweiss-Negativen (400 ASA) im Bereich von 30–60 Sekunden. Von den auf diese Weise erhaltenen Linienspektren bekommen die Schüler Photokopien, die sie auf ihre Arbeitsblätter kleben können. So erkennen sie am besten, dass ein Linienspektrum wie ein Fingerabdruck eines Elementes aufgefasst werden kann, dass sich also jedes Element anhand seiner charakteristischen Spektrallinien identifizieren lässt. Mit grossem Erstaunen merken die Schüler nun auch, dass wir in der Spektralanalyse eine Methode besitzen, die es uns ermöglicht, Aufschluss über die chemische Zusammensetzung leuchtender Himmelskörper zu erhalten.

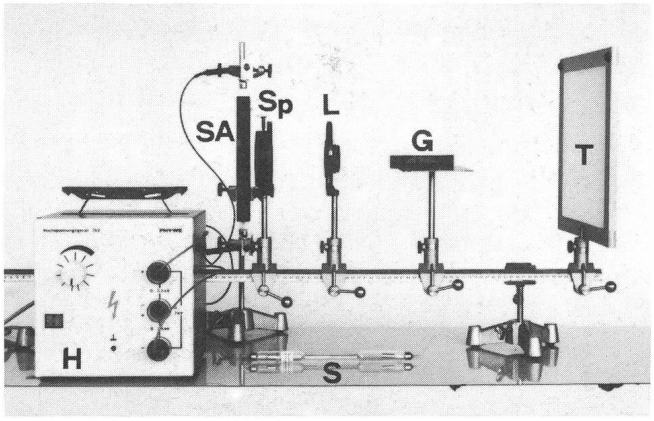


Abb. 1: Versuchsaufbau zur Erzeugung von Emissionsspektren mit Hilfe von Spektralröhren. Um auf dem Transparentschirm Streulicht zu vermeiden, empfiehlt es sich, um die Linse oder das Geradsichtprisma herum einen grossen schwarzen Karton anzubringen. G: Geradsichtprisma, H: Hochspannungsgerät, L: Linse (z.B. f = + 15 cm), S: Spektralröhre, SA: Spektralröhre in Abdeckrohr, Sp: Spalt, T: Transparentschirm.

An dieser Stelle kommt man natürlich auch auf die Fraunhoferschen Linien zu sprechen, ohne allerdings eine Erklärung dieses Phänomens zu versuchen. Die Schüler erhalten lediglich etwa folgenden Hinweis: Ein Stern sendet Licht aller Farben aus. Durch ein Prisma entsteht also ein kontinuierliches Spektrum genau wie aus dem Licht unserer Experimentierleuchte. Durchquert nun dieses Licht kühlere Gasschichten, wie sie in der Atmosphäre eines Sternes vorkommen, so bilden sich im kontinuierlichen Spektrum dunkle Linien aus. Diese Linien liegen genau an den Stellen, wo die Emissionslinien des leuchtenden Gases anzutreffen wären, wenn wir es ohne den Stern dahinter untersuchen könnten.

Den Schülern leuchtet ohne weiteres ein, dass uns also diese dunklen Linien Auskunft über die elementare Zusammensetzung der Sternhülle geben. Die Fraunhoferschen Linien sind übrigens leicht zu beobachten: Durch ein einfaches Taschenspektroskop kann jedermann zahlreiche Absorptionslinien im Spektrum unserer Sonne (auch bei schlechtem Wetter) mit eigenen Augen direkt ansehen.

c) Häufigkeit und Entstehung der Elemente

In der Spektralanalyse besitzen die Astronomen eine Methode, die es ermöglicht, Aussagen über die chemische Zusammensetzung des Weltalls zu machen. Wir wissen heute, dass die Elemente Wasserstoff und Helium bei weitem am häufigsten auftreten. Dieser Befund sowie die Tatsache, dass auf der Erde andere Elemente vorherrschen (Sauerstoff, Eisen, Silicium, Magnesium...), führt die Schüler zur Frage nach der Entstehung der Elemente und der Entwicklung von Sternen und Planetensystemen. Die Schüler müssen unbedingt erkennen, welche enorme Bedeutung die Aufklärung dieser Vorgänge besitzt. Vor allem die Erforschung der Kernreaktionen, durch die Elemente im Weltall gebildet wurden und noch immer gebildet werden, wird als einer der ganz grossen Erfolge der Naturwissenschaften in die Geschichte eingehen. Wie tief man in die Sternentwicklung und die vielfältigen Fusionsprozesse eindringt, hängt einmal mehr von der verfügbaren Zeit, wie auch vom allgemeinen Interesse der Schüler ab. Unerlässlich scheinen mir folgende Punkte zu sein:

- Nach dem Urknall enthält das Universum praktisch nur Wasserstoff und etwas Helium, also die beiden leichtesten Elemente.
- Diese Gase verdichten sich. Es bilden sich Galaxien und zahllose noch viel kleinere Verdichtungen. Letztere ziehen sich immer mehr zusammen, wobei sie heisser werden. (Dass beim Komprimieren von Gasen Wärme entsteht, zeigt man schnell mit einer Luftpumpe). Unter extremen Druck- und Temperaturverhältnissen werden die Atomkerne so stark gegeneinander gepresst, dass Kernverschmelzungsprozesse einsetzen. Bei diesen Fusionsvorgängen entstehen neue Elemente. Ausserdem werden dabei gewaltige Energiemengen freigesetzt. Die Sterne der 1. Generation beginnen zu leuchten. Sie produzieren in ih-

rem Inneren bei Temperaturen von etwa 10 Millionen Grad aus Wasserstoffkernen Heliumkerne: $4\ {}^{1}H \rightarrow {}^{4}He$. Diese Darstellung des Wasserstoffbrennens ist natürlich zu stark vereinfacht, doch geht es hier ja wirklich nur um das Prinzip. (Historischer Hinweis: 1938 entwickeln Bethe und Weizsäcker die ersten Theorien über den Mechanismus der Energieproduktion in der Sonne und den Fixsternen.)

- Wir verfolgen nun das «Leben» eines massereichen Sternes der 1. Generation: Wenn der Wasserstoff-Vorrat unseres Sternes zu Ende geht, lassen die Fusionsvorgänge nach. Der Druck im Stern sinkt, was zu einer Kontraktion führt. Als Folge davon steigen die Temperaturen auf über 100 Millionen Grad an. Nun kann auch das Helium zu schwereren Kernen verschmelzen: z.B.

$$3\ {}^{4}He \rightarrow {}^{12}C$$
$${}^{12}C + {}^{4}He \rightarrow {}^{16}O$$

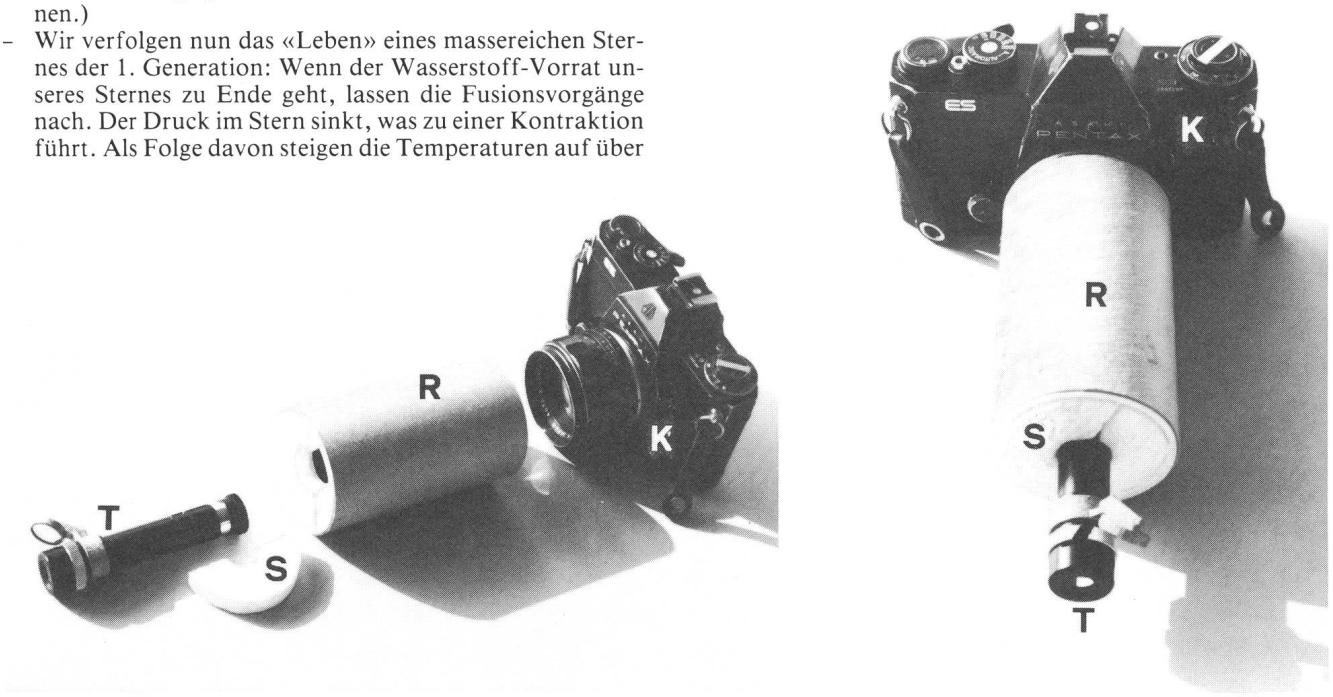


Abb. 2 a) und b): Einrichtung zur Photographie von Spektren, a) in Einzelteile zerlegt, b) zusammengesetzt. Das Kartonrohr mit dem Spektroskop wird über das Objektiv der Kamera gesteckt. Um das Taschenspektroskop im Rohr zu fixieren, klemmt man es mit zwei halben Ringen aus Styropor fest. K: Kamera mit Normaloptik, R: Rohr aus starkem Karton, wie es z.B. für den Versand von Postern verwendet wird, S: Styroporhalbringe, T: Taschenspektroskop.

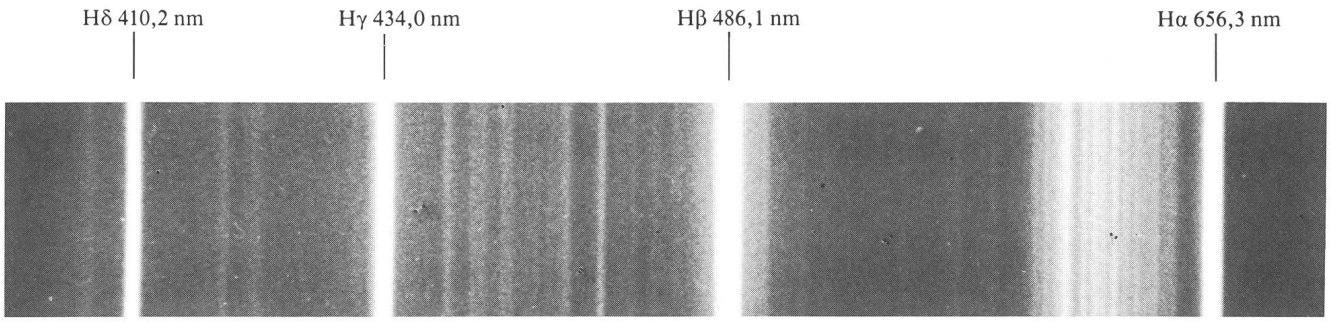


Abb. 3. a) Spektrum von Wasserstoff

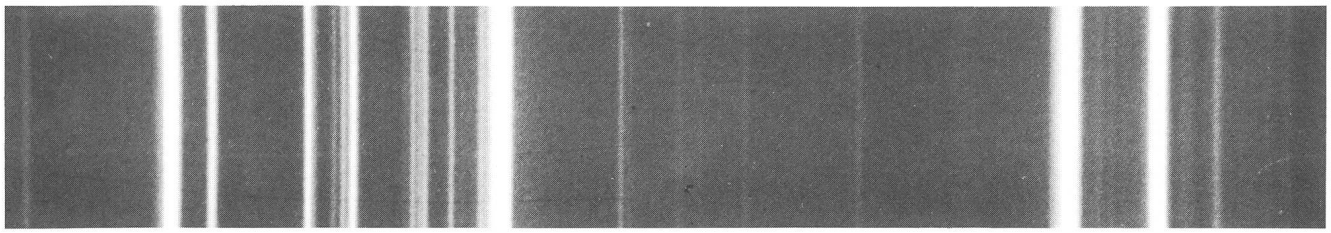


Abb. 3. b) Spektrum von Quecksilber

Zwei Beispiele von Emissionsspektren, die mit Hilfe der in Abb. 2 dargestellten Apparatur aufgenommen wurden.

