Objekttyp: **Issue**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **52 (1994)**

Heft 260

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

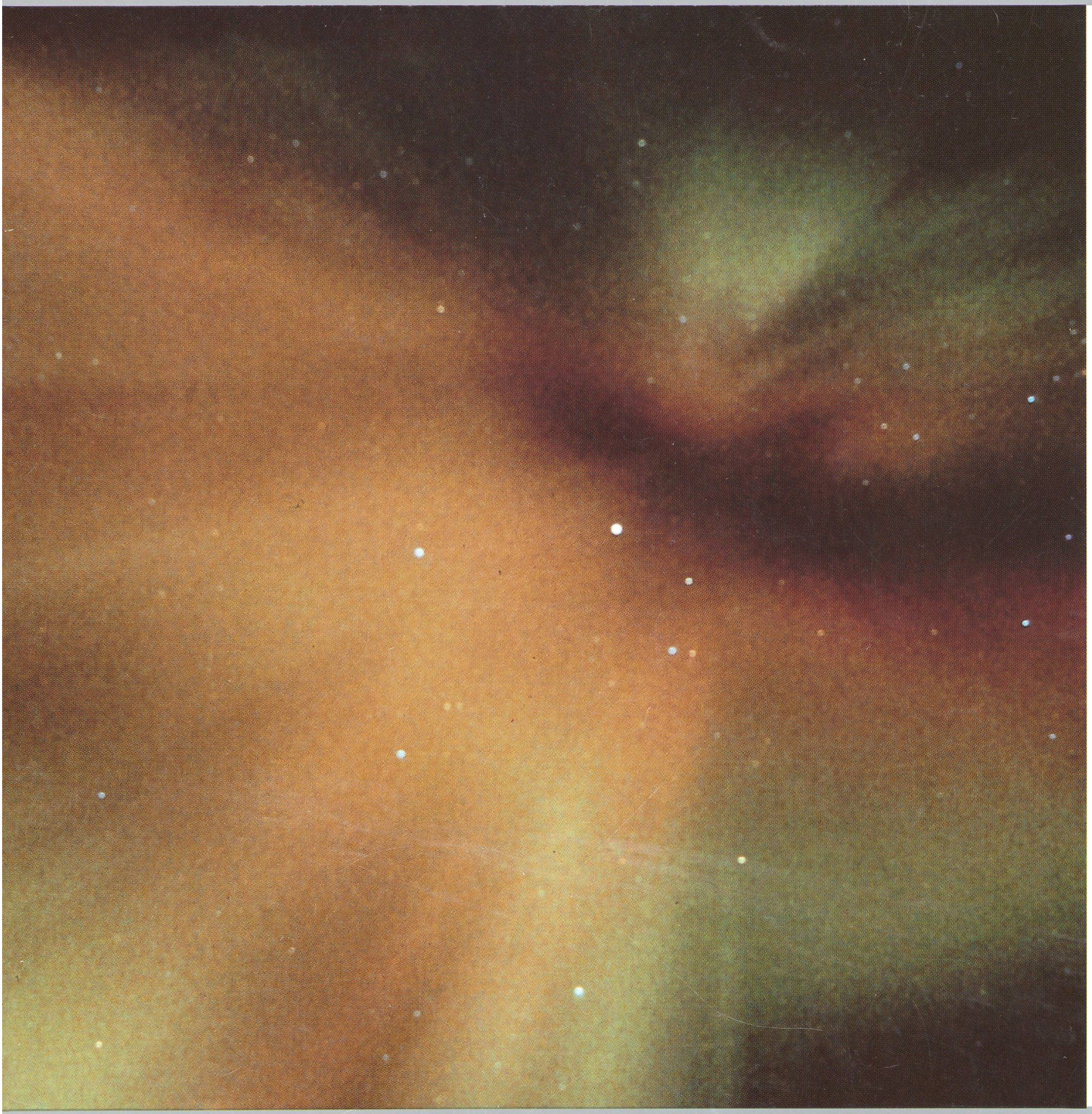
Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

260

Februar · Février · Febbraio 1994



ORION

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

Impressum Orion

Leitender Redaktor/*Rédacteur en chef:*
Noël Cramer,
Observatoire de Genève, Ch. des Maillettes 51,
CH-1290 Sauverny

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.

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.

Auflage/*Tirage*:
2800 Exemplare, *2800 exemplaires.*

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

Paraît 6 fois par année, en février, avril, juin, août, octobre et décembre.

Copyright/*Copyright*:
SAG. Alle Rechte vorbehalten. SAS. *Tous droits réservés.*

Druck/*Impression*:
Imprimerie Glasson SA, CH-1630 Bulle

Redaktionsschluss	ORION 261: 11.02.1994 ORION 262: 08.04.1994	*Dernier délai pour l'envoi des articles*	*ORION 261: 11.02.1994* *ORION 262: 08.04.1994*

Ständige Redaktionsmitarbeiter/*Collaborateurs permanents de la rédaction:*

Astrofotografie/*Astrophotographie:*
Armin Behrend, Fiaz 45, CH-2304 La Chaux-de-Fonds
Werner Maeder, 1261 Burtigny

Neues aus der Forschung/*Nouvelles scientifiques:*
Dr. Charles Trefzger, Astr. Inst. Uni Basel, Venusstrasse 7, CH-4102 Binningen
Noël Cramer, Observatoire de Genève, Ch. des Maillettes 51, CH-1290 Sauverny

Instrumententechnik/*Techniques instrumentales:*
H. G. Ziegler, Ringstrasse 1a, CH-5415 Nussbaumen

Sektionen SAG/*Section SAS:*
Andreas Tarnutzer, Hirtenhofstrasse 9, CH-6005 Luzern

Sonnensystem/*Système solaire:*
Werner Lüthi, Eymatt 19, CH-3400 Burgdorf
Jean-Gabriel Bosch, Bd Carl Vogt 80, CH-1205 Genève

Sonne/*Soleil:*
Hans Bodmer, Schlottenbüelstrasse 9b, CH-8625 Gossau

Weitere Redaktoren/*Autres rédacteurs:*
M. Griesser, Breitenstrasse. 2, CH-8542 Wiesendangen
Hugo Jost-Hediger, Lingeriz 89, CH-2540 Grenchen

Reinzeichnungen/*Dessins:*
H. Bodmer, Gossau; H. Haffter, Weinfelden

Übersetzungen/*Traductions:*
J.-A. Hadorn, Ostermundigen

Inserate/*Annonces:*
Kurt Niklaus, Gartenstadtstrasse 25, CH-3097 Liebefeld

Redaktion ORION-Zirkular/*Rédaction de la circulaire ORION*
Michael Kohl, Hiltisbergstrasse, CH-8637 Laupen

Anfragen, Anmeldungen, Adressänderungen sowie Austritte und Kündigungen des Abonnements auf ORION (letzteres nur auf Jahresende) sind zu richten an:
Zentralsekretariat der SAG,
Paul-Emile Muller, Ch. Marais-Long 10, 1217 Meyrin (GE).
Mitgliederbeitrag SAG (inkl. Abonnement ORION)
Schweiz: SFr. 52.–, Ausland: SFr. 55.– Jungmitglieder (nur in der Schweiz): SFr. 25.– Mitgliederbeiträge sind erst nach Rechnungsstellung zu begleichen.
Zentralkassier: Franz Meyer, Kasernenstr. 48, CH-3013 Bern
Postcheck-Konto SAG: 82–158 Schaffhausen.
Einzelhefte sind für SFr. 9.– zuzüglich Porto und Verpakkung beim Zentralsekretär erhältlich.

ISSN 0030-557 X

Informations, demandes d'admission, changements d'adresse et démissions *(ces dernières seulement pour la fin de l'année) sont à adresser au:*
Secrétariat central de la SAS, Paul-Emile Muller,
Ch. Marais-Long 10, 1217 Meyrin (GE).
Cotisation annuelle SAS *(y compris l'abonnement à ORION)*
Suisse: Frs. 52.–, étranger: Frs. 55.–.
Membres juniors (uniquement en Suisse): Frs. 25.–.
Le versement de la cotisation n'est à effectuer qu'après réception de la facture.
Trésorier central: Franz Meyer, Kasernenstr. 48, CH-3013 Berne
Compte de chèque SAS: 82–158 Schaffhouse.
Des numéros isolés *peuvent être obtenus auprès du secrétariat central pour le prix de Frs. 9.– plus port et emballage.*

ISSN 0030-557 X

52. Jahrgang
52e Année
Nr. 260 Februar 1994
No. 260 Février 1994

Seiten 1-48
Pages 1-48

ORION

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

Inhaltsverzeichnis/Sommaire

N. Cramer: Ein unauffälliger Jahrestag / Un anniversaire discret 4
F. Egger: Amateurastronomie gestern und heute / Astronomie d'amateur hier et aujourd'hui 4
N. Bissantz, M. Federspiel, Ch. Trefzger: Spektren von Mira – Sternen 41

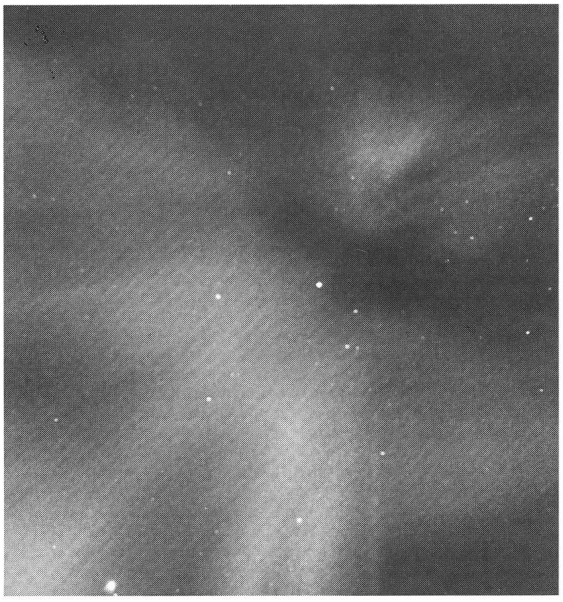
Neues aus der Forschung • Nouvelles scientifiques
J. Guarinos: Les défis communs à la cosmologie et à la physique des particules 8
G. Fischer: 1994 verra un immense feu d'artifice astronomique / 1994 gibt es ein astronomisches Feuerwerk 30

Sonnensystem • Système Solaire
H. Roth: Polarlichter in Island 33

Mitteilungen / Bulletin / Comunicato
50. Generalversammlung der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft in Brig-Glis am 7. u. 8. Mai 1994 / 50e Assemblée générale de la SAS à Brigue-Glis les 7 et 8 mai 1994 ..... 21/1
Veranstaltungskalender / Calendrier des activités 22/2
H. Bodmer: Planetendiagramme / Diagrammes planétaires 24/4
H. Bodmer: Sonne, Mond und innere Planeten / Soleil, Lune et planètes intérieures 24/4
H. Strübin: Die Sektionen der SAG / Tout sur les sections de la SAS 25/5
H. Bodmer: Versammlung der Sektionsvertreter vom 20. November 1993 in Zürich – Traktandum 7: Bericht des Technischen Leiters 25/5
F. Egger: Astronomie im Mittelschulunterricht / Astronomie et enseignement secondaire 26/6
Astronomische Gesellschaft Luzern – Reise nach Bologna vom 2. bis 5. Juni 1994 ..... 27/7
M. Willemin: Nébuleuses de la Lagune (M8) et Trifide (M20) 27/7
N. Cramer: Avis à nos lecteurs / An unsere Leser 28/8
J. Dragesco: Hyginus Rillae et Isidorus, Capella, Rimae Gutenberg 28/8

Instrumententechnik • Techniques instrumentales
E. Laager: Astronomie auf einer einsamen Halbinsel – fast ohne Hilfsmittel 35
H. Jost-Hediger: Das Problem der Bestimmung der geographischen Länge 41
An- und Verkauf / Achat et vente 32
H. Bodmer: Zürcher Sonnenfleckenrelativzahlen / Nombres de Wolf 7
Buchbesprechungen • Bibliographie 45

Titelbild/Couverture



Polarlichter in Island (H. Roth)
"Zenitknoten" – Erscheinung, mit Castor und Pollux, Fuhrmann und Perseus.