Bei noch höheren Temperaturen laufen weitere Kernfusionen ab, z.B.:

$$2\,{}^{12}C \rightarrow {}^{24}Mg \text{ oder } 2\,{}^{12}C \rightarrow {}^{20}Ne + {}^{4}He$$
$$2\,{}^{16}O \rightarrow {}^{32}S \text{ oder } 2\,{}^{16}O \rightarrow {}^{28}Si + {}^{4}He$$

Erreicht die Temperatur etwa 2 Milliarden Grad, so werden immer schwerere Elemente bis hin zum Eisen produziert. Verglichen mit seinem ersten Lebensabschnitt ist die Energieproduktion unseres Sternes jetzt viel grösser. Der erhöhte Druck im Inneren bläht den Stern stark auf. Es entsteht ein sogenannter Roter Riese. (Die ganze Entwicklung müssen und können sich die Schüler übrigens selbst überlegen!)

- Wenn Eisen zu noch massereicheren Atomkernen verschmilzt, tritt eine neue Entwicklung ein: Energie wird nicht mehr freigesetzt, sondern verbraucht. Als Folge davon sinkt der Druck im Zentrum des Sternes. Seine äusseren Hüllen brechen ein. Die bei diesem Kollaps entstehenden Temperaturen von mehreren Milliarden Grad führen zu einer Supernova, einer gewaltigen Sternexplosion. Dabei dürften auch die schwersten Elemente erzeugt werden.
- Während seines ganzen Lebens, vor allem aber bei der Supernova-Explosion stösst ein Stern Materie in den Weltraum aus. Wenn diese Materie kondensiert, setzt die Bildung neuer Sterne und Planetensysteme ein. Die chemische Zusammensetzung solcher Himmelskörper der 2. und aller späteren Generationen unterscheidet sich grundlegend von jener des ursprünglichen Universums, da ja neben Wasserstoff und Helium jetzt auch andere Elemente vorhanden sind.

  Unser Sonnensystem besteht nicht aus der Urmaterie des Weltalls. Die Fraunhoferschen Linien im Spektrum der Sonne teilen uns mit, dass die Sonnenatmosphäre neben Wasserstoff und Helium auch die schwereren Elemente enthält. Die allgemeine chemische Zusammensetzung des Weltalls sowie die davon stark abweichende Zusammensetzung der Erde versteht man jetzt ebenfalls: Da Wasserstoff und Helium die Urgase des Universums sind, treten sie auch heute noch am häufigsten auf. Die übrigen Elemente sind wesentlich seltener anzutreffen, da sie erst im Inneren von Sternen produziert werden mussten. Die kleinen Planeten, zu denen auch unsere Erde zählt, bestehen vorwiegend aus massereicheren Elementen, obwohl eigentlich auch hier Wasserstoff und Helium überwiegen sollten. Die geringe Schwerkraft solcher Himmelskörper genügt allerdings nicht, die leichtesten Gase festzuhalten. Sie entwichen deshalb ins Weltall.

Viele Details über den chemischen Aufbau der Himmelskörper und die Entwicklung von Sternen und Planetensystemen entziehen sich auch heute noch unserem Wissen. Dennoch vermochten Astronomen und Kernphysiker ein zusammenhängendes Bild von der Geschichte der Materie zu entwerfen. Völlig verblüffend für die Schüler ist dabei in erster Linie die Tatsache, dass die gewöhnlichen Stoffe unserer Welt, also auch die Atome in unserem Körper, in «Sternöfen» hergestellt wurden, lange bevor unsere Sonne mit ihren Planeten entstand.

4. Der Zeitbedarf

Die hier angegebenen Richtlinien sind Minimalzeiten, gelten also nur, wenn auf jegliche Erweiterung des Themas verzichtet wird. Besonders die für 3. c) benötigte Zeit kann in der Praxis sehr unterschiedlich sein. Das Erarbeiten der grundlegenden Gedankengänge durch die Schüler dauert eben in der einen Klasse viel länger als in der anderen. Hier spielt es auch eine grosse Rolle, was für Dias zur Verfügung stehen. Ist man in der Lage, spektakuläre Farbbilder zeigen zu können, sollte man das unbedingt tun. Solche Aufnahmen faszinieren die Schüler in ganz erstaunlichem Ausmasse.

- Flammenfärbungen als Schülerexperiment — 1 Lektion
- Erzeugung eines kontinuierlichen Spektrums
  Demonstration von Linienspektren
  Fraunhofersche Linien im Sonnenspektrum — 1 Lektion
- Entstehung der Elemente und
  Sternentwicklung — 2 Lektionen

5. Einige Erweiterungsmöglichkeiten

Das bisher Gesagte macht deutlich, dass es in relativ kurzer Zeit gelingt, den Blick der Schüler etwas über das Fach Chemie hinaus auf das phantastische Gebiet der Astronomie zu lenken. Falls es der Lehrer verantworten kann und die Schüler mit der nötigen Begeisterung mitmachen, lassen sich zum einen oder anderen Punkt interessante Ergänzungen anbringen. Einige Möglichkeiten möchte ich hier noch erwähnen:

a) Erklärung der Emissionslinien

Möglicherweise fragen Schüler bei der Demonstration von Linienspektren, warum die Elemente Licht von ganz bestimmten Farben aussenden. Je nach Schulstufe und physikalischen Vorkenntnissen muss dann der Lehrer auf das Zustandekommen der Emissionslinien eintreten. In der Regel genügt es, wenn die Schüler das Bohrsche Atommodell beherrschen und eventuell aus der Physik den Zusammenhang «Farbe des Lichts – Wellenlänge – Energie» kennen. Unsere Erklärung kann dann etwa folgendermassen lauten:

Wird einem Atom Energie zugeführt (bei uns z.B. mit dem Bunsenbrenner oder dem Hochspannungsgerät), führt dies dazu, dass Elektronen auf eine vom Kern weiter entfernte, also energiereichere Bahn gehoben werden. Nach sehr kurzer Zeit (ca. 10^{-5}s) gehen diese angeregten Elektronen wieder in ihren Grundzustand zurück. Dabei wird die vorher aufgenommene Energie als Licht (genauer als elektromagnetische Wellen) abgestrahlt. Die abgegebene Energie, also die Wellenlänge resp. die Farbe dieser Strahlung hängt nun davon ab, von welcher Bahn aus ein Elektron auf eine bestimmte tiefere Bahn zurückfällt. Je grösser ein Elektronensprung ist, um so energiereicher oder kurzwelliger wird die abgegebene Strahlung. Da die Elektronen bei den verschiedenen Atomsorten jeweils ganz bestimmte Bahnsprünge ausführen, werden eben auch für die einzelnen Atome charakteristische Wellenlängen (Farben) ausgestrahlt.

b) Experiment zur Entstehung von Fraunhoferschen Linien

Im Anschluss an die Demonstration von Emissionsspektren haben die Schüler die Möglichkeit, mit einem Taschenspektroskop die Fraunhoferschen Linien im Sonnenspektrum zu beobachten. Um das Zustandekommen der dunklen Absorptionslinien zu erklären, lässt man das weisse Licht einer Experimentierleuchte den Dampf einer Natrium-Fluoreszenzröhre durchqueren. Im kontinuierlichen Spektrum des weissen Lichtes ist an der Stelle der Natriumlinie eine dunkle Fraunhoferlinie zu erkennen. Die Experimentierleuchte entspricht dabei einem leuchtenden Stern, während die Natrium-Fluoreszenzröhre die kühlere Sternatmosphäre darstellt. Das (nicht gerade billige) Material für diesen Versuch ist bei Phywe (Kümmerly und Frey, Bern) erhältlich.

c) Nachweis von Natrium in der Sonnenatmosphäre
Mit einem Taschenspektroskop erblickt man im Tageslicht die auffälligsten Fraunhoferschen Linien. Wir decken nun die untere Spalthälfte des Spektroskopes mit Transparentpapier ab. Mit einer Spektrallampe oder mit einem Bunsenbrenner und etwas Kochsalz erzeugen wir Natriumlicht. Blickt man jetzt durchs Spektroskop, so erkennt man oben das Sonnenspektrum und – bei geeignetem Abstand zur Natrium-Lichtquelle – im unteren Teil die Na-D-Linie. Da sich die Natrium-Emissionslinie im Sonnenspektrum als dunkle Absorptionslinie direkt fortsetzt, ist die Existenz von Natrium in der Sonnenatmosphäre bewiesen.

Am einfachsten geht dieser Versuch, wenn das Taschenspektroskop einen Spiegel besitzt, mit dessen Hilfe ein Vergleichsspektrum eingeblendet werden kann.

Ein grosser Vorteil dieses Experimentes liegt darin, dass es sich auch bei schlechtem Wetter durchführen lässt.

d) Photographie von Sternspektren mit Hilfe eines Objektivprismas
Ein vor ein Teleobjektiv montiertes Prisma ermöglicht es, auf relativ einfache Weise Sternspektren anzufertigen. Wie man einen solchen Objektivspektrographen zusammenbauen kann, ist unter anderem in der Zeitschrift «Sky and Telescope» vom Mai 1983 beschrieben. Weitere nützliche Hinweise liefert ausserdem das Handbuch für Sternfreunde (Hrsg. G. D. Roth, Springer, 1981). Als nicht ganz einfach erweist sich eventuell die Beschaffung eines grösseren Prismas, sofern man es nicht selbst schleifen will oder kann. In Spindler und Hoyer (Generalvertretung für die Schweiz: Wild und Leitz AG, Zürich, Basel, Bern, Lausanne) konnte immerhin eine Firma gefunden werden, die 60°-Prismen bis zu einer Grösse von 60 mm × 60 mm (= Länge × Höhe) und 90°-Prismen (mit einem brechenden Winkel von 45°) bis zu 100 mm × 100 mm anbietet.

Richtet man die brechende Kante des Prismas parallel zum Himmelsäquator, so entsteht auf dem Film ein fadenförmiges, senkrechtes Spektrum. Um Absorptionslinien erkennen zu können, muss dieser Spektralfaden verbreitert werden. Bei sehr hellen Sternen kann man dafür die tägliche Bewegung benutzen. Es genügt in diesem Falle, den Spektrographen fest auf ein Stativ zu montieren und einen hochempfindlichen Film etwa 5–8 Minuten zu belichten. Diese Methode bewährt sich vor allem, wenn man die Aufnahmen zusammen mit Schülern machen will.

Um Spektren schwächerer Sterne zu erhalten, müssen wir unseren Spektrographen auf ein Fernrohr montieren. Liegt die brechende Kante wieder parallel zum Himmelsäquator, so verbreitern wir den in Deklinationsrichtung liegenden Spektralfaden durch Drehen des Stundenfeintriebes. Noch besser ist es natürlich, wenn man die Fernrohrnachführung mit variabler Frequenz betreiben kann. Dann lässt man den Spektralfaden einfach ganz langsam aus der ursprünglichen Position herauslaufen.

e) Auswertung und Klassifizierung von Sternspektren
Die genauere Auswertung von Sternspektren, ihre Klassifikation sowie damit zusammenhängende tiefere Einblicke in die Astrophysik dürften Schülern der oberen Stufe vorbehalten bleiben. Die Aufstellung des Hertzsprung-Russell-Diagrammes wäre hier eine lohnende Aufgabe. In einer der nächsten ORION-Ausgaben soll darüber berichtet werden, wie dieses Thema mit Schülern des Humanistischen Gymnasiums Basel bearbeitet wird.

f) Spektralanalyse in den unsichtbaren Bereichen des elektromagnetischen Spektrums
Es würde hier viel zu weit führen, einzelne Beispiele aufzuzählen. Ich möchte lediglich feststellen, dass es vielleicht ganz gut ist, wenn die Schüler auch etwas über die vielfältigen Untersuchungsmöglichkeiten des Raumfahrtzeitalters erfahren. Beobachtungen im Infrarot-, Ultraviolett-, Röntgen- oder Gamma-Bereich sind ja dank der Raumfahrttechnik möglich geworden. Ein Hinweis auf das 2,4 m-Weltraumteleskop, das 1986 starten soll und unter anderem auch zwei Spektrographen an Bord hat, ist sicher ebenfalls angebracht.

Für unser Thema besonders aufregende Resultate erbringt auch die Radioastronomie. Untersuchungen im Radiowellenbereich weisen bekanntlich auf die Existenz zahlreicher, teils recht komplexer Moleküle in interstellaren Gas- und Staubwolken hin.

g) Direkte Untersuchung ausserirdischer Materie
Neben der Spektralanalyse existiert prinzipiell noch eine zweite Methode zur Erforschung ausserirdischer Materie: die direkte Analyse von Mondgestein und Meteoriten. Dank der amerikanischen Apollo-Flüge steht seit 1969 Mondgestein zur Verfügung. Ein Überblick über die Geschichte des Mondprogrammes sowie einige Angaben über die chemische Zusammensetzung von Mondgestein können für die Schüler von Interesse sein. Bild- und Filmdokumente zu diesem Thema gibt es reichlich.

Für viele verblüffend ist die Feststellung, dass schon vor den ersten Mondlandungen ausserirdisches Material untersucht werden konnte. Die meisten Schüler kennen zwar die Erscheinung der Sternschnuppen, wissen allerdings nichts über deren Ursachen. Von mehr oder weniger grossen Materiestücken, die gelegentlich aus dem Weltraum auf die Erde fallen, haben ebenfalls die wenigsten schon einmal etwas gehört. Um so interessierter sehen sie sich deshalb Bilder von Meteoriten und von Einschlagkratern (z.B. Arizona-Krater) an. Geradezu phantastisch mutet es an, dass man heute dank modernster Analyseverfahren in der Lage ist, die Modelle der Elemententstehung teilweise direkt zu überprüfen. In kohligen Chondriten lassen sich tatsächlich winzige Überreste von Roten Riesen und Supernovae auffinden, ebenso wie Spuren chemischer Vorgänge, die im interstellaren Raum stattfinden.

Die Schüler sind in diesem Zusammenhang immer besonders beeindruckt, wenn sie die Gelegenheit erhalten, einen Meteoriten (vielleicht sogar einen kohligen Chondriten, also ein Stück der ältesten Materie, die wir kennen) selbst einmal in die Hand zu nehmen und aus der Nähe zu betrachten. Sofern man einen Meteoriten erwerben will, kann man sich an Walter Zeitschel (Postfach 2340, D-6450 Hanau 1) wenden. Gerne gibt er jede gewünschte Auskunft und übersendet Interessenten seinen neuesten Katalog mit einer grossen Auswahl an Meteoriten in allen Preislagen.

h) Einführung des Begriffes «Isotop»
Der Begriff «Isotop» muss im Chemie-Unterricht früher oder später einmal erklärt werden. Beim Besprechen der verschiedenen Kernsynthesen im Inneren von Sternen ergibt sich eine gute Gelegenheit, die Isotope einzuführen. Damit ist es möglich, eine grössere Zahl von Fusionsprozessen vorzustellen. Auch das Wasserstoffbrennen können wir mit Hilfe der Isotope einigermassen korrekt darstellen; z.B.:

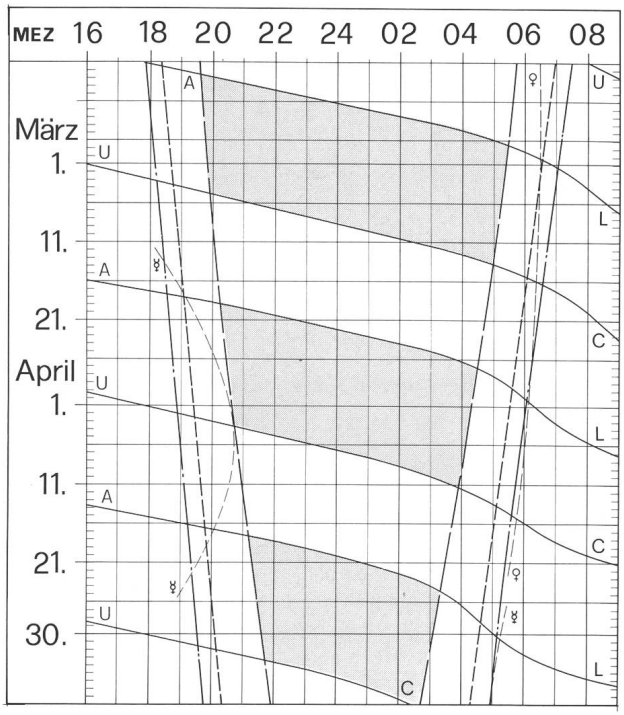
$$2\,{}^{1}H \rightarrow {}^{2}H \text{ (Wasserstoff-Isotop «Deuterium»)}$$
$${}^{2}H + {}^{1}H \rightarrow {}^{3}He \text{ (Helium-Isotop)}$$
$$2\,{}^{3}He \rightarrow {}^{4}He \text{ («normales» Helium)} + 2\,{}^{1}H$$

i) Endstadien der Sternentwicklung
Viele Schüler haben schon irgendwann einmal etwas von unheimlichen Schwarzen Löchern gehört. Sollte die Sprache darauf kommen, kann man das Thema «Sternentwicklung» ruhig umfassender behandeln. Vor allem muss der grosse Einfluss der Masse eines Sternes auf das Modell seines Lebenslaufes betont werden. Von der Masse hängt es schliesslich ab, ob ein Stern als Weisser Zwerg, als Neutronenstern (Pulsar) oder eben als Schwarzes Loch endet.

j) Beobachtungen mit dem blossen Auge, Feldstecher und Fernrohr
Vielleicht wird in einigen Schülern so viel Begeisterung an der Astronomie geweckt, dass sie gerne einmal direkte Beobachtungen am Sternhimmel machen möchten. Meist war noch niemandem aufgefallen, dass gewisse Sterne deutlich Farben erkennen lassen. Man muss also darauf hinweisen und zeigt in diesem Zusammenhang Beispiele von Roten Riesen. Da man Bezug auf das im Klassenzimmer Besprochene nehmen will, sollte das Programm neben Roten Riesen wenn möglich folgende Objekte enthalten: leuchtender Gasnebel, Dunkelwolke, Ringnebel, Crabnebel, Sternhaufen, Galaxie. Auch wenn die im Unterricht projizierten Farbdias solche Objekte eigentlich viel schöner und eindrucksvoller zeigen, ist es für gewisse Schüler doch immer wieder ein ganz besonderes Erlebnis, so etwas mit eigenen Augen direkt zu beobachten.

Adresse des Autors:
Dr. Helmut Kaiser-Mauer, Burgfeldermattweg 27,
CH-4123 Allschwil.

Sonne, Mond und innere Planeten



Soleil, Lune et planètes intérieures

Aus dieser Grafik können Auf- und Untergangszeiten von Sonne, Mond, Merkur und Venus abgelesen werden.

Die Daten am linken Rand gelten für die Zeiten vor Mitternacht. Auf derselben waagrechten Linie ist nach 00 Uhr der Beginn des nächsten Tages aufgezeichnet. Die Zeiten (MEZ) gelten für 47° nördl. Breite und 8°30′ östl. Länge.

Bei Beginn der bürgerlichen Dämmerung am Abend sind erst die hellsten Sterne — bestenfalls bis etwa 2. Grösse — von blossem Auge sichtbar. Nur zwischen Ende und Beginn der astronomischen Dämmerung wird der Himmel von der Sonne nicht mehr aufgehellt.

Les heures du lever et du coucher du soleil, de la lune, de Mercure et de Vénus peuvent être lues directement du graphique.

Les dates indiquées au bord gauche sont valables pour les heures avant minuit. Sur la même ligne horizontale est indiqué, après minuit, le début du prochain jour. Les heures indiquées (HEC) sont valables pour 47° de latitude nord et 8°30′ de longitude est.

Au début du crépuscule civil, le soir, les premières étoiles claires — dans le meilleur des cas jusqu'à la magnitude 2 — sont visibles à l'œil nu. C'est seulement entre le début et la fin du crépuscule astronomique que le ciel n'est plus éclairé par le soleil.

Sonnenaufgang und Sonnenuntergang
Lever et coucher du soleil
Bürgerliche Dämmerung (Sonnenhöhe —6°)
Crépuscule civil (hauteur du soleil —6°)
Astronomische Dämmerung (Sonnenhöhe —18°)
Crépuscule astronomique (hauteur du soleil —18°)

A L Mondaufgang / Lever de la lune
U C Monduntergang / Coucher de la lune

Kein Mondschein, Himmel vollständig dunkel
Pas de clair de lune, ciel totalement sombre

Die Taukappe

H. G. ZIEGLER

In der Literatur wird man vergeblich nach Hinweisen und Angaben über die Taukappe suchen. Ein Grund dafür mag sein, dass sie ein so einfaches Element zu sein scheint, worüber zu schreiben sich nicht lohnt. Auch scheint sie in innovativer Hinsicht wenig interessant, denn was lässt sich schon an ihr verbessern? Mit diesem Beitrag möchte ich dreierlei zeigen:

- dass es sich durchaus lohnt, selbst den einfachsten Dingen auf den Grund zu gehen,
- dass die Taukappe in ihrer üblichen Ausführung ein wenig geeignetes Element ist um ein Betauen der Objektivoberflächen zu verhindern und es dafür bessere Lösungen gibt,
- dass man auf solche neue Lösungen kaum durch Pröbeln stösst, sondern nur, wenn man dem theoretischen Hintergrund und den Gesetzmässigkeiten nachgeht. Dabei zeigt sich sehr oft, dass gerade die einfachsten Dinge gar nicht so einfach sind.