Aurore boréale en Islande (H. Roth)
"Nœud zénithal", avec Castor et Pollux, Cocher et Persée.

Meteorite

Urmaterie aus dem interplanetaren Raum
direkt vom spezialisierten Museum
Neufunde sowie klassische Fund- und Fall-Lokalitäten
Kleinstufen – Museumsstücke
Verlangen Sie unsere kostenlose Angebotsliste!

Swiss Meteorite Laboratory
Postfach 126 CH-8750 Glarus
Tél. 077/57 26 01 – Fax: 058/61 86 38

Ein unauffälliger Jahrestag

Als anfangs Dezember die Raumfähre *Endeavour* mit dem Auftrag abhob, das Hubble Raumteleskop zu reparieren, trug unser Astronaut Claude Nicollier ein Exemplar der im Oktober 1943 erschienenen Nummer 1 des ORION mit sich. Das fünfzigjährige Bestehen unserer Zeitschrift hätte kaum besser gewürdigt werden können, als durch diese symbolische Geste eines Wissenschaftlers, der dank seiner Beharrlichkeit alle seine Träume verwirklicht sieht.

Einige wenige Leser haben uns auf diesen Jahrestag der Gründung des ORION aufmerksam gemacht. Unter ihnen Fritz Egger, ehemaliges Mitglied der Redaktion und Präsident der SAG von 1961 bis 1965, gegenwärtig mit der wichtigen Aufgabe des Korrektors unserer Zeitschrift betraut. Als aktiv an der Entwicklung der SAG und des ORION Beteiligter gibt er hier einen kurzen Rückblick auf die vergangenen fünfzig Jahre.

Un anniversaire discret

Lorsque la navette spatiale *Endeavour* s'envola début décembre pour accomplir sa mission de réparation du télescope Hubble, notre astronaute Claude Nicollier emportait avec lui un exemplaire du numéro 1 d'ORION sorti en octobre 1943. Ce geste hautement symbolique fait par un homme, dont la ténacité a permis de réaliser tous ses rêves, ne pouvait venir à un meilleur moment pour honorer ainsi le cinquantième anniversaire de notre revue.

Seuls quelques lecteurs ont remarqué la discrétion, pour ne pas dire l'absence, de la célébration de cet anniversaire dans les derniers numéros parus. Parmi ceux-ci est Fritz Egger, ancien membre de la rédaction, président de la SAS de 1961 à 1965 et actuellement chargé de l'importante fonction de correcteur de notre journal. Ayant activement participé à tout le développement de la SAS et d'ORION, il est parmi les mieux qualifiés pour nous présenter ici un bref historique des 50 dernières années.

NOËL CRAMER

50 Jahre Orion

Amateurastronomie gestern und heute

1943 – 1993

Im vergangenen Herbst hätten wir den fünfzigsten Geburtstag unserer Zeitschrift ORION feiern können. Die erste Nummer erschien im Oktober 1943. Es war ein Heft von 16 Seiten im Format A5. Für die Redaktion zeichneten Dr. phil. Max Schürer, Bern, Robert A. Naef, Zürich, Dr. med. dent. Maurice Du Martheray, Genève, und Emile Antonini, Genève. Die Herren Schürer und Antonini weilen noch unter uns; Maurice Du Martheray ist 1955 und Robert Naef 1975 gestorben. Seither haben sich gegen 20 wissenschaftliche und technische Redaktoren, zusammen mit zahlreichen ständigen Mitarbeitern, der Gestaltung der Zeitschrift angenommen. Sie alle, wie auch die Autoren, arbeiten unentgeltlich. Unter den Autoren finden sich sowohl Fach- wie Amateurastronomen. Seit 1984 werden die besten Artikel mit dem Robert A. Naef Preis ausgezeichnet.

Heute liegen 260 Nummern vor mit insgesamt über 10'100 Seiten, einschliesslich der zwei Sondernummern von 1962 («Astroamateur», zwei Auflagen) und 1980 («Burgdorfer Astro-Tagung 1979»). Seit 1966 hat ORION das Format 200x265 mm. Bis 1963 erschien die Zeitschrift vierteljährlich, 1964 und 1965 wurden fünf Nummern herausgegeben; ab 1966 ist ORION eine Zweimonats-Zeitschrift. Die Auflage dürfte anfänglich einige hundert betragen haben, heute ist sie 2800 Exemplare.

Welche Zuversicht und welcher Mut die Gründer des ORION mitzubringen hatten, ist heute nur schwer nachzuvollziehen. Mitten im Krieg gab es noch andere Prioritäten, die Mittel waren beschränkt, der weltweite wissenschaftliche Informationsfluss weitgehend unterbrochen, einige Persönlichkeiten mehr als skeptisch hinsichtlich Notwendigkeit und Gelingen des Projektes.

Orion a 50 ans

Astronomie d'amateur hier et aujourd'hui

1943 – 1993

En automne dernier, nous aurions pu fêter le cinquantenaire de notre revue ORION. Le premier numéro paru en octobre 1943 était un cahier de 16 pages de format A4 signé des rédacteurs Max Schürer, PD à l'Université de Berne, Robert A. Naef de Zurich, Maurice Du Martheray, médecin dentiste à Genève, et Emile Antonini, lui aussi de Genève. Alors que MM. Schürer et Antonini sont toujours parmi nous, Maurice Du Martheray nous a quittés en 1955 et Robert Naef en 1975. Depuis, une vingtaine de rédacteurs, scientifiques, techniques et autres, ont assuré la publication. Tous, auteurs y compris, travaillent bénévolement. Parmi les auteurs, nous trouvons des astronomes amateurs aussi bien que des professionnels. Depuis 1984, le Prix Robert A. Naef récompense les meilleurs articles.

Jusqu'à ce jour 260 numéros, soit un total de plus de 10'100 pages, sont sortis de presse, y inclus les deux numéros spéciaux: «L'Astroamateur» en 1962, qui a connu deux éditions, et «Les Journées de Berthoud 1979». La revue est passée en 1966 au format 200x265 mm. Jusqu'en 1963, ORION paraissait quatre fois par an, puis cinq fois en 1964 et 1965; dès 1966, la revue devient bimestrielle. Le tirage, de quelques centaines d'exemplaires au début, atteint les 2'800 exemplaires aujourd'hui.

Il est difficile de s'imaginer la confiance et le courage demandés alors aux fondateurs. En pleine guerre, il y avait d'autres priorités; les moyens étaient limités, la circulation de l'information scientifique sur le plan mondial quasiment interrompue: certains montraient plus que du scepticisme quant à l'opportunité et à la réussite du projet. Une raison de plus pour

Um so mehr freuen wir uns darüber, dass das Unternehmen bis heute erfolgreich durchgehalten werden konnte, trotz manchen finanziellen Engpässen, Augenblicken momentaner Unsicherheit, personellen Schwierigkeiten. Die materielle Sicherung wurde mit der Äuffnung des ORION-Fonds erleichtert, dank verschiedener namhafter Spenden.

ORION und SAG

Die Entwicklung des ORION ist selbstverständlich eng mit jener der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft (SAG) verbunden. Deren Mitgliederzahl ist von wenigen hundert bei ihrer Gründung 1939 auf heute rund 3'600 angestiegen, von denen allerdings nur 2'400 den ORION beziehen. Die Hauptsorge der SAG ist und bleibt die Herausgabe der Zeitschrift, wichtigstes Bindeglied zwischen den Mitgliedern.

Das Umfeld

Nachstehend versuchen wir, ein astronomisches Stimmungsbild der Vierzigerjahre zu entwerfen, mit einem Blick auf heute. Zu einem solchen Bild gehört auch das allgemeine Umfeld: zur Teilnahme an den Generalversammlungen durfte man die Mahlzeitencoupons nicht vergessen; für die offiziellen Mahlzeiten genügten in der Regel 5 Franken; die Bahnreise Genf-Schaffhausen dauerte 6 Stunden. Der Jahresbeitrag für SAG und Orion-Abonnement wurde erst 1946, nach langer Diskussion, von 5 auf 8 Franken erhöht. Interessant sind auch die Glückwunschadressen an Persönlichkeiten zu ihrem 60. oder 70. Geburtstag; heute muss man dafür schon 80 oder 90 Jahre alt sein – ein Zeichen der Überalterung unserer Gesellschaft?

Astronomie in der Schweiz

In unserem Lande gab es 6 Sternwarten bzw. astronomische Institute, nämlich Genf, Lausanne, Neuenburg, Bern, Basel und Zürich. Heute sind es noch ebensoviele; allerdings betreiben die Institute von Genf und Lausanne ein gemeinsames Observatorium in Sauverny/Chavannes-des-Bois und am Observatorium Neuenburg wird vorwiegend im Bereich hochpräziser Frequenznormale geforscht. Anderseits bearbeiten verschiedene physikalische Institute astronomische und astrophysikalische Fragen. Die meisten Sternwarten haben Zweigstellen abseits der Ballungszentren. Ein Teil der Beobachtungen werden an ausländischen und internationalen Grossternwarten (z.B. USA, Chile) ausgeführt. Die seit den Dreissigerjahren bestehende Forschungsstation auf dem Jungfraujoch ist ausgebaut worden und auf dem Gornergrat entstand ein internationales Observatorium, an dem Infrarot-Astronomie im Vordergrund steht.

An den schweizerischen Observatorien arbeiteten anfangs der Vierzigerjahre gegen 20 Direktoren, Professoren und Mitarbeiter. Im Laufe der vergangenen 60 Jahre fanden insgesamt rund ein Dutzend Direktoren-Wechsel statt. Dieser geringe Personalbedarf hat während Jahren manchen Fähigen davon abgehalten, sich auf Astronomie zu spezialisieren. Wenn heute an unseren astronomischen Instituten gegen 120 Wissenschaftler tätig sind, ist dies weitgehend zwei Umständen zu verdanken: 1952 wurde der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der Forschung gegründet, dem heute jährlich gegen 300 MFr zur Verfügung stehen, davon für Astronomie, Astrophysik und Raumforschung rund 7 MFr. 1982 trat die Schweiz der Europäischen Südsternwarte (ESO) bei, nachdem 1962 der Beitritt als Gründungsmitglied abgelehnt wurde. Damit, und mit der aktiven Beteiligung an der europäischen Raumforschung (ESA) sind der Astronomie

nous réjouir de la pérennité de l'entreprise malgré les ennuis pécuniaires, les moments de découragement, de difficultés de tout genre. Des dons substantiels ont permis la création du Fonds ORION, assurant ainsi à la publication une base financière plus solide.

ORION et la SAS

Le développement d'ORION est étroitement lié à celui de la Société astronomique de Suisse (SAS). L'effectif de cette dernière est passé de quelques centaines lors de sa création en 1939 à environ 3'600 aujourd'hui dont près de 2'400 sont abonnés à ORION. L'édition de la revue est et restera le souci principal de la SAS. ORION en est le lien le plus important entre ses membres.

Environnement

Essayons une rapide esquisse du climat des années quarante. Nous nous trouvions en plein milieu de la guerre. Pour participer aux assemblées, il ne fallait surtout pas oublier les coupons de repas, repas dont le prix ne dépassait d'ailleurs guère 5 francs. Le voyage de Genève à Schaffhouse réclamait 6 heures de train. Après une longue discussion, la cotisation annuelle, abonnement à ORION inclus, passait en 1946 de 5 à 8 francs. Relevons encore que les voeux publiés à l'adresse de personnalités l'étaient à l'occasion de leur 60^{e} ou 70^{e} anniversaire; aujourd'hui, 80 ou 90 ans semblent être requis – est-ce un signe du vieillissement de notre société?

L'astronomie en Suisse

Il y avait chez nous 6 observatoires et instituts d'astronomie: Genève, Lausanne, Neuchâtel, Berne, Bâle et Zurich. Leur nombre n'a pas changé, mais les instituts de Genève et de Lausanne entretiennent depuis 1966 un observatoire commun à Sauverny/Chavannes-des-Bois et l'Observatoire de Neuchâtel s'est spécialisé dans le domaine des étalons de fréquences hyperprécis. En revanche, plusieurs instituts de physique s'intéressent à des problèmes astronomiques et astrophysiques. La plupart des observatoires possèdent des stations annexes loin des centres urbains. Une partie des observations proprement dites sont faites dans les grands observatoires étrangers et internationaux (p. ex. aux Etats-Unis, au Chili). La Station de haute altitude du Jungfraujoch a été agrandie et au Gornergrat est né un observatoire international consacré en particulier à l'astronomie infrarouge.

Au début des années quarante, l'astronomie suisse comptait à peine une vingtaine de directeurs, professeurs et collaborateurs. Une quinzaine de changements de directeurs sont intervenus depuis. Ce besoin extrêmement restreint de personnel en a découragé plus d'un d'embrasser la carrière d'astronome. Un changement radical est intervenu essentiellement grâce à deux événements: en 1952 fut créé le Fonds national pour la recherche qui dispose actuellement de près de 300 MFr par an dont environ 7 MFr pour l'astronomie, l'astrophysique et la recherche spatiale; en 1982, la Suisse a adhéré à l'Observatoire européen austral (ESO), après avoir refusé en 1962 d'en être membre fondateur. Ces deux circonstances, auxquelles s'ajoute la participation active à la recherche spatiale européenne (ESA), ont permis à l'astronomie suisse un essor extraordinaire. Près de 120 chercheurs travaillent actuellement dans nos observatoires. Ils ont un

auch bei uns ausserordentliche Impulse gegeben worden. Die Astronomen haben nun institutionalisierten Zugang zu einer der weltweit grössten und best ausgerüsteten Sternwarte auf La Silla in Chile. Parallel dazu hat sich die internationale Zusammenarbeit vertieft: Schweizer Forscher sind an vielen grossen und komplexen Projekten beteiligt und initiieren solche.

Teleskopbau, Instrumentenmarkt

Zur Zeit der ersten ORION-Jahrgänge gab es eine Reihe von Amateurastronomen, die sich Teleskope mit selbstgeschliffenen Spiegeln bauten, sogar Schmidt-Teleskope waren vorhanden. Ein Angebot an käuflichen Instrumenten bestand kaum, das wenige Vorhandene war unerschwinglich. Kurz vor Kriegsende begann dann die bekannte Breitenentwicklung der Spiegelschleiferei. Kaum eine ORION-Nummer ohne Beiträge in dieser Richtung. Eine Zusammenstellung derselben ergäbe ein lebendiges Lehrbuch über den Teleskopbau. Was ist aus den hunderten von Instrumenten guter Qualität geworden? Wie viele davon sind tatsächlich benützt worden?

So interessant sie auch ist, lohnt sich heute in den Augen vieler Sternfreunde die Selbstherstellung eines Instrumentes kaum mehr: man findet das Gesuchte in praktisch jeder Grösse und Ausgestaltung im Handel. Sondergeräte, von denen vor fünfzig Jahren in Fachkreisen die Rede war, sind nun dem Amateur zugänglich: so ist z. B. der von Bernard Lyot in den Dreissigerjahren eingeführte Koronograph zur Beobachtung der Sonnenprotuberanzen von zahlreichen Sternfreunden nachgebaut worden und als Sonderzubehör zu kleinen Refraktoren käuflich; das ebenfalls von Lyot entwickelte Interferenzfilter zur Aussonderung einzelner Spektrallinien wird von vielen Sonnenbeobachtern mit Erfog verwendet. Davon zeugen schöne Beiträge in den letzten ORION-Jahrgängen.

Teleskope grosser Lichtstärke für die Astrofotografie vom Typ Schmidt (in den Dreissigerjahren eingeführt) und Maksutov (in den Niederlanden und in Russland während des Krieges entwickelt) gehören heute schon fast zur Standardausrüstung des Amateurs.

Astrofotografie

Im Bereich der Astrofotografie ist eine zur Zeit der ORION-Gründung nicht vorhersehbare Entwicklung erfolgt, sowohl was die Geräte (einschliesslich der geläufigen fotografischen Optik) als auch das Filmmaterial betrifft. Schichten mit mehr als 100 ASA waren kaum erhältlich, die Technik der Tieftemperatur und Hypersensibilisierung unbekannt, Farbfilme wurden erst später populär. Die im ORION damals veröffentlichten Himmelsaufnahmen dürfen fast durchwegs als Meisterleistungen gewertet werden, die von der Geduld und Erfindungsgabe ihrer Autoren zeugen.

Elektronik und Informatik

Ebensowenig voraussehbar war der Einbruch der Elektronik und Informatik auch in die Astronomie. Selbstverständlich gab es «fotoelektrische Vorrichtungen, die recht teuer und nur bei sehr grossen Instrumenten anzubringen sind» (so ein zeitgenössisches Handbuch). Elektronenvervielfacher kamen kurz nach Kriegsende in den Handel, eine elektronische Kamera wurde am Pariser Observatorium entwickelt. Für den Amateurastronomen war aber Elektronik kaum ein Thema. Sie wurde es erst später, nach Einführung der Halbleitertechnik, vom Transistor bis zu den intergrierten Schaltungen und Chips, ohne die heute auch die

accès institutionnalisé à l'un des plus grands centres astronomiques équipé des moyens les plus perfectionnés à La Silla au Chili. En même temps, la coopération internationale s'est intensifiée et approfondie: des chercheurs suisses participent à de grands projets complexes; ils en sont même parfois les initiateurs.

Construction de télescopes, marché d'instruments

A l'époque des premiers ORION, plusieurs astronomes amateurs ont construit leurs propres télescopes équipés de miroirs qu'ils avaient eux-mêmes taillés; il existait même des chambres de Schmidt. L'offre d'instruments dans le commerce était quasiment inexistante, les prix inabordables. Vers la fin de la guerre naquit un vaste mouvement de «tailleurs de miroirs». Aucun numéro d'ORION sans article à ce sujet. Un recueil de ces derniers constituerait un véritable guide pour la construction de télescopes. Que sont devenus ces centaines d'instruments de bonne qualité? Combien ont été effectivement utilisés?

Pour beaucoup d'astronomes amateurs, la construction de leur télescope ne se justifie plus aujourd'hui, aussi passionnante soit-elle: le commerce offre tout ce que l'on peut désirer. Certains équipements qui firent leur apparition dans les milieux professionnels il y a 50 ans sont maintenant accessibles à tout le monde. C'est ainsi que beaucoup d'amateurs habiles ont construit le coronographe permettant l'observation des protubérances solaires, introduit par Bernard Lyot avant la guerre; on peut même l'acheter comme accessoire de petits réfracteurs. Le filtre à interférences permettant d'isoler des raies spectrales particulières, également conçu par Lyot, est maintenant utilisé par de nombreux observateurs du soleil. Témoins en sont les articles intéressants publiés ces derniers temps.

Les télescopes de grande luminosité pour l'astrophotographie de types Schmidt (introduit vers les années trente) et Maksutov (développé durant la guerre au Pays-Bas et en Russie) font quasiment partie de l'équipement standard de l'amateur.

Astrophotographie

Le développement intervenu dans le domaine de l'astrophotographie était imprévisible dans les débuts d'ORION tant en ce qui concerne les appareils (y compris l'optique photographique courante) que le matériel photosensible. Des films à plus de 100 ASA n'existaient guère, les techniques du refroidissement et de l'hypersensibilisation étaient inconnues, les films en couleurs ne firent leur apparition que plus tard. Les photographies alors publiées peuvent être considérées comme de véritables chefs-d'oeuvre témoignant de la patience et du génie inventif de leurs auteurs.

Electronique et informatique

Non moins prévisible fut la percée de l'électronique et de l'informatique. On connaissait, bien sûr, des «appareils photoélectriques, coûteux et à n'associer qu'à de très grands instruments» (sic un manuel d'avant-guerre). Les premiers multiplicateurs d'électrons furent commercialisés dès la fin de la guerre: l'Observatoire de Paris développa une caméra électronique. Mais l'électronique ne préoccupa guère l'amateur. Cela changea avec l'introduction et la commercialisation des semi-conducteurs, des transistors aux circuits intégrés et puces, sans lesquels l'astronomie moderne serait impensable.

Astronomie nicht mehr auskommen könnte. Niemals hätte man gedacht, dass es je so etwas wie CCD geben könnte, dem Amateur zu erschwinglichem Preis zugänglich und nicht nur «bei sehr grossen Instrumenten anzubringen».