Bevor wir der Physik der Taukappe nachgehen, wollen wir, noch unbelastet von aller Theorie, die Frage stellen, wie die Taukappe wirken könnte? Ich gebe hier einige Ansichten wieder, auf die man stösst:

- Die Taukappe verhindert den Zutritt feuchter Luft zum Objektiv.
- Man muss kurz vor der Beobachtung die Taukappe mit gut getrocknetem Fliesspapier ausschlagen. Dieses saugt die Feuchtigkeit auf, die sich sonst als Tau niederschlagen würde.
- Sie schützt das Objektiv vor der kalten Luft, die den Tauniederschlag auslöst.
- Die Taukappe ist ein Schutz gegen Staub, der auf der Objektivoberfläche Kondensationskeime für den Tauniederschlag liefert.

Ob die Taukappe wirklich so wirkt, sollen die folgenden Überlegungen zeigen:

Wie kommt es zur Kondensation und zum Tauniederschlag? Wenn wir den Gesetzen der feuchten Luft nachgehen, dann genügt es vorerst nur die beiden Grössen Temperatur T und Druck p zu betrachten. Die Temperatur ist eine jedermann geläufige Grösse, doch wie steht es mit dem Druck? Der französische Physiker DALTON hat zu Anfang des 19. Jahrhunderts für ein Gasgemisch das nach ihm benannte Gesetz aufgestellt, dass der Druck p gleich der Summe der sogenannten *Partialdrücke* der Komponenten ist. Luft ist ein Gemisch aus den Gasen Stickstoff (N), Sauerstoff (O) und einer variablen Menge Wasserdampf. Da in der Meteorologie der Druck auch mit Barometerstand b bezeichnet wird, ergibt sich die einfache Formel:

$$b = p_N + p_O + p_{H20}$$

In der Meteorologie werden Drücke in der Regel in Millibar (mbar) angegeben. Um sich ein Bild von diesen Partialdrücken zu machen, gebe ich die Werte für den Zeitpunkt an, da diese Zeilen geschrieben wurden: der Barometerstand betrug 732,5 mm QS = 976,6 mbar[1]) und dabei waren die Partialdrücke p_N = 737,8, p_O = 226,5 und p_{H20} = 12,4 mbar.

DALTON hat noch eine weitere Aussage gemacht: bei Zustandsänderungen in einem Gasgemisch kann man formal jede Komponente für sich isoliert behandeln. Wir brauchen daher im weiteren nur den uns interessierenden Wasserdampf betrachten. Der jeweilige Wasserdampf-Partialdruck p_{H20} ist bereits das primäre Mass für die *absolute Feuchte.* Daher wird in der Meteorologie die absolute Feuchte in *mbar* angegeben. Wenn wir uns einmal damit vertraut gemacht haben, dass die Feuchte ein Druck ist, dann werden viele Erscheinungen leicht durchschaubar: z.B., dass in einem Zimmer mit Luftbefeuchter p_{H20} ansteigen muss und dieser höhere Innendruck sich durch undichte Fenster und Türen auszugleichen versucht oder, dass innerhalb der Taukappe der gleiche Partialdruck und damit die gleiche Feuchte herrschen muss wie in der Umgebung, da sie ja ein vorne offenes Rohr ist. Auch ein gut getrocknetes Fliesspapier ändert an diesem Sachverhalt nicht das Geringste, denn durch den sehr grossen Zuströmquerschnitt kann die geringe Wassermenge, die das Fliesspapier aufzunehmen vermag, keinen gegenüber der Umgebung niedrigeren Partialdruck aufrechterhalten. Daraus ergibt sich die wichtige Folgerung:

Die Taukappe hat keinen Einfluss auf die Feuchte, wie auch immer man sie ausführen mag!

Die Kondensation und die Verdampfung sind druck-temperaturabhängige Vorgänge, die im pT-Diagramm der Abb. 1 dargestellt sind. In diesem Diagramm gibt die *Sättigungskurve* den Zusammenhang zwischen der *Sättigungstemperatur* T_S und dem *Sättigungsdruck* p_S wieder. In der Meteorologie ist es üblich die Sättigungstemperatur mit *Taupunkttemperatur* oder kurz mit *Taupunkt* τ zu bezeichnen. Die Kurve ist so zu interpretieren: bei einer Temperatur T_X kann nur solange Wasser verdampfen, bis sich der Sättigungsdruck p_S eingestellt hat. Die Sättigungskurve begrenzt demnach den möglichen pT-Zustandsbereich des Wasserdampfes. Oder noch anders ausgedrückt: im ganzen Bereich rechts von der Sättigungskurve sind beliebige Zustandspunkte, z.B. der Punkt X mit 20° und 16 mbar, möglich. Kühlt man den Wasserdampf bei konstantem Druck (isobar) ab, dann bewegt man sich auf einer horizontalen Linie bis zum Taupunkt τ = 14°. Kühlt man weiter ab, dann muss der Partialdruck entlang der Sättigungskurve absinken und es scheidet sich Wasser, meist in Form von Nebel aus. In jedem Punkt der Sätti-

[1]) Wenn man am Barometer den Druck in mm Quecksilbersäule abliest, dann erhält man den Druck in mbar durch Multiplikation mit 1,333.

gungskurve ist die *relative Feuchte* RF = 100%. Die relative Feuchte ist durch das Druckverhältnis p_X / p_S definiert und daher in jedem anderen Zustandspunkt rechts von der Sättigungskurve kleiner als 100%. Da p_S eine temperaturabhängige Grösse ist, ist auch die relative Feuchte eine temperaturabhängige Grösse. Erwärmt sich in einem Raum die Luft, dann verändert sich die absolute Feuchte nicht, die relative Feuchte wird jedoch entsprechend kleiner. Für den Alltagsgebrauch sollte man sich folgende einfache Regel merken: bei gesättigtem Wasserdampf kondensiert mehr Wasser und der Nebel wird dichter, wenn T↓ oder p↑, bzw. ein Teil des ausgeschiedenen Wassers geht wieder in die dampfförmige Phase über und der Nebel lichtet sich, wenn T↑ oder p↓. Wir wollen noch erwähnen, dass bei stabilen Wetterverhältnissen die Zustandsänderungen in der Regel *isobar* (p = konst.) verlaufen und man es nur mit Temperaturänderungen zu tun hat.

Bringt man einen Gegenstand in die uns umgebende Atmosphäre, dann ändern sich dadurch die Partialdruck-Verhältnisse nicht. Wenn der Gegenstand kälter als die Umgebungsluft und der Wasserdampf ist, dann wird sich im Nahbereich seiner Oberfläche der Wasserdampf solange abkühlen, bis der Taupunkt erreicht ist. In diesem Moment wird sich auf seiner Oberfläche ein Tauniederschlag bilden. Dies ist ein reines Oberflächenphänomen, das zu beschreiben den Rahmen dieses Beitrages überschreiten würde. Für uns ist nur wichtig, dass dies am Partialdruck in der Umgebung nichts ändert,

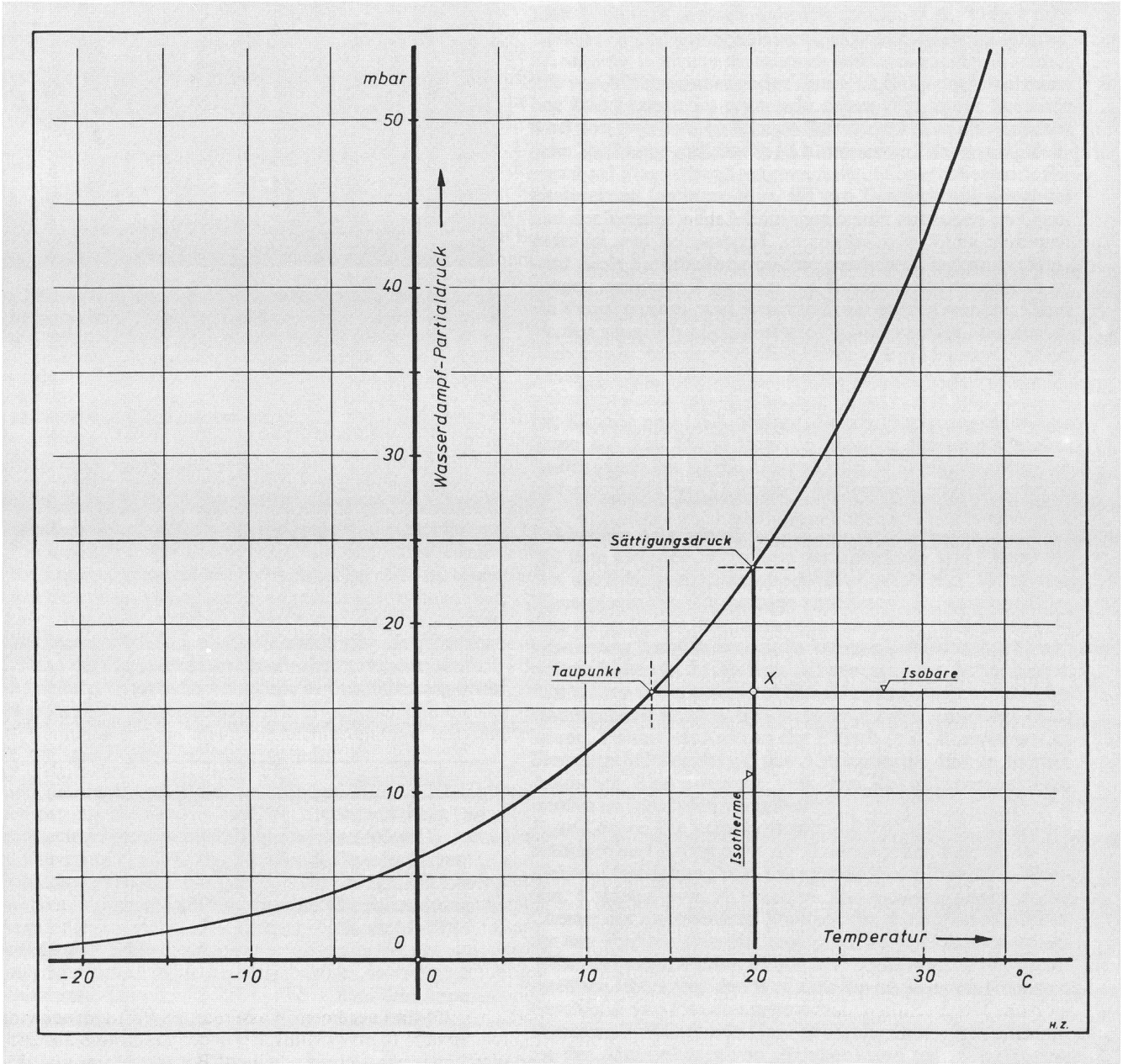


Abb. 1: pT-Diagramm des Wasserdampfes mit Sättigungskurve. Die Sättigungskurve begrenzt den Zustandsbereich des Wasserdampfes. Während im Feld rechts von der Kurve beliebige Zustände (p_X, T_X) möglich sind, sind bei Sättigung nur noch Zustandsänderungen längs der Kurve möglich. Der Siedepunkt des Wassers bei Atmosphärendruck ist ebenfalls ein Punkt dieser Kurve.

denn alle meteorologischen Zustandsänderungen spielen sich in ausserordentlich grossen Räumen ab, so dass die auf ein paar cm² Objektivoberfläche niedergeschlagene Wassermenge keinen Einfluss auf die Zustandsgrössen der Umgebung hat. Für unser Taukappenproblem kommen wir zu den beiden weiteren wichtigen Folgerungen:

- *Wenn sich auf der Objektivoberfläche Tau niederschlägt, dann ist dies auf eine Abkühlung der Oberfläche unter den Taupunkt zurückzuführen.*
- *Die Abkühlung kann nur durch Abstrahlung der im Glas gespeicherten Wärme erfolgen, da die Temperatur der Umgebungsluft über dem Taupunkt liegt.*

Wäre dem nicht so, dann würde uns ja Nebel umgeben und kein Beobachter würde sein Fernrohr gegen den Himmel richten. Auch die *Kondensationskeim-Hypothese* hat keine praktische Tragfähigkeit, denn selbst wenn man eine Objektivoberfläche, mit den einem Amateur zugänglichen Mitteln, ausserordentlich gut reinigt, sind immer noch genügend viele Kondensationskeime vorhanden, um einen Tauniederschlag auszulösen.

Damit scheiden alle eingangs erwähnten Erklärungsversuche für die Taukappe aus. Wir müssen uns daher den Abstrahlungserscheinungen zuwenden und sehen, wie diese Vorgänge ablaufen.

In einem Glaswürfel von 1 cm³ sind pro 1 Grad 1,66 Joule Wärme gespeichert. Bei einer Abkühlung um 1 Grad werden demnach auch 1,66 Joule gegen den Nachthimmel abgestrahlt. Von welchen Faktoren wird diese Abstrahlung bestimmt und welche Rolle spielt dabei die Taukappe? Grundsätzlich strahlt jeder Körper mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt Wärme in den ihn umgebenden Raum ab, empfängt aber in der Regel auch Wärmestrahlung von anderen Körpern und der Umgebung. Denken wir uns vorerst das Objektiv ohne Taukappe, dann ist die pro cm² abgestrahlte *spezifische Leistung* (in Watt/cm²) von der Temperatur der Oberfläche, ihren *Emissionseigenschaften,* dem Abstrahlungswinkel und dem *Raumwinkel,* in den abgestrahlt wird, abhängig. Für unser Objekt ist der Temperaturbereich zwischen etwa 5 und 25° von Interesse und diesen Temperaturen entsprechen Absoluttemperaturen von 278–298 K[2]).

Ein idealer *schwarzer Strahler* würde in diesem Temperaturintervall die maximale Energie bei einer Wellenlänge von ca. 1/100 mm abstrahlen *(Wiensches Gesetz).* Glas, das im optischen Wellenlängenbereich durchsichtig ist, ist bei diesen Wellenlängen undurchsichtig und schwarz und daher ein ausgezeichneter Wärmestrahler. Mit einer Emissionszahl von 0,93 kommt es dem idealen schwarzen Strahler sehr nahe. Eine noch etwas höhere Emissionszahl haben Wasser und Eis und damit auch Tau- und Reifschichten (0,96–0,97), während die Emissionszahlen aluminisierter Spiegel und von Aluminiumfolie unter 0,03 liegen.

Für unsere Betrachtungen ist neben diesen Materialeigenschaften noch der Raumwinkel Ω von Bedeutung. Eine dem Nachthimmel zugekehrte Fläche wird die Wärme nach einer gewissen Gesetzmässigkeit in den Halbkugelraum abstrahlen, genau so wie eine Lampe das Licht nach allen Seiten abstrahlt. Der Halbkugel entspricht ein Raumwinkel von 2π. Aus der Abb. 2 ist ersichtlich, dass die Taukappe die Abstrahlung auf einen Kegel mit dem Öffnungswinkel α begrenzt.

[2]) Bei allen Strahlungsberechnungen ist mit *Grad-Kelvin* (K) = °C + 273 zu rechnen.

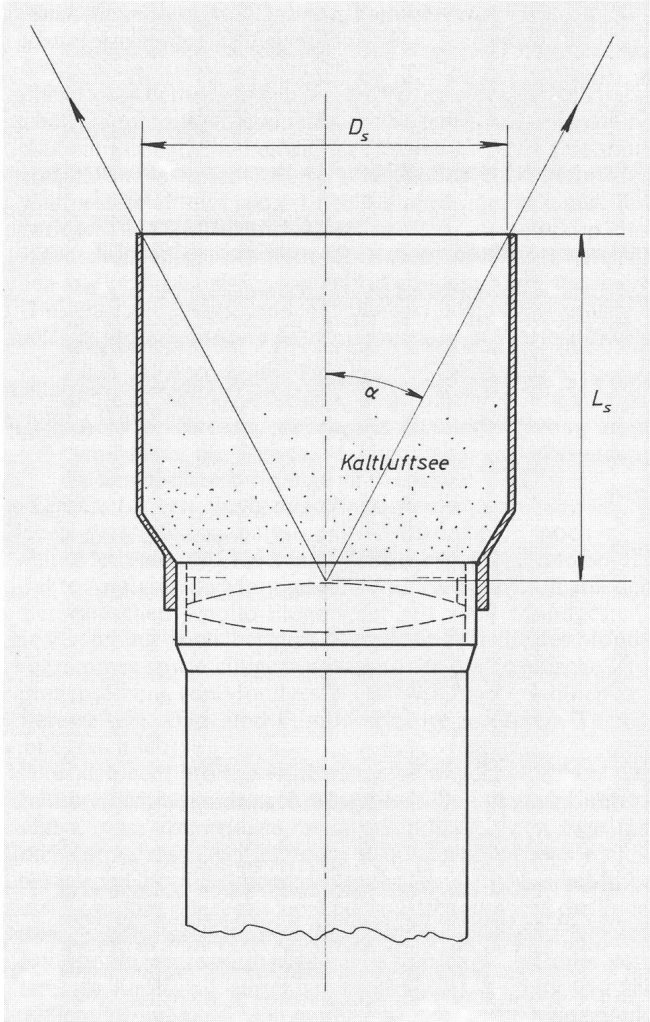


Abb. 2: Konventionell ausgeführte Taukappe. Das zu kleine L_S/D_S-Verhältnis gibt einen grossen Raumwinkel frei, in den die Objektivoberfläche die gespeicherte Wärme abstrahlen kann und die Becherform führt zu einem gut isolierenden Kaltluftsee in der Taukappe, der einen Wärmeaustausch mit der wärmeren Umgebungsluft unterbindet.

Der Raumwinkel eines Kegels mit dem Öffnungswinkel α ist: $\Omega = 2\pi \cdot (1 - \cos \alpha)$. Wir wollen nun sehen, wie gross tatsächlich die pro cm² in den Halbkugelraum ausgestrahlte Wärmeleistung ist. Dabei ist zu beachten, dass einem solchen Flächenelement auch aus der Umgebung Wärme zugestrahlt wird. Der Hauptanteil der zugestrahlten Wärme stammt vom Wasserdampf der erdnahen Luftschichten und ist vom uns bereits bekannten Wasserdampf-Partialdruck abhängig. Die netto abgestrahlte Wärmeleistung wurde von verschiedenen Autoren experimentell und theoretisch untersucht, so dass dafür Berechnungsunterlagen vorliegen (siehe Literaturhinweise). Hier soll nur das Ergebnis gebracht werden: 1 cm² Glasfläche strahlt bei klarem Nachthimmel im Temperaturbereich 5–25° und bei einem Wasserdampf-Partialdruck von 15 mbar etwa 5–10 mW (Milliwatt) in den Halbraum ab. Dieser Wert mag sehr klein erscheinen! Berücksichtigt man jedoch, dass in 1 cm³ Glas nur 1,66 Joule Wärme pro Grad gespeichert sind, dann sieht man, dass sich so ein Glaswürfel in der Minute um ca. 0,15–0,3° abkühlt. An einem etwas kriti-

schen Beobachtungsabend haben sich unsere Frontlinse oder gar Schmidt-Platte spätestens nach einer halben Stunde auf den Taupunkt abgekühlt!

Der Taukappe liegt die Idee zugrunde, die Abstrahlung der Glasfläche herabzusetzen. Untersucht man eine konventionell ausgeführte Taukappe auf ihre Wirksamkeit, dann genügt es nicht allein darauf zu sehen, in welchem Masse sie den Raumwinkel begrenzt, man muss auch die Winkelverteilung der Strahlung berücksichtigen. Eine Glasfläche strahlt in guter Annäherung an das *Lambertsche Gesetz* die meiste Energie senkrecht zur Fläche, also gegen den Zenit ab[3]). Mit zunehmendem Abstrahlwinkel, also in Richtung Horizont, wird die abgestrahlte Energie immer kleiner. Gerade umgekehrt ist die Intensitätsverteilung der vom Wasserdampf zugestrahlten Energie. Im Zenit ist die Gegenstrahlung klein und gegen den Horizont nimmt sie sehr stark zu. Man sieht, dass die Taukappe gerade in Richtung Horizont und niedrigen Höhen abschirmend wirkt, also in jenem Raumwinkelgebiet, in dem die Nettoabstrahlung ohnehin bedeutungslos ist. Ihr Wirkungsgrad ist daher sehr bescheiden. Dazu kommt ein weiterer, kaum beachteter Nachteil: Der Form nach ist die Taukappe ein gegen den Himmel gerichteter «Becher». Wenn sich die Glasfläche und die Innenwände der Taukappe abkühlen, wird sich auch die Luft abkühlen. Da diese schwerer als die wärmere Umgebungsluft ist, wird sie in der Taukappe absinken und einen «Kaltluftsee» bilden. Auf die Abstrahlung hat diese Kaltluft keinen Einfluss. Sie ist jedoch ein ausgezeichneter Wärmeisolator, der einen Wärmeaustausch der kalten Flächen mit der wärmeren Umgebungsluft unterbindet. Die konventionelle Taukappe nützt das Wärmepotential der Umgebungsluft in keiner Weise aus. Man kommt daher zum Schluss: die Taukappe ist ein wenig taugliches Element, um eine Taubildung zu verhindern! Wir wollen uns nun überlegen, welche Möglichkeiten wir überhaupt haben, um die Abkühlung unserer Frontflächen aus Glas wirkungsvoll herabzusetzen? Es sind dies:

- *eine Beeinflussung der Emissionseigenschaften*
- *ein optimal ausgeführter Strahlungsschirm*
- *eine Kompensation der Abstrahlung durch eine künstlich erzeugte Gegenstrahlung (Taukappenheizung).*

Die Beeinflussung der Emissionseigenschaften

Es dürfte bekannt sein, dass man auf Glasflächen Schichten und Belege aufdampfen kann, mit denen sich die optischen Eigenschaften auf mannigfache Weise beeinflussen lassen. Erwähnt seien: Spiegelschichten, Antireflexbelege und Interferenzschichten. Auf die gleiche Weise und mit demselben Verfahren lassen sich Schichten aufdampfen, die die Emissionszahl im Wärmestrahlenbereich von 0,93 auf Werte unter 0,1 herabsetzen. Solche Belege sind keineswegs neu. Sie werden schon lange in Beleuchtungsteilen optischer Geräte eingesetzt, um die unerwünschte Wärmestrahlung der Lichtquellen auszufiltern. Das Aufdampfen solcher Schichten kostet selbstverständlich Geld. Es wäre jedoch durchaus denkbar, dass man z.B. die Frontflächen von Schmidt-Platten mit einer solchen Schicht bedampft. Wir wollen jedoch sehen, ob wir nicht billiger zum Ziel kommen?