Die Informatik im weitesten Sinne, Computer (vor 50 Jahren zimmerfüllende Monstren, heute im Taschenformat) und Programme, haben auch in der Amateurastronomie Eingang gefunden: elektronische Fernrohrsteuerungen, automatische Nachführungen für Fotografie, gespeicherte Kataloge von Objekten zum direkten Ausrichten des Fernrohrs, Programme zur Berechnung von Ephemeriden und zur Durchrechnung optischer Systeme, finden weite Verbreitung.

Praktische Arbeit

Von Anfang an nahmen Probleme und Berichte über die Beobachtungstätigkeit der Mitglieder der SAG im In- und Ausland einen wichtigen Platz im ORION ein. Daran hat sich während des vergangenen halben Jahrhunderts eigentlich nicht viel geändert: Beobachtung von Veränderlichen, Novae, Kometen, Planeten, der Sonne etc. Entwickelt haben sich allerdings Instrumente, Hilfsmittel, Methoden, vielleicht auch ein wenig die Einstellung zur Amateurtätigkeit.

Man kann sich wohl die Frage stellen, ob die verfügbaren Mittel auch sinnvoll und rationell eingesetzt werden. Was heisst aber sinnvoll und rationell? Genügt es nicht, dass der ernsthafte Amateur in erster Linie Freude an seiner Freizeitarbeit hat, ohne unter Produktionsdruck zu stehen? Das gilt in besonderem Masse, wenn er im Ruhestand lebt. Wohl gelingt dem einen oder andern gelegentlich ein grosser Wurf, die Entdeckung eines Kometen oder einer Nova, die Beobachtungsserie einer seltenen Erscheinung auf der Sonne. Aber die Wahrscheinlichkeit etwas zu finden, das den ständig registrierenden Instrumenten der Fachastronomen entgeht, ist äusserst klein. Darin kann auch nicht der alleinige Antrieb zur Amateurarbeit liegen. Amateurastronomie ist eine anspruchsvolle manuelle und geistige Betätigung, aber gleichwohl ein Teilnehmen an der grossen Welt der Wissenschaft, in Übereinstimmung mit dem Postulat der Gründer von 1943: «Ohne den Ehrgeiz zu haben, wissenschaftliche Aufgaben zu erfüllen, ist 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.»

Jamais on ne se serait imaginé quelque chose tel qu'un CCD, accessible à l'amateur à des prix abordables, très efficace même sur de petits instruments.

L'informatique dans le sens large, ordinateurs (des monstres remplissant des salles entières il y a 50 ans, aujourd'hui en format de poche) et logiciels, ont trouvé leur place dans l'astronomie d'amateur: commandes électroniques de télescopes, guidage et pointage automatiques, sur la base de catalogues mémorisés d'objets, programmes pour le calcul d'éphémérides et de systèmes optiques.

Le travail pratique

Dès le début, les problèmes et les rapports relatifs à la pratique de l'observation des membres de la SAS tiennent une place importante dans ORION. Cela n'a pas beaucoup changé: observation d'étoiles variables, de novae, comètes et planètes, du soleil etc. Ce qui a évolué, ce sont les instruments, les moyens auxiliaires, les méthodes, peut être aussi un peu la manière de voir.

On peut se demander si les moyens à disposition sont employés de façon utile et rationnelle. Mais que veulent dire utile et rationnel dans ce contexte? Ne suffit-il pas que l'amateur sérieux éprouve du plaisir, de la satisfaction personnelle dans ce qu'il fait durant ses heures de loisir, loin de tout stress? C'est encore plus vrai lorsqu'il est retraité. Il y a bien sûr la possibilité, quoique rare, de découvrir une comète, une nova, ou de suivre une série d'événements extraordinaires sur le soleil. La probabilité de trouver quelque chose qui aurait échappé aux instruments des grands observatoires continuellement à l'affût est vraiment minime. Là n'est pas le moteur essentiel de l'activité de l'amateur. Comptent bien davantage les satisfactions intellectuelles, spirituelles et émotionnelles qu'il en retire. Les mains et l'esprit occupés, il a le sentiment de participer au grand monde de la science. Nous rejoignons ainsi les préoccupations des fondateurs d'ORION: «Sans avoir l'orgueil de remplir des tâches scientifiques, ORION est avant tout destiné à servir son lecteur, à compléter ses connaissances astronomiques, à répondre à ses questions et à communiquer expériences et observations.»

FRITZ EGGER
Coteaux 1, 2034 Peseux

Zürcher Sonnenfleckenrelativzahlen

HANS BODMER, Schlottenbüelstrasse 9b, CH-8625 Gossau

Oktober 1993 (Mittelwert 53,5)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R	66	67	81	98	91	82	72	77	77	62	
Tag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
R	61	45	35	27	45	41	39	37	43	61	
Tag	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
R	55	49	48	43	39	49	40	28	27	40	34

Nombres de Wolf

November 1993 (Mittelwert 37,2)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R	27	22	18	23	35	43	50	43	34	29
Tag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R	22	15	22	18	24	33	37	38	44	49
Tag	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
R	55	56	46	49	36	43	38	61	48	57

Les défis communs à la cosmologie et à la physique des particules

J. GUARINOS

Il peut paraître étrange de juxtaposer, dans un même titre, deux domaines de recherche que l'on pourrait considérer, à première vue, comme n'ayant aucun rapport entre eux. En effet, comment trouver des liens étroits entre la physique des particules, dont l'objet est l'étude des constituants ultimes de la matière, et la cosmologie, cette branche de l'astrophysique qui cherche à comprendre comment fonctionne l'Univers, ce «tout» qui désigne l'ensemble de ce qui existe, et que certains astrophysiciens ont l'audace de vouloir mettre en équations? Comment l'étude de l'infiniment grand et celle de l'infiniment petit peuvent-elles trouver un champ d'investigations commun?

Tout, jusqu'aux instruments utilisés, semble opposer ces deux domaines de recherche: Peut-on vraiment rapprocher les observations faites à l'aide d'un télescope, des expériences menées dans un collisionneur de particules? Et pourtant, les questions qui intéressent à la fois les astrophysiciens et les physiciens des particules sont suffisamment nombreuses et importantes pour que les échanges et les collaborations entre les deux communautés scientifiques soient devenus courants. Désormais, un astrophysicien ne peut plus ignorer les progrès de la physique des particules; dorénavant, un physicien des particules doit se tenir au courant des avancées de l'astrophysique et en particulier de la cosmologie. Mieux: les découvertes des uns, observationnelles, expérimentales ou théoriques, ont de plus en plus d'implications sur les travaux des autres. Comment expliquer ce rapprochement, en apparence si surprenant? Pour mieux comprendre cela, il est nécessaire de résumer les développements de chacune de ces deux branches de la physique, qui se sont déjà plusieurs fois rejointes par le passé (prenons l'exemple de l'étude des rayons cosmiques) et dont l'histoire se confond avec les progrès de la physique en ce XX^{e} siècle. Cette «promenade» à travers les chemins des deux domaines extrêmes de la physique nous donnera l'occasion de faire le point sur les connaissances actuelles de la structure intime de la matière et de l'Univers.

Relativité et mécanique quantique: les deux piliers de la physique moderne

Le modèle du «Big Bang»

Il est de notoriété publique que les travaux de l'illustre physicien Albert Einstein ont révolutionné notre conception du monde et de l'Univers. En particulier, sa théorie de la *relativité générale* est un pilier fondamental de la compréhension de l'Univers en tant que système considéré dans son ensemble. C'est dans le cadre de cette théorie que l'on explique certains faits observationnels et que l'on construit un modèle de la structure de l'Univers. Ce modèle, dit du «Big Bang», permet aussi de retracer l'histoire de l'Univers. Comme tous les modèles, il n'est pas exempt d'imperfections. Mais c'est celui qui, confronté aux observations, a donné jusqu'à présent les meilleurs résultats.

Le modèle du Big Bang nous enseigne que l'Univers est né d'une gigantesque «explosion primordiale», il y a 12 à 18 milliards d'années. Cette idée est venue du fait qu'en 1929, l'astronome Edwin Hubble a mis en évidence ce que l'on a coutume d'appeler la «fuite des galaxies» et qui traduit le fait que les galaxies donnent l'impression de s'éloigner de nous, à une vitesse qui semble proportionnelle à leur distance. Comme il ne paraît pas raisonnable d'en déduire que notre galaxie occupe une position privilégiée dans l'Univers, la seule explication valable est d'attribuer cette «fuite» apparente à une dilatation de *toutes* les distances, en tout point de l'Univers, et non à un déplacement réel des galaxies. Ainsi, où qu'il se trouve dans l'Univers, un observateur aura toujours l'impression que tout ce qui l'entoure s'éloigne de lui, et que la vitesse d'éloignement est proportionnelle à la distance. On dit que notre Univers est en expansion. Nous allons éclaircir tout cela un peu plus loin, grâce à quelques notions de base de la relativité générale.

Si l'Univers est en expansion, cela signifie qu'en remontant le cours du temps, on arrive à un moment où sa taille est infiniment petite. Cet instant peut donc être interprété comme... celui de la naissance de l'Univers, celui du fameux «Big Bang». Le Big Bang est cette sorte d'explosion primordiale qui a donné naissance à notre Univers, ce dernier subissant encore l'expansion consécutive à cette titanesque explosion. L'augmentation de volume qui en résulte est accompagnée d'une diminution de la température globale de l'Univers et de sa densité d'énergie. Au moment du Big Bang, ces deux grandeurs étaient infinies. Actuellement, la température[1] de l'Univers est de 2.73 K, soit 2.73 degrés au dessus du 0 absolu, la température la plus basse possible, qui vaut –273.16°C.

L'une des plus importantes preuves en faveur du modèle du Big Bang est la découverte, en 1965, d'un rayonnement dans le domaine des micro-ondes, en provenance de toutes les directions de l'Univers. Ce rayonnement, dont l'existence avait été prévue par la théorie, est appelé «rayonnement cosmologique» ou «rayonnement de fond» de l'Univers. Il montre que celui-ci rayonne tout entier comme un corps «chauffé» à la température d'environ –270°C. En effet, quelle que soit la direction visée, la répartition de l'intensité de ce rayonnement en fonction de la longueur d'onde est toujours identique et conforme à celle d'un corps chauffé à –270°C, qui rémettrait l'énergie conférée par cette «chaleur» sous forme de rayonnement électromagnétique, donc de photons, ces particules qui composent la lumière et, d'une façon générale, tout rayonnement électromagnétique. L'intensité maximale du rayonnement cosmologique est émise à une longueur d'onde voisine de 3 mm, c'est-à-dire dans un domaine de longueurs d'ondes soumis à l'absorption causée par l'atmosphère terrestre. Cela signifie qu'une très large portion de

[1] En toute rigueur, dire que la température de l'Univers est de 2.73 K n'a pas de sens, dans la mesure où ce dernier n'est plus en équilibre thermique. Mais ce petit «mensonge» permet d'aller plus loin dans les explications, sans trop déformer la réalité.

ce rayonnement ne peut être détectée que grâce à l'utilisation de satellites. C'est pourquoi il a fallu attendre les récentes observations du satellite COBE (Cosmic Background Explorer) pour disposer d'une mesure extrêmement précise de la température actuelle de l'Univers, à 0.01 degré près. Les photons qui composent le rayonnement cosmologique ont été émis très peu de temps après le Big Bang, en comparaison de l'âge de l'Univers. L'origine de ce rayonnement remonte en effet à environ 100'000 ans après la grande explosion primordiale, soit la cent cinquante millième partie du temps écoulé depuis cette époque. On peut donc considérer les photons du rayonnement cosmologique comme les témoins des toutes premières étapes de la création de notre Univers. Pour employer une image familière, on pourrait dire que le rayonnement cosmologique est comparable à une sorte de bruit de fond, comme un lointain écho de la «déflagration» qui aurait accompagné l'explosion primordiale.

Pour résumer ce qui vient d'être dit, l'Univers est en cours de refroidissement, sa température actuelle étant d'environ –270°C. Ce refroidissement trouve son origine dans l'expansion que subit l'Univers, expansion dont la «fuite des galaxies» est l'une des conséquences observables et la preuve la plus évidente.

La relativité générale, pilier de la cosmologie

Pour comprendre comment les distances peuvent augmenter et les galaxies s'éloigner sans que ces dernières se déplacent, il faut faire appel aux travaux que le physicien Albert Einstein réalisa au début de ce siècle. Ce fut lui en effet qui comprit le premier que, pour expliquer certains faits observationnels ou expérimentaux, il faut associer dans les mêmes équations le temps et les trois dimensions de l'espace. Cet important pas en avant n'est pas encore celui qui allait permettre d'étudier l'Univers dans son ensemble. Mais c'est ainsi que naquit le concept «d'espace-temps», qui gouverne tous les systèmes contenus dans l'Univers et l'Univers lui-même. Einstein décrivit ce concept et les résultats fondamentaux qui découlent de son application à la description du monde dans ce qu'on appelle la *relativité restreinte*, théorie présentée en 1905. Ses conséquences sont très importantes et ses applications nombreuses. Citons notamment le principe d'équivalence entre la masse et l'énergie, le fameux «$E = m\ c^2$», où E désigne l'énergie, m la masse et c^2 le carré de la vitesse de la lumière. Ce principe, qui découle de la formulation de lois physiques dans un espace-temps à 4 dimensions, a rendu possibles, entre autres: la compréhension, par Hans Bethe en 1938, des mécanismes (les réactions nucléaires) à l'origine de la formidable énergie rayonnée par les étoiles et notamment par le soleil; la production d'énergie domestique dans les centrales nucléaires; la libération brutale d'énergie destructrice dans les explosions des bombes A et H; et les progrès de la physique des particules à travers l'utilisation d'accélérateurs et de collisionneurs de particules. Contrairement aux trois premiers exemples, les collisionneurs de particules utilisent le principe d'équivalence entre la masse et l'énergie dans l'autre sens: de la matière est créée à partir d'énergie. Nous reviendrons un peu plus loin sur ce dernier point.

C'est en approfondissant sa relativité restreinte qu'Albert Einstein énonça les principes révolutionnaires d'une nouvelle théorie, la *relativité générale*, dont le résultat le plus considérable est qu'elle fournit une interprétation géométrique du phénomène de la gravitation universelle. Lorsque, en 1916, Einstein publia la relativité générale, il acheva de bouleverser la conception des physiciens sur l'espace et le temps. Mais, très vite, des mathématiciens, des physiciens et des astronomes se penchèrent sur l'application de cette théorie à l'étude globale de l'Univers, dans lequel la force dominante est précisément la gravitation. Lorsque, en 1929, Hubble fit sa découverte de la fuite des galaxies, il devint rapidement évident que l'Univers devait être décrit par un espace-temps obéissant aux principes de la relativité générale et subissant une expansion continue. Ce fut la naissance de la cosmologie moderne. Fille de la relativité générale, elle-même issue de l'approfondissement de la relativité restreinte, la cosmologie part du principe que la structure de l'Univers et son évolution s'énoncent à l'aide d'équations à 4 dimensions, le temps jouant le rôle de quatrième dimension. Plus exactement, les phénomènes qui se déroulent dans l'Univers s'expriment correctement dans un espace, l'espace-temps, où la position de chaque «événement» est repérée grâce à 4 coordonnées: La longueur, la largeur, la hauteur et une quatrième coordonnée qui est une fonction du temps. C'est ainsi que la fuite des galaxies est la conséquence, dans les 3 dimensions auxquelles notre perception des choses nous donne accès, d'un phénomène qui s'explique dans un Univers à 4 dimensions... et que notre esprit ne pourra jamais appréhender complètement.

Comprendre la relativité générale à l'aide d'un ballon de baudruche

Pour mieux comprendre ce dont il s'agit, il est nécessaire de raisonner par analogies. La plus parlante est celle qui consiste à supposer l'existence d'êtres bi-dimensionnels, que nous nommerons: les «bidims». Imaginons que l'univers des bidims soit la *surface* d'un énorme ballon de baudruche. Pour ces êtres, l'Univers perceptible est donc pourvu de deux dimensions, comme eux. Evidemment, il s'agit en réalité d'une surface qui se développe dans un volume, donc dans un espace à trois dimensions. Mais les bidims ne peuvent imaginer un monde à plus de deux dimensions, de même que nous ne pouvons imaginer un monde à plus de trois dimensions...

Dans l'univers des bidims, c'est-à-dire à la surface du ballon, on trouve des structures bi-dimensionnelles qui sont l'équivalent, avec une dimension en moins, de nos galaxies. L'une de ces «galaxies» abrite nos êtres hypothétiques. Repérons trois points *immobiles* à la surface du ballon, marquant les emplacements de trois galaxies dont l'une est celle des bidims. Supposons maintenant que l'on gonfle le ballon de baudruche: sa surface se dilate. Nous voyons alors les trois points s'écarter les uns des autres, par suite du gonflage. Du point de vue des bidims qui, pour se déplacer, sont condamnés à suivre la courbure de la surface du ballon – leur univers – ces trois points subissent un mouvement qui indique que les trois galaxies s'éloignent entre elles. Puisqu'ils se trouvent sur l'une de ces trois galaxies, ils considèrent que les deux autres «fuient». En outre, ils peuvent calculer que la galaxie la plus distante s'éloigne plus vite que la plus proche. En fait, les bidims ne tarderont pas à s'apercevoir que la distance entre eux et n'importe quel point de leur univers augmente avec le temps, d'autant plus vite que ce point est éloigné de leur position. Voici donc comment le gonflage du ballon de baudruche, phénomène qui se déroule dans un univers à 3 dimensions, est interprété par les bidims comme une fuite des galaxies dans l'univers à 2 dimensions qu'ils perçoivent. Voici pourquoi les bidims voient les galaxies s'éloigner, même si ces dernières ne se déplacent pas dans leur univers, c'est-à-dire à la surface du ballon.

Mais imaginons à présent que l'un de ces êtres hypothétiques, ayant bénéficié d'un enseignement de mathématiques (on peut espérer que la privation d'une dimension n'entrave pas trop les progrès des mathématiques...), cherche à vérifier, *sur*

une grande échelle, l'équivalent, dans le monde bidim, du théorème de Pythagore. Il se rendra bien vite compte que, pour tout triangle rectangle, la somme des carrés des deux plus petits côtés n'est jamais égale au carré de l'hypothénuse! Or, notre mathématicien bidim sait que cette loi n'est valable que pour les surfaces planes. Donc, s'il pousse un peu plus loin sa réflexion, il interprétera ce résultat comme la preuve de l'existence d'une courbure globale de l'Univers, mais d'une courbure qui s'inscrit dans une troisième dimension, inconcevable par son esprit «enfermé» dans un univers à 2 dimensions. Il pourra même calculer le rayon de courbure qui, pour nous, n'est autre que... le rayon du ballon! Si, en outre, notre cosmologue bidim se rend compte que ce rayon de courbure augmente avec le temps, il comprendra alors peut-être que ce qu'un autre avait nommé «fuite des galaxies» n'est qu'une expansion de son univers... expansion que nous, êtres tri-dimensionnels, concevons sans difficulté et assimilons au gonflage du ballon de baudruche.

Dans un premier temps, le mathématicien bidim serait peut-être regardé par nombre de ses collègues comme un fantaisiste ou un fou. Et pourtant... ses observations ne s'expliquent que par l'existence d'un phénomène affectant un univers qui possède une dimension de plus, et qui «englobe» celui dont il a conscience. Revenons aux êtres tri-dimensionnels que nous sommes, enfermés dans une vision de l'espace qui n'admet que la longueur, la largeur et la hauteur. Notre Univers possède une courbure globale, caractérisée par un rayon de courbure qui augmente avec le temps. Mais il ne faut pas chercher à matérialiser ce rayon dans l'Univers accessible à nos sens. Il n'a de signification que dans un Univers pourvu de 4 dimensions. De même, la «fuite» apparente des galaxies n'est que la traduction, dans nos 3 dimensions, de l'expansion de l'Univers à 4 dimensions dans lequel nous évoluons sans en avoir conscience, de la même façon que les bidims ne se doutent pas qu'ils vivent à la surface d'une sphère.

Nos êtres bi-dimensionnels, dont l'esprit (bi-dimensionnel lui aussi...) ne peut pas concevoir l'existence d'une troisième dimension, perçoivent leur univers d'une façon tout à fait différente de celle dont nous, nous le percevons. Etant donné qu'ils sont infiniment petits comparés à la taille du ballon, leur univers leur semble infini: s'ils partent dans une direction, ils ne rencontreront jamais de limite, jamais de barrière, jamais de bord. Mais pour nous, qui avons accès à une dimension supplémentaire, leur univers est circonscrit dans une sphère, que nous aurions du mal à qualifier d'infinie! En fait, l'Univers des bidims est *illimité* mais *fini*. Il est possible que ces qualificatifs puissent convenir également à la description de notre propre Univers. Ce n'est pas tout. Pour les bidims, l'intérieur du ballon est hors de leur univers. Cela n'existe tout simplement pas. Pour aller d'un point à un autre de la surface du ballon, ils ne peuvent quitter cette dernière. Nous, nous voyons bien que le plus court chemin consiste en une ligne droite traversant l'intérieur du ballon. Mais pour les bidims, prendre le plus court chemin pour aller d'un point à un autre de leur univers consiste à suivre la courbe de la sphère, en visant bien. Après, il suffit de continuer «tout droit». Les bidims croient ainsi suivre une ligne droite puisqu'ils vont «tout droit». Pour nous, ils suivent une trajectoire courbe, puisqu'ils «collent» à la surface sphérique du ballon, prenant ainsi un chemin qui n'est pas le plus court. Mais c'est tout naturellement que les bidims pensent se déplacer en ligne droite, exactement comme nous considérons que pour aller de Genève à New York, il faut «aller tout droit»... même si nous savons que sur le globe terrestre, la trajectoire est incurvée!