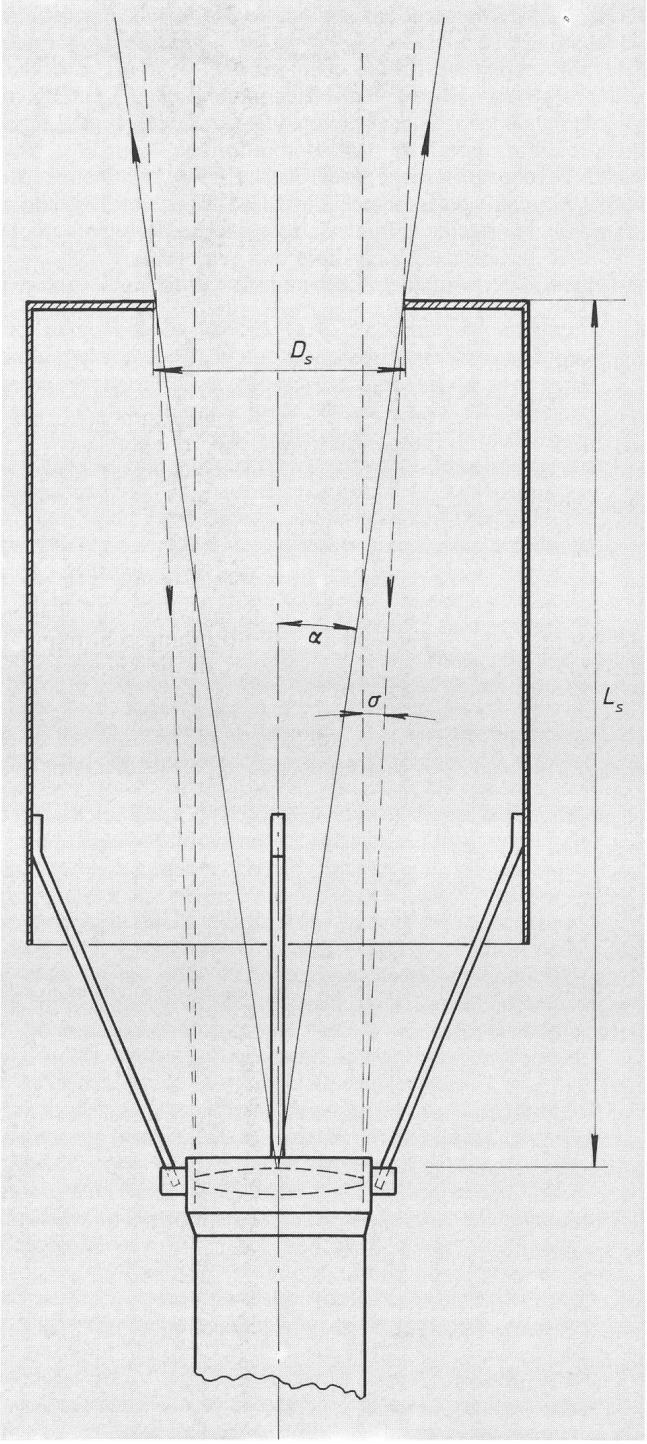


Abb. 3: Als Strahlungsschirm ausgebildete Taukappe. Das grosse L_S/D_S-Verhältnis gibt einen kleinen abstrahlenden Raumwinkel frei und über die offenen Zirkulationswege kann die über dem Taupunkt liegende Umgebungsluft alle Flächen gut umspülen.

Der Strahlungsschirm

Für einen optimal ausgeführten Strahlungsschirm lassen sich einige einfache Kriterien angeben:

1. Da die Abstrahlung in Richtung Sehstrahl und Zenit am

[3]) Es wird immer das Rohr in Zenitlage angenommen. Sie ist bezüglich Abstrahlung am ungünstigsten und zudem eine bevorzugte Beobachtungslage.

grössten ist, darf die Öffnung D_S der Blende nur gerade so gross sein wie das optische Strahlenbündel.

2. Für die Anordnung des Strahlungsschirmes vor dem Objektiv gibt es eine optimale Entfernung L_S, die etwa zwischen $4 \cdot D_S$ bis $6 \cdot D_S$ liegt.
3. Um eine indirekte Abstrahlung zu vermeiden, dürfen sich die dem Objektiv zugekehrten Flächen nicht unter die Umgebungstemperatur abkühlen.
4. Das Objektiv und die Objektivfassung müssen von der Umgebungsluft gut umspült sein und die Objektivfassung sollte keinen hohen Rand haben, damit die Kaltluft abfliessen kann (Kaltluftsee!)

Ein sehr einfacher und nach diesen Kriterien gebauter Strahlungsschirm würde wie ein sehr grosser Sonnenprojektionsschirm aussehen. In der Mitte hätte er eine Öffnung, die gerade nur das optische Strahlenbündel durchlässt, hergestellt wäre er aus Wellkarton oder einer nicht zu dicken Styropor-Platte, auf der dem Himmel zugekehrten Seite ist er mit Aluminiumfolie belegt und auf der Rückseite schwarz angestrichen. Gehalten wird er mit einigen Stäben oder Holzleisten, die mit dem Rohr verbunden sind. Hinter dem Strahlungsschirm ist der Raum offen und frei, so dass die warme Umgebungsluft alle Flächen gut umspülen kann. Ich erwähne noch, dass es wenig sinnvoll ist, den Strahlungsschirm mehr als $6 \cdot D_S$ vor dem Objektiv anzuordnen, da die Raumwinkelreduktion nur noch gering ist und die ganze Anordnung unnötig gross wird.

Eine andere Anordnung ist in der Abb. 3 gezeigt. Für diese Anordnung wäre die Bezeichnung Taukappe wieder angebracht. Die Frontfläche mit der Blendenöffnung ist mit Seitenwänden umgeben, die nicht bis auf die Höhe des Objektives heruntergezogen sind, da in Horizontrichtung ohnehin keine Wärme abgestrahlt wird. Die Seitenwände können wie ein Rohr oder auch rechteckig wie eine Kartonschachtel ausgeführt werden. Im Durchmesser sollte dieses Gebilde etwa doppelt so gross wie das Objektiv sein, damit zwischen Fernrohr und Schirmwänden die Luft frei und ungehindert zirkulieren kann. Auch bei dieser Ausführung wird man die Aussenflächen zweckmässig mit Alufolie belegen.

Man sieht, dass solche Strahlungsschirme eine ganz beachtliche Grösse besitzen. Trotzdem lassen sie sich sehr leicht bauen, so dass sie das Instrument nicht nennenswert belasten. Ein Nachteil soll nicht verschwiegen werden: Ein richtig ausgeführter Schirm bietet auch dem Wind grosse Angriffflächen. Bei einer wackeligen und ungenügend steifen Montierung können sich dadurch schon Probleme ergeben.

Die Abstrahlungs-Kompensation

Untersucht man die netto abgestrahlte Energie in Funktion des Zenitwinkels, dann findet man, dass der Hauptanteil in einem gar nicht so grossen Winkelbereich um den Zenit abgestrahlt wird. Der übrige Raumwinkelbereich und erst recht die horizontnahen Zonen tragen zur Abstrahlung nur wenig oder überhaupt nicht bei. Eine Konsequenz davon ist, dass man bei optischen Systemen mit grossem Aperturwinkel σ mit einem Strahlungsschirm ein Betauen der Frontflächen nicht verhindern kann. Die durch die Optik vorgegebene Blendenöffnung gibt einen genügend grossen Raumwinkel für die Abstrahlung frei. In diesem Fall bleibt einem nichts anderes übrig, als der sich abkühlenden Fläche künstlich Wärme zuzuführen. Wie man das macht, soll in einem späteren Beitrag behandelt werden.

Literatur:

- R. Sloan et al., «Thermal Radiation from the Sky», Jour. of the Opt. Soc. of Am., Vol. 46 (1956) P. 543.
- E. E. Bell et al., «Spectral Radiance of the Sky and Terrain at Wavelength 1–20 Microns» Jour. of the Opt. Soc. of Am., Vol. 50 (1960) P. 1313.
- H. E. Bennet et al., «Distribution of Infrared Radiation over a clear Sky», Jour. of the Opt. Soc. of Am., Vol. 50 (1960) P. 100.
- H. Philipps, «Zur Theorie der Wärmestrahlung» Gerl. Beitr. z. Geophysik, 56 (1940), Bad Homburg.

Adresse des Verfassers:

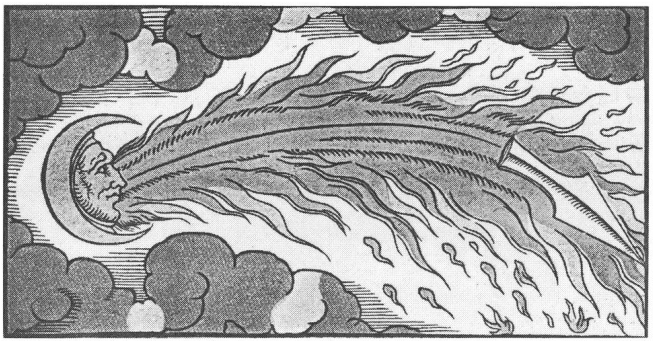
H. G. Ziegler, Ringstrasse 1a, CH-5415 Nussbaumen.

Der Meteorstein von Walkringen

W. LÜTHI

In den Jahren 1694 bis 1714 entfaltete Marquard Wild als Sekretär der Bibliothekskommission und dann als Bibliothekar der Stadt Bern eine rege Tätigkeit. Auf seine Bemühungen sind der Aufschwung der Bibliothek um die Jahrhundertwende sowie die Anlage von Spezialsammlungen zurückzuführen. In jenen Jahren kamen, wie das von ihm angelegte Donatorenbuch bezeugt, von allen Seiten Geschenke hergeflogen: Bücher, Gemälde, Münzen, Medaillen, Antiquitäten, Naturseltenheiten, für die ein eigenes Cabinet eingerichtet wurde.

Diese Art von Sammlertätigkeit wurde aber nicht von allen Leuten geschätzt. Ein Nachfolger Marquard Wilds, der Bibliothekar Sinner (1749–1776), schreibt in seiner Geschichte der Bibliothek über diese Periode[1]):



Darstellung einer vor dem Mond vorbeischiessenden Feuerkugel, gesehen zu Salon und St. Chamas am 1. Februar 1554.

«Die Büchersammlung vermehrte sich durch viele andere Schenkungen, welche zu gering sind hier gemeldet zu werden. Die Dankbarkeit gegen alle Guttäter derselben hat vielleicht in Annehmung vieler geringschätziger Bücher die Schranken einer vernünftigen Kritik überschritten, welche nicht alle eitlen Geburten der Presse einen Platz auf öffentlichen Bibliotheken einräumen sollte. Die gleiche Gefälligkeit hat auch unser Cabinet mit schlechten Sachen angefüllt. Ich erinnere dieses, derjenigen Personen Kritik zu geben, die sich sowohl über die schlechte Wahl unserer Büchersammlung, als über die oft geringen Kuriositäten unseres Musei verwundern.»

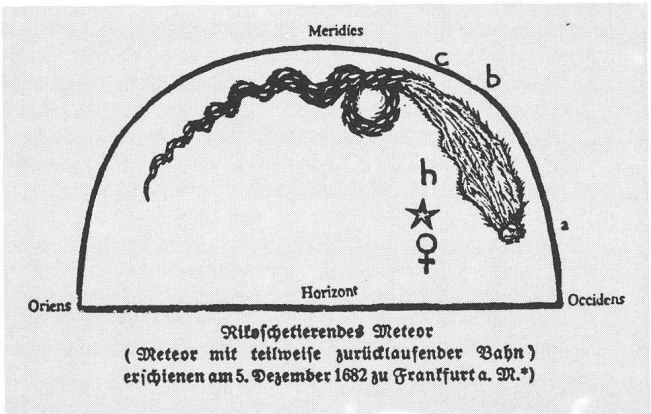
Im Jahre 1776 äussert sich Sinner sogar: *«Es wäre zu wünschen, dass viele nichtswürdige sogenannte Kuriositäten aus diesem Cabinet, wo sie wenig Ehre machen, eliminiert würden.»*

Marquard Wild musste, nachdem er das Amt eines Bibliothekars mit einem anderen vertauscht hatte, wahrnehmen, dass manches von dem Gesammelten, namentlich im Medaillen-Cabinet, abhanden gekommen war. Seinem Verdruss darüber gibt er Ausdruck in einem Brief vom 4. September 1720 an Venner Johann Anton Tillier. Wir vernehmen aus diesem Schreiben, dass er vor dem Jahre 1714 mit Hilfe des Unterbibliothekars *«ein doppeltes Repertorium oder Inventarium von der gantzen Bibliothek Propietet (exceptis Libris) gantz genauw und exact circumsecribirt, sonderlich das Medailles halb»* hatte anfertigen lassen, das eine Doppel zu Handen der Seckelschreiberei, das andere zu Handen des Schulrates.

Beide Doppel dieses Inventars Marquard Wilds scheinen verloren gegangen zu sein; wenigstens sind sie weder auf dem Staatsarchiv noch auf der Stadtbibliothek aufbewahrt. Glücklicherweise besitzt die Burgerbibliothek von Bern eine teilweise Kopie dieses Inventars[2]). Sie wurde von Sigmund Wagner im November 1816 angefertigt. Wagner klagt im Vorwort zu seinem Verzeichnis: *«Von den Gegenständen fehlen heüt zu Tag (1816) mehrere... Auch von den Antiquitäten ist manches abhanden gekommen; wie es scheint, hauptsächlich zu der Zeit, als die Bücher und übrigen Sachen aus der alten Bibliothek in das neue Lokal waren transportiert worden. Aus Unkenntnis ward wahrscheinlich Einiges, das Uebrig vielleicht, um es selber zu besitzen, entfernt. Auch hat H. Professor Zeender, zur Zeit als er Unter-Bibliothekar war, eint und anderes nach Hause genommen.»* Unter vielen anderen Dingen finden wir in seinem Verzeichnis unter der Rubrik Minerale, Metalle und Muscheln:

«Lapis Fulminaris oder Wolkenstein, in vico Walkringen, die 18 Mai 1698, inter tonitrua maximo cum fragore ac strepitu coelo delapsus.» Das heisst auf Deutsch: Strahl (Blitz) – oder Wolkenstein im Dorf Walkringen, am 18. Mai 1698, unter Donner mit grösstem Krach und Getöse vom Himmel heruntergefallen.

Diesen nicht mehr vorhandenen Stein sah der berühmte Zürcher Naturforscher Johann Jakob Scheuchzer, als er 1705 die Sammlung der Berner Stadtbibliothek besuchte[1]). Zum Andenken an diesen Besuch verehrte am 2. Februar 1705 der wohlgelehrte Herr Joh. Jac. Scheuchzer, Medicinae Doctor von Zürich der Bibliothek mehrere Bücher und Münzen sowie «75 unterschiedliches species allerhand curioser Naturalien von Mineralien und Petrificatis». Als Beitrag für seine Wochenschrift erhielt Scheuchzer den Bericht, den der Pfarrer von Walkringen, Johann Jakob Dünki, über die Er-



Meteor mit teilweise zurücklaufender Bahn, erschienen am 5. Dezember 1682 zu Frankfurt a.M.

scheinung und den Fall des Meteorsteins verfasst hatte. Pfarrer Dünki, der 1703 von Walkringen nach Münsingen gezogen war, hatte nämlich den Stein der Bibliothek und dazu den erwähnten Bericht verehrt. Die Nachricht von dem Meteorstein von Walkringen verdankt man dem Wiederabdruck dieses Berichtes, der am 12. Mai 1706 in Scheuchzers Wochen-

schrift erschien[1]). Es heisst hier unter anderem im Kapitel *«Von den Strahl-Steinen»:*

«Dienstag, den 18. Mai. 1698. hat man bey heiterem Himmel an unterschiedlichen und vilen Ohrten ein überauß starkes schiessen im Luft gehört: Der Schüssen waren fünfe / und hatte ein jeder seinen Nachklapf / welcher nicht minder stark / als der Hauptklapf. Neben disen Schüssen hörte man an etlichen Ohrten eine grosse decharge von vilen 1000. Musqueten und heftiges Trommen; welches alles an obbemeldten Tagen auf den Abend zwischen 7. und 8. Uhren ist gehört worden.

Zu eben diser Zeit ist in der Gmeind Waltringen dem Gericht Haßle / zu hinder Schwendi / an dem höchsten Ohrt der bedeuteten Gmeind / ein grosser und schwerer Stein auß dem Luft auf einen Acker herunter gefallen / welchen Stein des Hans Blindibachers Magd / die unter einem Baum etwann 30. Schritt von dem Ohrt stehend fallen gesehen / welcher Stein nach ihrer Aussag ein Räuchlein erweket / als er zur Erden nidergefallen. Unweit von dieser Magd / etwann 6. oder 8. Schritt / stuhnden 2. Mannspersonen in einem Garten / welche als sie gefragt wurden / ob sie disen Stein auch eintweders gehört / oder haben ihn hernider fallen gesehen / welche darüber hin geantwortet / daß sie zwar den Stein nicht haben sehen hernider fallen / wie die Magd / so ausser dem Garten gestanden / aber das können sie im Grund der Wahrheit sagen / daß sie nach den Schüssen ein Rauschen in dem Luft gehört / nicht anderst / als wann sich ein Vogel einsmahls in dem Luft schwinge.

Als nun dise beyde Mannspersonen / wie auch die bedeutete Magd / welche nach ihres Meisters Aussag still und wahrhaft / dise Schüsse mit grosser bestürtzung als ob ihrem Haupt gehört / und dessentwegen in einen nicht geringen Schrecken gerahten / sind sie samtlich heim in ihr Hauß geloffen / und habend mit einandern von diser Sach geredet / da dann die Magd bezeuget / daß sie nicht nur die Schüsse gehört / sondern auch etwas gesehen auß dem Luft auf den Akker niderfallen. Als sie nun solches der Magd nicht glauben wolten / sind sie mondrigen Tags mit der Magd an das Ohrt gangen / da sie gesagt / daß sie etwas habe sehen niederfallen / als sie an solches Ohrt kommen / da funden sie anders nichts als eine Grube in dem Herd / etwann eines Gmünds hoch / (da aber wol zu wissen / daß an dem Ohrt nicht mehr als einer guten Hand hoch Erdrich / darunter aber harte Stein) in der Gruben aber funden sie gar nichts. Da sie sich aber weiters umsahen / um zusehen / was noch anzutreffen seye / da funden sie an dem Reinlein dises Ackers etwann 8. Schritt von der Grube einen schwarzen Stein / deßgleichen kein anderer nicht zusehen ware; woüberhin sie vestiglich glaubten / daß derselbe auß dem Luft heruntergefallen sey: welchen Stein sie dem Predicanten des Ohrts / Herren Jacob Dünki / so nun Pfarrer ist zu Münsingen / überbracht / welcher ihne hernach auf die Bibliothec zu Bern nebst bisher erzehlten attestat verehrt.»

Im Eherodel der Pfarrgemeinde Langnau ist eine kurze Notiz des damaligen Pfarrers zu finden: 18. Mai 1697 (1698?): *Ob dem Mond ein feuriger Striemen, eines Dünckels lang, dann 3 Kläpfe à la Stückschüsse und dann ein Getöse, als wan man mit vilen musqueten hätte zusammen geschossen und darzu getrummet. Abends 8 Uhr.*

Leider weiss heute niemand mehr, wo sich der Wolkenstein von Walkringen befindet; es scheint auch nicht möglich zu sein, den Grund des Verlustes mit Sicherheit angeben zu können.

Der erste, der über den Verlust des Steines berichtet, ist der Physiker F. Chladni, der um 1820 in Bern mit eifriger Unterstützung des damaligen Vorstehers der Bibliothek und des naturhistorischen Museums vergeblich nach dem Naturstein forscht.

Von seinem Misserfolg bei der Suche nach dem Meteorstein von Walkringen berichtet Chladni in seinem Buch: *«Ueber Feuer-Meteore»* 1819:

«Nun kam aber eine Zeit, wo man mehrere Fortschritte in der Naturkunde machte, und jetzt glaubte man auf einmahl alles, was nicht zu einem selbstgemachten Leisten passte, wegwerfen und für Thorheit erklären zu müssen. Es ist fast unbegreiflich, wie durch die so sehr mit einander übereinstimmenden Nachrichten aus älteren und neueren Zeiten, von den mit einem Feuer-Meteore und mit vielem Getöse herabgefallenen Stein- und Eisenmassen, die Physiker nicht früher veranlasst worden sind, der Sache weiter nachzuforschen, und die vorhandenen Nachrichten gehörig mit einander zu vergleichen, da sie alsdann bey einer unbefangenen Ansicht gar bald sich würden genöthigt gesehen haben, das Niederfallen solcher Massen, die Erklärungsart sey, welche man wolle, doch wenigstens als eine historisch erwiesene Thatsache anzunehmen. Einige Physiker waren indessen wahrheitliebend genug, die Thatsachen, wenn sie auch solche nicht gehörig zu erklären wussten, doch unbefangen zu erzählen, wie z.B. Baudin, Professor in Pau, und St. Amans, Professor in Agen, den grossen Steinfall im Jahre 1790; oder wohl auch mehrere Nachrichten von Steinfällen zu sammeln, wie Tata und Soldani; manche Obrigkeiten waren auch so verständig, nach einem solchen Naturereignisse über die Nachrichten, welcher sie habhaft werden konnten, eine Urkunde in gehöriger Form abzufassen, ohne etwas hinein zu mengen, was einem Vorurtheile ähnlich sieht. Gewöhnlich aber machte man sich die Sache dadurch am leichtesten, dass man, wenn neue Ereignisse dieser Art gemeldet wurden, lieber die Thatsachen verdrehte (wovon genug Beyspiele in der Folge vorkommen werden), oder sie geradezu wegläugnete, als dass man sich die Mühe genommen hätte, genauere Untersuchungen anzustellen. Der Unglaube ging so weit, dass man sogar die meisten in öffentlichen Sammlungen aufbewahrt gewesenen Meteor-Massen weggeworfen hat, weil man befürchtete, sich lächerlich zu machen, und für unaufgeklärt gehalten zu werden, wenn man nur die Möglichkeit der Sache zugäbe.»

Anderer Ansicht über das Verschwinden des Meteorsteines von Walkringen war Professor Studer in den Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft von Bern, 1872. Dazu ist zu bemerken, dass Professor Studer von der Abschrift des Wildschen Kataloges nichts wissen konnte, da diese bis 1937 in Privatbesitz war.

«Es scheint indess in Bern das von Pfarrer Dünki angebotene Geschenk von der Bibliotheksbehörde gleich anfangs nicht angenommen, oder bald nachher entfernt worden zu sein. In dem, nach der neuen Organisation der Bibliothek 1693 angefangenen, mit vielem Luxus ausgestatteten und genau fortgeführten Donationenbuch findet man nichts von dem Stein von Walkringen, während unbedeutendere Gaben nicht vergessen sind. Scheuchzer, in seiner Reise von 1705, erwähnt unter den auf der Bibliothek gesehenen Naturmerkwürdigkeiten Glossopetern von Wabern, Tufsteine mit Blattabdrücken von Toffen, Mondmilch von Weissenburg etc. Dass er von dem Stein und Attest ganz schweigt, scheint beinahe eine Art Scheu zu verraten, von dieser Sache zu reden. Reichhaltiger ist das Verzeichnis der auf der Bibliothek aufbewahrten Gegenstände, welches Gruner, Dekan in Burg-

dorf, in den Deliciae Bernae 1732 mitteilt, aber auch hier fehlt jede Erwähnung des Aërolithen...