La relativité générale, théorie de la gravitation

Nous venons donc de constater que le «plus court chemin» pour aller d'un point à un autre n'apparaît pas forcément comme une ligne droite. En fait, l'idée de «plus court chemin» est intimement liée à la structure de l'univers dans lequel on évolue. C'est pourquoi on a introduit la notion de *géodésique*, sorte de généralisation de la ligne droite. La relativité générale nous enseigne que tout corps, de la particule élémentaire à l'étoile supergéante, ne peut que suivre une géodésique de l'espace-temps au cours de ses déplacements, quelles que soient les forces auxquelles ce corps est soumis. *Toute trajectoire est obligatoirement une géodésique*. L'importance, en relativité générale, de la notion géométrique de géodésique étant soulignée, nous pouvons à présent montrer comment cette théorie permet d'expliquer en termes géométriques la gravitation, c'est-à-dire la force qui provoque l'attraction mutuelle de deux masses. Tout d'abord, selon la relativité générale, toute masse «courbe» localement l'espace-temps (quadri-dimensionnel), un peu comme on peut déformer une surface souple. En outre, en vertu du principe d'équivalence entre la masse et l'énergie, cette dernière aussi contribue à incurver l'espace-temps. La courbure globale de notre Univers pris dans son ensemble est donc interprétée comme une déformation générale de l'espace-temps, liée à la masse totale et à l'énergie totale que l'Univers renferme, ainsi qu'à sa vitesse d'expansion. A cette courbure globale viennent se superposer des courbures locales, en chaque point où se trouve une masse. Tâchons d'illustrer, à l'aide d'une image simple, comment une masse peut, en déformant l'espace-temps, engendrer le phénomène connu sous le nom de gravitation universelle.

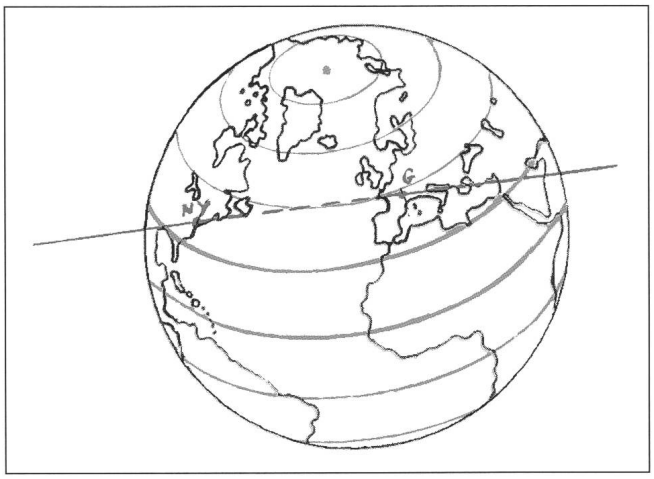
De ce point de vue, l'image habituellement utilisée est éloquente: Lançons, avec une vitesse initiale horizontale, une petite bille de plomb sur une membrane de caoutchouc, horizontale également, et sur laquelle rien d'autre n'est posé. La petite bille de plomb va suivre une trajectoire rectiligne. Maintenant, recommençons l'expérience en ayant posé, au préalable, une grosse bille de plomb au milieu de la membrane. Celle-ci est donc creusée au voisinage de la grosse bille. Si nous lançons la petite bille dans une direction voisine de celle de la grosse bille, la petite bille aura tendance à «tomber» sur la grosse. Selon l'erreur de visée et la vitesse initiale, la trajectoire de la petite bille s'infléchira plus ou moins vers la grosse bille, jusqu'à éventuellement la conduire à des mouvements à peu près circulaires autour de cette dernière. C'est l'image, à deux dimensions, du mouvement des planètes autour du soleil, ou encore de la lune et des satellites autour de la Terre. Ces corps célestes sont «piégés» par la masse de l'astre central, comme la petite bille lorsqu'elle tourne autour de la grosse bille. La présence de la grosse bille de plomb déforme localement la membrane. Plus la masse de la grosse bille est élevée, plus la déformation est importante et plus celle-ci affecte le mouvement des autres billes. En outre, la distance à laquelle la déformation de la membrane commence à jouer un rôle sur les trajectoires des autres billes est d'autant plus grande que la masse de la grosse bille est importante.

La membrane de caoutchouc pourrait représenter l'espace-temps: toute masse déforme l'espace-temps autour d'elle, pour lui donner une courbure locale qui est d'autant plus importante que la masse est grande. Cette image – l'espace-temps représenté par une membrane déformable – est éloquente quand il s'agit de donner une idée de la façon dont une déformation de l'espace-temps, causée par une masse, peut provoquer des effets similaires à ceux qui

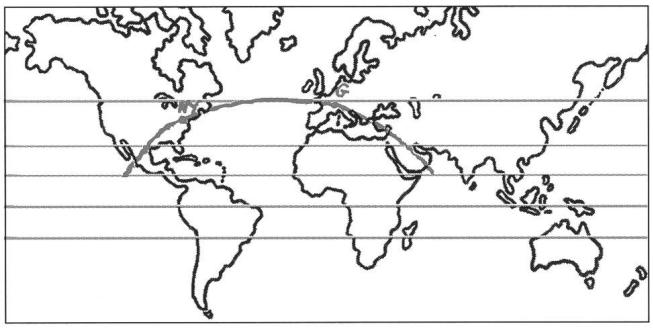
caractérisent la gravitation: infléchissement d'une trajectoire, mise en orbite... Mais on doit se garder de la considérer comme une représentation de ce qu'est la gravitation dans un espace-temps qui aurait une dimension de moins que celui dans lequel nous évoluons. On pourrait pourtant penser que cette image est l'illustration d'une gravitation affectant un espace-temps tri-dimensionnel et dont les effets, dans un univers spatial bi-dimensionnel, sont ceux qui sont visibles dans une projection plane de la membrane déformée. C'est faux. Pour mieux comprendre ce qui se passe en réalité dans un espace-temps au voisinage d'une masse, il faut se souvenir que, selon la relativité générale, tout corps se déplace obligatoirement sur une géodésique, c'est-à-dire sur une *ligne droite généralisée*. Ainsi, dans l'espace-temps quadri-dimensionnel de notre Univers, tout corps suit obligatoirement, au cours de ses déplacements, une trajectoire qui peut être interprétée comme l'équivalent, dans un espace à quatre dimensions, de la ligne droite. Par conséquent, contrairement à la trajectoire de la bille sur la membrane déformée, toute trajectoire dans un espace-temps est une ligne droite, ce dernier étant déformé en tout point où se trouve une masse. Mais pourtant, me direz-vous, les trajectoires des corps célestes apparaissent bien incurvées dans nos trois dimensions! Bien sûr: c'est la déformation de l'espace-temps quadri-dimensionnel au voisinage de chaque masse qui, dans l'Univers tri-dimensionnel que nous percevons, fait apparaître les lignes droites comme des lignes courbes! Tandis que l'absence de masse, et donc l'absence de déformation de l'espace-temps, laisse ces lignes droites inchangées dans un espace pourvu de seulement trois dimensions.

Résumons: Si les trajectoires des corps célestes nous apparaissent courbées, c'est parce que nous les voyons dans un monde à trois dimensions, un univers privé de sa quatrième dimension. La *projection* d'une géodésique dans notre univers perceptible, à 3 dimensions, est courbe lorsque l'espace-temps, à 4 dimensions, est lui-même courbe. En revanche, l'absence de masse, ou d'énergie, laisse l'espace-temps «plat». Dans ce cas, la projection d'une géodésique de l'espace-temps dans notre Univers perceptible tri-dimensionnel est alors une ligne droite. Illustrons ces «effets de projection» par une image faisant appel à un espace tri-dimensionnel dans lequel on considère un univers pourvu de seulement deux dimensions. Nous aurions pu reprendre l'exemple de l'Univers des bidims. Prenons une image semblable – une sphère – mais plus familière: le globe terrestre (voir figure en haut à droite). Pour aller de Genève à New-York, le chemin le plus court, dans l'espace à trois dimensions qui sert de cadre à notre exemple, est évidemment... un tunnel en ligne droite, joignant les deux villes en passant sous terre! Faisons abstraction des problèmes – colossaux – que rencontreraient les ingénieurs chargés de sa construction (n'oublions pas que la température de l'intérieur terrestre atteint très rapidement plusieurs centaines de degrés!). Une fois ce tunnel construit, les voyageurs ayant l'intention de l'emprunter pourraient visualiser leur trajet sur une carte, qui ne serait autre qu'une *projection* plane de la surface du globe et du tunnel. Sur une telle carte, les parallèles du globe terrestre apparaîtraient comme des lignes droites... mais le tunnel dessinerait une courbe!

L'espace-temps plat, dont les géodésiques nous apparaissent comme des lignes droites, est celui de la relativité restreinte, qui constitue une bonne approximation de la réalité lorsque les masses et les distances considérées sont négligeables à



En relativité générale, les mouvements des corps s'effectuent le long des géodésiques de l'espace-temps. Ce dernier, quadridimensionnel, est «courbé» par la masse et l'énergie. Les géodésiques sont les chemins les plus courts et constituent une sorte de généralisation de la ligne droite. Considérées dans notre Univers tridimensionnel, ces géodésiques apparaissent incurvées, d'où les trajectoires des corps célestes. C'est une façon de concevoir la gravitation universelle.



Pour se représenter le phénomène, imaginons un espace à 3 dimensions dans lequel existe un univers bidimensionnel. Les géodésiques de l'espace à 3 dimensions sont des lignes droites. Les projections de ces lignes droites sur l'Univers bidimensionnel peuvent être des courbes. Par exemple, la géodésique joignant Genève à New-York est un tunnel en ligne droite creusé sous terre. Mais sur une carte comme celles qui ornent les atlas, le tunnel et ses prolongements suivraient une courbe, en raison de la projection utilisée.

l'échelle cosmologique. L'espace-temps courbe est celui de la relativité générale, le seul qui puisse décrire correctement les phénomènes physiques à l'échelle de l'Univers, le seul également qui puisse prendre en compte de façon satisfaisante les effets des masses élevées, comme celles de certains astres: De telles masses peuvent affecter l'écoulement du temps et ralentir ce dernier pour un observateur soumis à leur champ de gravitation. En relativité, une trajectoire est une géodésique, par définition. Si l'espace n'est pas vide, ces géodésiques nous apparaissent incurvées, et *toute chose*, même la lumière, suit des trajectoires incurvées par la masse. C'est cela que l'on appelle la gravitation universelle.

La preuve que les rayons lumineux sont incurvés au voisinage des masses a été formellement apportée pour la première fois en 1919, par l'observation, lors d'une éclipse solaire, d'une étoile dont la ligne de visée était proche de celle

du soleil. On touche là un point crucial de la relativité générale. La loi de la gravitation universelle, découverte par Isaac Newton dans les années 1680, permet d'expliquer convenablement les mouvements des corps célestes, en fonction de leurs masses et de leurs distances respectives: c'est la mécanique céleste, fondée sur la loi de la gravitation universelle. En vertu de cette loi, deux corps s'attirent proportionnellement au *produit de leurs masses*, et en proportion inverse du carré de la distance qui les sépare. Appliquée à tous les corps, cette loi devient la *théorie classique de la gravitation* et donne satisfaction dans tous les cas rencontrés sur Terre et quasiment tous ceux rencontrés dans le système solaire. Mais elle ne prévoit pas que les photons, particules *sans masse* qui composent la lumière, soient sensibles à la gravitation. La relativité générale donne une explication, géométrique, à ce phénomène: les photons suivent, eux aussi, les géodésiques de l'espace-temps. En outre, des décalages subtils entre l'observation et les calculs de la mécanique newtonienne, comme l'avance du périhélie de Mercure, s'expliquent parfaitement en ayant recours à la relativité générale.

Il faut toutefois bien comprendre que la relativité générale ne remet pas en question la théorie classique de la gravitation: elle la complète. Dans l'immense majorité des problèmes que doivent résoudre les physiciens ou astronomes, la théorie newtonienne de la gravitation convient tout à fait. Mais pour traiter certains problèmes faisant intervenir des masses ou des accélérations importantes, il faut faire appel à la théorie einsteinienne ou *théorie relativiste de la gravitation*. La cosmologie en est l'exemple le plus significatif. En outre, la relativité générale n'est pas seulement un instrument de calcul. Elle constitue le premier véritable début d'explication du phénomène de la gravitation: contrairement à la théorie classique, la relativité générale fournit de précieux éléments de réponse à la question «pourquoi deux masses s'attirent-elles? ». Selon Einstein et sa théorie, deux masses s'attirent parce qu'elles déforment l'espace-temps là où elles se trouvent, et que ces déformations ont tendance à faire «tomber» les deux masses l'une vers l'autre.

La mécanique quantique, physique de l'infiniment petit

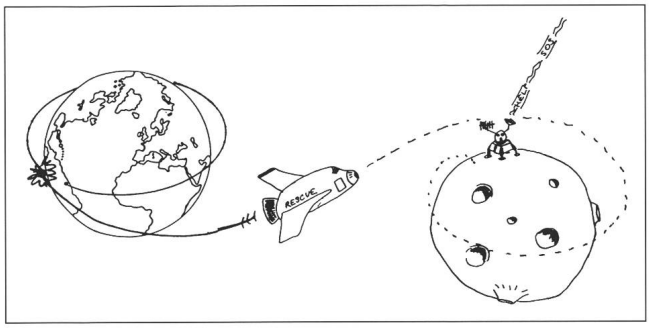
Autant la relativité générale est particulièrement adaptée à l'étude de l'infiniment grand, autant la *mécanique quantique* convient parfaitement à la description de l'infiniment petit, domaine dans lequel son utilisation doit se restreindre. Les conceptions actuelles de la structure profonde de la matière dérivent directement des principes de la mécanique quantique, oeuvre de plusieurs physiciens, élaborée principalement dans les années 1920. Entre l'infiniment petit et l'infiniment grand, les physiciens disposent, pour décrire le monde, d'un arsenal de lois et de principes qui conviennent tout à fait aux échelles de grandeur intermédiaires, mais qui sont incapables de rendre compte de ce qui se passe dans l'un ou l'autre des deux extrêmes. Ce «cloisonnement» apparent dans la physique moderne traduit tout simplement l'existence de phénomènes insignifiants aux échelles de grandeur habituellement considérées, mais prépondérants dans l'un ou l'autre des deux «univers extrêmes».

Nous avons vu que la masse et l'énergie courbent l'espace-temps. Les effets de cette courbure sont considérables et fondamentaux à l'échelle de l'Univers. Ils peuvent aussi être extrêmement spectaculaires s'ils concernent certains objets «exotiques» de l'Univers, comme les hypothétiques trous noirs. Mais, dans le monde qui nous entoure, la courbure globale de l'Univers et celles causées par chacun des objets qui s'y trouvent sont insignifiantes. Elles existent, mais leurs effets ne sont pas plus notables que la courbure de la Terre n'est évidente: à l'échelle de notre planète, la rotondité du globe terrestre est un paramètre important... mais pour construire une maison, on peut faire l'approximation que la surface de la Terre est plate!

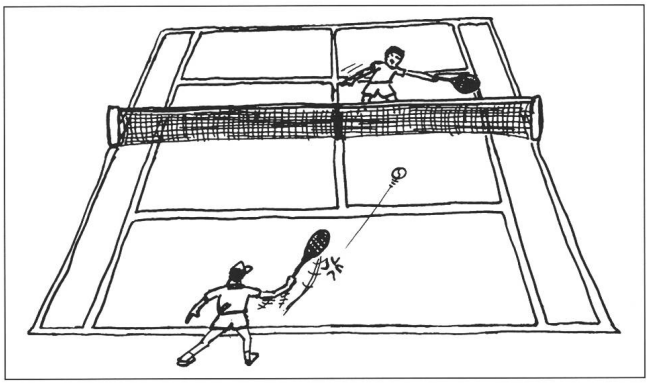
Comme la relativité générale le fait pour l'infiniment grand, la mécanique quantique présente, à plus d'un titre, une image troublante du monde de l'infiniment petit. En particulier, elle considère que l'évolution temporelle des caractéristiques d'un système physique ne peut pas être prédite avec certitude, même si l'état initial de ce système est parfaitement connu. Seules des probabilités peuvent être calculées pour les différentes valeurs que peut prendre chaque paramètre descriptif du système. Cette interprétation probabiliste du monde, qui choqua même Einstein, s'oppose au déterminisme absolu de la mécanique classique, qu'il s'agisse de la mécanique céleste, des lois qui régissent le mouvement d'une balle de tennis lors d'un échange entre deux joueurs... ou même de la relativité générale. Que diriez-vous si je vous disais qu'il est absolument impossible d'avoir la plus petite idée de l'endroit où va atterrir la balle de tennis renvoyée par le joueur A opposé au joueur B, même si l'on a attentivement observé la force et la direction de la frappe de balle, l'inclinaison de la raquette, la vitesse et la direction du déplacement du joueur A au moment où sa raquette rencontre la balle, la direction et la vitesse du vent, etc? Vous répondriez peut-être que le joueur A possède, lui au moins, une idée de l'endroit où il veut placer la balle... Eh bien, en mécanique quantique, ça ne marche pas comme ça. Si vous remplaciez la balle de tennis par une particule élémentaire, vous ne pourriez que calculer des probabilités: la mécanique quantique ne permet en effet que le calcul de la *probabilité* qu'une particule élémentaire en mouvement se trouve à un endroit donné, à un instant t. Non pas, et c'est là que la mécanique quantique heurte le sens commun, parce que vous ne disposeriez pas de tous les éléments pour prévoir correctement l'évolution des paramètres qui décrivent votre particule (vitesse, position...), mais parce que la nature a recours au *hasard* pour les faire évoluer. Cela dit, si l'on quitte le monde de l'infiniment petit pour rejoindre celui des ordres de grandeur qui nous sont familiers, tout «rentre dans l'ordre»: sans quoi, aucun match de tennis ne pourrait se jouer!

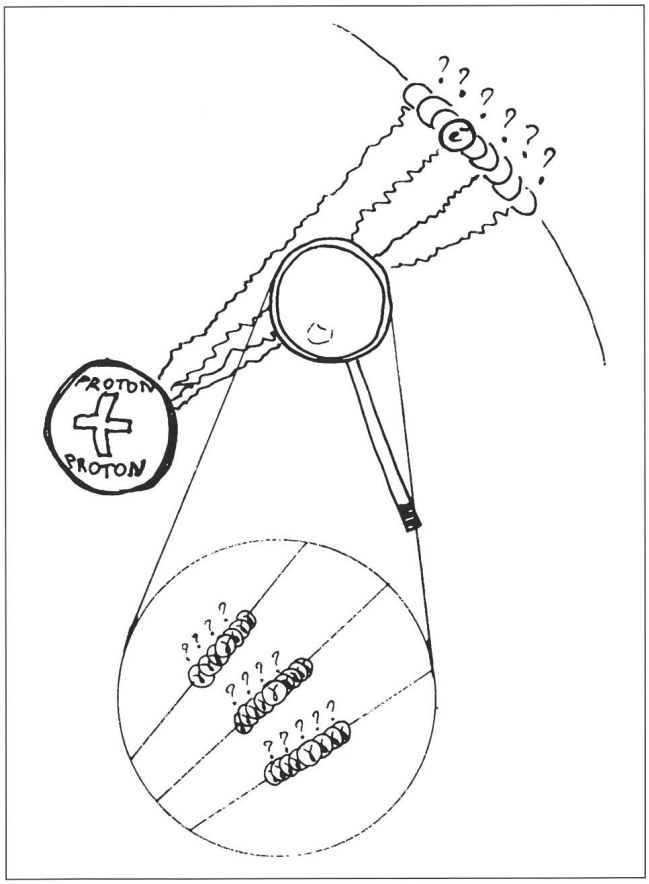
Poursuivons avec l'exemple du match de tennis. A tout moment, on peut déterminer avec une assez bonne précision à la fois la vitesse et la position de la balle de tennis: il suffit par exemple de faire coïncider le déclenchement d'un appareil photo qui immortalisera la position occupée par la balle à l'instant t du déclenchement, avec celui d'un radar qui mesurera la vitesse de la balle en cet instant. Cela marche pour une balle de tennis, cela marche aussi pour les véhicules photographiés par la gendarmerie nationale au dessus de la vitesse maximale autorisée! Mais cela ne marche pas pour les particules élémentaires. C'est Werner Heisenberg, l'un des pères de la mécanique quantique, qui, vers 1925, énonça son fameux principe d'incertitude qui prévoit que l'on ne peut déterminer simultanément et avec une bonne précision la position d'une particule et le produit de sa masse par sa vitesse. La détermination extrêmement précise de l'un de ces deux paramètres entraîne l'augmentation vers des valeurs infinies de l'incertitude sur l'autre paramètre. Dès lors, comment s'étonner d'être dans l'impossibilité de dire où sera la particule à un instant futur donné?