Wenn aber die Weigerung der Behörde, den Stein anzunehmen, zunächst nach dem Meteor stattfand, so kann sie kaum, wie Chladni annimmt, in der Furcht, unaufgeklärt zu erscheinen, begründet gewesen sein. Im Zeitalter der Formula consensus und der Hexenprozesse wurden die Behörden und insbesondere die meist aus Theologen bestehende Bibliothekbehörde von anderen Motiven geleitet als am Ende des 18. Jahrhunderts.»

Der Philosoph, Physiker und Mathematiker Cartesius (1596–1650) erklärte bereits in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts, dass die Meteoriten aus der Atmosphäre auf die Erde herunterfallen; er behauptete aber, dass sie sich bilden, indem bei Gewittern die Ausdünstungen des Bodens sich in der Luft zu harten Steinen, den Strahlsteinen, verdichten.

Prof. Studer fährt weiter fort mit seinen Ausführungen über das Fallen des Meteorsteins:

«In Bern war die Cartesianische Philosophie zuerst durch den 1666 zum Professor der Philosophie ernannten David Wyss bekannt geworden und hatte unter den Studierenden Anhänger gefunden. Dies veranlasste den gefürchteten Dekan Hummer und den Kirchenkonvent, die Regierung auf die Gefahr aufmerksam zu machen, die der Rechtsgläubigkeit von einer Lehre her drohe, die mit der Forderung des Zweifels beginne. Es erfolgte 1669 ein strenges Edikt an alle Professoren und Lehrer, in ihren Vorträgen alles zu vermeiden, was mit der neuen Doktrin in Verbindung stehen möchte; den Studierenden wurde befohlen, alle darauf bezüglichen Bücher und Schriften an die Kanzlei abzuliefern. Man durchsuchte die Zimmer der Studierenden, warnte die im Auslande Studierenden vor Universitäten, die den Cartesianischen Grundsätzen huldigten, und examinierte die Zurückgekehrten über ihren Glauben. Diese Befehle wurden 1671 wiederholt und verschärft, und bis an's Ende des Jahrhunderts und später suchte man auf jede Weise dem Eindringen der Cartesianischen Philosophie vorzubeugen.

Unter solchen Verhältnissen darf man sich nicht wundern, wenn die Vorsteher der Bibliothek es geraten fanden, ein Geschenk abzuweisen, das eine Behauptung von Cartesius zu bestätigen schien. Wahrscheinlich bleibt es immerhin, dass der Aerolith von Walkringen nicht der Aufklärung, sondern der Orthodoxie geopfert worden ist.»

Adolf Fluri ist jedoch in seinem Bericht über *«Vier verschwundene Curiosa der alten Stadtbibliothek»* der Ansicht, dass die Darstellung von Professor Studer über das Verschwinden bzw. Fehlen des Meteorsteins von Walkringen höchst fraglich sei, denn die Verordnungen gegen die Cartesianische Philosophie, die Studer zur Stütze seiner Hypothese herbeizieht, kommen zur Zeit, da der Meteorstein fiel, nicht mehr in Betracht, hatte ja ein Mitglied der Bibliothekkommission, Professor Daniel Leemann, bereits im Jahre 1688 Vorlesungen über Cartesius gehalten. Adolf Fluri schreibt in seinem Bericht weiter:

«Es scheint, dass der Wolkenstein ziemlich frühe aus den Räumen der Bibliothek verschwand, oder, was wahrscheinlicher ist, dass man bald seinen meteorischen Ursprung vergass und ihn als blosses Eisenstück betrachtete. Als Dekan Gruner im Jahre 1720 seine Beschreibung der Stadt Bern entworfen hatte, erwähnt er ihn nicht unter den Sehenswürdigkeiten der Bibliothek.»

Literatur:

1) Adolf Fluri, Vier verschwundene Curiosa der alten Stadtbibliothek. Blätter für bernische Geschichte, Kunst und Altertumskunde, VII. Jahrg. 1911, S. 285-306.
2) Sig. Wagner, Handschrift (Abschrift), Mü 630(4), Burgerbibliothek Bern, bis 1937 in der Mülinenbibliothek.
3) B. Studer, Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern, 1929, S. 39.
4) Johan Jacob Scheuchzer, Naturgeschichte des Schweizerlandes, 1. Teil, S. 275 ff., Zürich 1746.

Zusammengestellt von:
Werner Lüthi, Eymatt 19, CH-3400 Burgdorf.

Zum Titelbild ORION 199

Für die verschiedenen Zuschriften mit dem Hinweis auf den Bildautor des ORION-Titelbildes 199 danke ich bestens.

Im Himmelsjahr 1942 ist folgende Beschreibung zum Bild zu finden:

«Ein ganz besonders grosses Glück bei einer Himmelsaufnahme hatte am 12. September 1923 der Liebhaberastronom JOSEPH KLEPESTA *in Zalov, der das Aufleuchten eines grösseren Meteors, einer Feuerkugel, auf die photographische Platte bannen konnte (Abb. 5).* KLEPESTA, *dem ein gutes Instrumentarium zur Verfügung steht, photographierte an jenem Abend mit einem 20 Zentimeter-Objektiv vom Öffnungsverhältnis 1:4.5 den Andromedanebel. Die Aufnahme dauerte, wie in den meisten Fällen bei den lichtschwachen Objekten des Himmels, mehrere Stunden. Während dieser Zeit zog ein helles Meteor durch das Gesichtsfeld des Instruments und bildete sich in aussergewöhnlicher Deutlichkeit neben der fernen Welteninsel auf der Platte ab. Vier helle Knoten in der starken Lichtspur sind wahrscheinlich auf Teilhemmungen in der Atmosphäre zurückzuführen. Hier konnte ebenfalls eine Bahnberechnung vorgenommen werden, da die Feuerkugel noch an anderer Stelle beobachtet worden war. Man fand in diesem Falle eine Anfangshöhe von 137 und eine Endhöhe von 56 Kilometer. Ein damit verbundener Meteoritenfall ist nicht beobachtet worden. Der auf der Aufnahme festgehaltene Teil der Bahn ist 12 Kilometer lang und liegt in etwa 80 Kilometer Höhe.»*

Ich möchte diese Gelegenheit benützen, um all jene Astrofotografen aufzurufen, die gleiche oder ähnliche Aufnahmen gemacht haben, ihre Aufnahmen für eine Veröffentlichung im ORION (Meteore · Meteoriten) zur Verfügung zu stellen. Bitte senden Sie die Bilder an WERNER LÜTHI, Eymatt 19, 3400 Burgdorf.

Der Sternenhimmel 1984

44. Jahrgang, Astronomisches Jahrbuch für Sternfreunde (gegründet 1941 von Robert A. Naef †), herausgegeben von Wilhelmine Burgat unter dem Patronat der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft, ca. 200 Seiten, über 40 Abbildungen, broschiert.

Jahresübersicht und Monatsübersichten enthalten wie gewohnt zahlreiche Kärtchen zur Darstellung des Laufs von Planeten und Planetoiden, zur Veranschaulichung der Finsternisse usw.

Der Astro-Kalender vermittelt rasch greifbar die genauen Zeiten und Umstände aller zu beobachtenden Erscheinungen, wie zum Beispiel Planeten-Konjunktionen, Vorübergänge des Mondes an hellen Sternen, Sternbedeckungen, Jupitermond-Phänomene, Algol-Minima und andere mehr. Dem Beobachter dient vortrefflich die umfangreiche «Auslese lohnender Objekte», welche die wichtigsten Angaben über 560 helle oder besondere Sterne, Sternhaufen, Nebel usw. enthält. Dieses Jahrbuch ist für alle geschrieben, die sich in der grossen Fülle der Himmelserscheinungen zurechtfinden wollen. Es kann auch viele Anregungen für den Schulunterricht bieten und sei daher Lehrern besonders empfohlen.

Cet annuaire pour l'astronome-amateur (fondé en 1941 par Robert A. Naef †) contient cette année pour la première fois de courtes descriptions en français de certains phénomènes: visibilité des planètes, éclipses, comètes périodiques les plus brillantes, etc.

Erhältlich im Buchhandel oder direkt beim Verlag Sauerländer, Postfach, 5001 Aarau.

Verlag Sauerländer Aarau · Frankfurt am Main · Salzburg

Ferien-Sternwarte Calina

CH-6914 **CARONA,** Telefon 091 / 68 83 47

Programm 1984

9.–13. April	**Elementarer Einführungskurs** in die Astronomie, mit praktischen Übungen an den Instrumenten auf der Sternwarte. Leitung: Dr. M. Howald-Haller, Basel
23.–24. Juni	**Kolloquium** – Thema: Positionsbestimmungen mit einfachen Hilfsmitteln. Leitung: Prof. Dr. M. Schürer, Bern
24.–28. Sept.	**Astrophotokurs** (Der Kurs setzt elementare Kenntnisse der Astronomie voraus) Leitung: E. Greuter, Herisau Für Absolventen dieses oder früherer Astrophotokurse steht die **Schmidt-Kamera der Sternwarte CALINA** zur Verfügung.
1.–5. Oktober	**Elementarer Einführungskurs** in die Astronomie, mit praktischen Übungen an den Instrumenten auf der Sternwarte. Leitung: Dr. M. Howald-Haller, Basel

Neuer Besitzer:
Gemeinde Carona; Anmeldungen und Auskünfte:
Kofler Margherita, Postfach 30, 6914 CARONA

Techn. Berater:
Herr E. Greuter, Postfach 41, 9100 HERISAU 1

Einzel- und Doppelzimmer mit Küchenanteil stehen den Gästen im Hause zur Verfügung.

An- und Verkauf / Achat et vente

Verkaufe: **Sterne und Weltraum,** Jahrgänge 1970–1982, ungebunden. Angebote an Paul Koczet, Laerheidestr. 28, D-4630 Bochum.

Günstig abzugeben: Die **Zeitschriften** ORION (Jg. 75–83), Die Sterne, Sterne und Weltraum. Ein Posten jüngerer und älterer **Literatur** und ein **Fernrohr** Typ Newton (∅ 15 cm). Markus Wildi, Muttenzerstr. 71, 4127 Birsfelden.

Digitale Quarz-Sternzeituhr, 6-stellig mit 13,7 mm hoher LED-Anzeige und Batteriepufferung zu Fr. 175.–. Dokumentation gegen Fr. 1.– in Briefmarken an: Chr. Monstein, Dipl. Ing. (FH), Wiesenstr. 13, 8807 Freienbach, Tel. 055 / 48 45 14.

Astro-Bilderdienst
Astro Picture-Centre
Service de Astrophotographies
Patronat:
Schweiz. Astronomische Gesellschaft

Auf Wunsch stellen wir Ihnen die jeweils neuesten Preislisten zu.

Verlag und Buchhandlung
Michael Kühnle
Surseestrasse 18, Postfach 181
CH - 6206 Neuenkirch
Switzerland
Tel. 041 98 24 59

CELESTRON®

PRECISION OPTICS

Generalvertretung CELESTRON

CHRISTENER AG

CH-3014 Bern/Schweiz
Wylerfeldstr. 7, Tel. 031/42 85 85