Le principe d'incertitude de Heisenberg et l'interprétation probabiliste du monde de l'infiniment petit par la mécanique quantique ne sont plus aujourd'hui mis en doute. Les



◀ *Lors d'un voyage interplanétaire, un vaisseau spatial suit une trajectoire parfaitement déterminée. Celle-ci peut être calculée en utilisant les lois de la mécanique céleste. Dans une partie de tennis, lors d'un échange, la balle suit une trajectoire que l'on pourrait calculer avec précision en connaissant tous les paramètres qui entrent en jeu. Mais même sans ordinateur, chacun des deux joueurs peut apprécier la trajectoire que va emprunter la balle, et agir en conséquence. Dans le monde des particules, tout est différent. La mécanique quantique abolit la notion de trajectoire. Lorsqu'un proton et un électron échangent un photon (par interaction électromagnétique), on ne peut pas dire à l'avance et avec précision où sera l'électron au moment de léchange. La même indétermination pèse sur le photon émis.*





applications de la mécanique quantique sont nombreuses, y compris dans la conception d'instruments de la vie de tous les jours, et constituent autant de preuves de son bien-fondé. Parmi les grands domaines scientifiques qui en ont bénéficié, citons l'électronique, la physique atomique, la chimie, la physique du solide, la physique nucléaire (et ses applications en astrophysique), et la physique des particules. C'est à la mécanique quantique que nous devons, entre autres, l'invention du transistor, et des semi-conducteurs en général, ainsi que celle du laser. C'est grâce à la mécanique quantique que la télévision existe et que l'informatique est un outil en plein développement. Plus éloignées des préoccupations de la vie de tous les jours, les recherches qui sont menées dans les collisionneurs de particules font grand usage du principe d'incertitude. Nous verrons cela plus en détail.

Parmi les fondements de la mécanique quantique, citons la description probabiliste de la matière, dont nous venons de parler, la variation discontinue de certaines quantités qui, en mécanique classique, varient de façon continue, et ce que l'on appelle la «dualité onde-corpuscule». Nous reparlerons bientôt de ces deux derniers points, fondamentaux en mécanique quantique. Toutes ces hypothèses, étayées par de nombreuses expériences et observations, se sont avérées très fécondes pour la physique des particules.

Résumons tout ce qui vient d'être dit: la relativité générale est l'outil de compréhension de l'infiniment grand, c'est l'instrument de la cosmologie; la mécanique quantique est parfaitement adaptée à la description de l'infiniment petit, c'est elle qui règne en maître dans le monde des particules. Dans ces conditions, comment trouver un terrain commun à la cosmologie et à la physique des particules? Tout d'abord, ce n'est pas parce que le chirurgien utilise un bistouri et le bûcheron une tronçonneuse qu'ils n'ont rien à se dire et qu'ils ne peuvent prendre le bus ensemble. Mais il est certain que la recherche d'une théorie physique unifiant la relativité générale et la mécanique quantique est l'un des défis les plus fondamentaux actuellement relevés par les théoriciens. Nous reviendrons sur ce point important.

La description quantique de la matière

L'image que les physiciens ont peu à peu acquise de la matière est celle d'une structure hiérarchisée, qui voit tous les corps, de la simple bactérie à l'étoile supergéante, s'organiser en molécules, elles-mêmes constituées d'atomes, ces derniers étant formés d'un noyau entouré d'*électrons*. Le noyau se compose, quant à lui, de *nucléons*. Ceux-ci sont de deux sortes: le *proton*, dont la charge électrique est égale mais de signe opposé à celle de l'électron, et le *neutron*, de charge électrique nulle. Dans le cas d'un atome normal, le nombre d'électrons

est égal au nombre de protons, de sorte que l'atome est électriquement neutre. On sait que les électrons, qu'il est commode de considérer comme des particules ponctuelles en orbite autour du noyau, sont les principaux acteurs des phénomènes électriques et chimiques visibles à l'échelle macroscopique. On sait également que le noyau est le siège de toutes les réactions dites, pour cette raison, nucléaires. Le noyau représente la quasi-totalité de la masse de l'atome puisque, si la masse du proton n'est que de $1.67\ 10^{-27}$ kg (moins de deux millièmes de milliardièmes de milliardièmes de milligrammes) et celle du neutron comparable à la masse du proton, l'électron, quant à lui, ne pèse qu'un demi-millième de la masse du proton. Sachant que la taille d'un nucléon est environ la millième partie du milliardième de millimètre, on ne s'étonnera pas du fait qu'il y a encore une trentaine d'années, les scientifiques pensaient que les nucléons étaient les constituants les plus petits du noyau, et que les électrons, les protons et les neutrons étaient les briques élémentaires à partir desquelles était «assemblée» toute la matière. Mais certains faits observationnels restaient mal compris, voire contradictoires avec la théorie. Par exemple, la répulsion électrostatique ne pouvait permettre aux protons de cohabiter dans le noyau. Et pourtant, l'existence d'un noyau solide et stable semblait avérée...

La réponse est venue des développements théoriques et des expériences dans les accélérateurs et collisionneurs de particules, deux champs d'investigations que la mécanique quantique a rendu extrêmement féconds. On sait maintenant que les nucléons sont eux-mêmes des assemblages de particules encore plus élémentaires, les *quarks*, qui interagissent de telle façon que le noyau garde sa cohésion. Malgré la complexité de sa structure, on entend souvent dire que la matière est faite de vide. Cette affirmation n'est pas exagérée: si la taille d'un atome n'excède pas le dix millionième de millimètre, il faut encore diviser par dix mille cette grandeur pour atteindre la taille du noyau. L'immense vide qui règne entre le noyau et les électrons des couches externes n'est cependant pas plus considérable que celui que l'on trouve à l'intérieur des nucléons eux-mêmes (dont la taille est de l'ordre du dixième du diamètre du noyau). En effet, un quark occupe un volume inférieur au milliardième de celui du nucléon; or, il n'y a que trois quarks par nucléon! En fait, comme dans le cas des électrons, les quarks sont si petits qu'il est pour l'instant impossible de leur attribuer une taille. On sait simplement que celle-ci est inférieure au millième de celle du nucléon, c'est-à-dire qu'elle n'atteint pas le millionième de milliardième de millimètre...

Si l'existence de l'électron a pu être établie dès 1897 et celle de la structure dite «planétaire» de l'atome en 1911, il a fallu attendre 1932 pour que l'on découvre le *neutron*, de masse comparable à celle du proton mais porteur d'aucune charge électrique. Ensuite, de nombreuses découvertes ont successivement permis d'affiner notre compréhension de la matière. C'est grâce au développement de la mécanique quantique et des théories qui se sont appuyées sur ses principes, que le voile a ainsi pu être en partie levé sur la structure intime de la matière. La mécanique quantique a permis de comprendre l'organisation de la matière et les interactions entre ses constituants fondamentaux, et aussi de prévoir l'existence de nouvelles particules, lesquelles, une fois détectées, permettaient d'affiner la théorie qui se trouvait validée. Au contraire, la non-détection d'une particule dont l'existence avait été prédite par la théorie incite à une révision de cette dernière. Cette interdépendance entre la théorie et l'expérience, dont se nourrit la science, est à la base des progrès de la physique des particules depuis ses débuts. Actuellement, c'est dans les collisionneurs de particules que sont testées les théories de la matière. Mais, comme nous le verrons un peu plus loin, c'est à l'étude des rayons cosmiques que l'on doit quelques-unes des découvertes importantes intervenues entre 1930 et 1950. Comprendre les conceptions actuelles de la physique des particules nécessite au préalable une petite introduction à ce qui fait l'essence de la mécanique quantique, ainsi qu'un résumé du déroulement historique de la construction de ce bel édifice théorique, dont la portée en physique des particules est immense.

Les origines de la mécanique quantique remontent à l'année 1900, quand le physicien Max Planck propose son *hypothèse des quanta*, qui prévoit que la lumière est faite de «petits grains» possédant chacun une quantité d'énergie fonction de la fréquence: le quantum d'énergie. Ce faisant, et sans le savoir, Planck posa les bases de la mécanique quantique, l'autre révolution de la physique du XX^{e} siècle, avec la relativité. Ainsi, l'énergie varie par sauts, ne pouvant prendre que des valeurs discontinues que nous qualifierons de «quantiques». Cinq ans plus tard, Einstein utilisa ce concept nouveau pour expliquer l'effet photo-électrique. La nature corpusculaire de la lumière était une découverte surprenante, étant donné que tous les physiciens l'avaient jusque-là exclusivement considérée comme une onde, dont les lois de propagation avaient été écrites par Maxwell, en 1868. La variation de l'énergie par sauts fut encore invoquée par le physicien Niels Bohr qui, en 1913, expliqua ainsi le fait que les fréquences (ou les couleurs, si l'on préfère) des rayonnements émis par les atomes ne peuvent pas prendre n'importe quelles valeurs. C'est en effet Bohr qui, le premier, comprit que les électrons ne peuvent graviter autour du noyau atomique que sur des orbites bien déterminées, un changement d'orbite s'opérant toujours par l'absorption ou l'émission d'un quantum d'énergie, c'est-à-dire d'un photon, suivant que l'électron gagne une orbite plus énergétique ou moins énergétique. Cette quantification de l'énergie des électrons constitue un pan important des fondations de la mécanique quantique, en même temps que le point de départ de la physique atomique. Mais c'est une dizaine d'années plus tard que l'impulsion décisive allait être lancée pour l'édification d'une physique entièrement nouvelle, rompant avec des principes considérés jusque-là comme indiscutables, et que même la relativité n'avait osé remettre en question.

Comme pour achever de rendre floue la frontière entre la notion de particule et celle d'onde, ce fut, après le photon, au tour de l'électron de se voir attribuer la double nature, à la fois ondulatoire et corpusculaire. C'est Louis de Broglie qui, en 1923, associa une onde à l'électron, dans sa *mécanique ondulatoire*. Tout alla ensuite très vite. 1926: Erwin Schrödinger propose une équation qui régit l'évolution temporelle de l'onde que De Broglie attribue aux électrons et que l'on appelle la «fonction d'onde». La même année, Max Born relie la probabilité que le résultat d'une mesure prenne une valeur quantique, à la fonction d'onde. 1927: la nature ondulatoire de l'électron est confirmée expérimentalement. Ainsi, l'on sait maintenant que les électrons comme les photons et, d'une manière générale, les particules élémentaires, se comportent, tantôt comme des particules, tantôt comme des ondes, selon les circonstances. Par la suite, la mécanique quantique volera de succès en succès dans son application à la description des phénomènes microscopiques de la nature.

Entrée en (anti)matière de la physique des particules

En 1929, la physique fait à nouveau un important pas en avant, grâce au physicien Paul Dirac qui introduit les concepts de la relativité restreinte dans la description quantique du comportement des électrons. La théorie qui en résulte aboutit à la prédiction de l'existence d'un électron de charge positive, ou «antiélectron». Cette nouvelle particule, de même masse que l'électron mais de charge opposée, que l'on nomme plus volontiers «positron» (ou parfois «positon»), sera détectée en 1932 dans les rayons cosmiques, validant ainsi la théorie de Dirac. Cette détection du positron est le premier exemple historique illustrant l'intersection entre la physique des particules et l'astrophysique. Mais surtout, la découverte de l'antiélectron dans les rayons cosmiques apporta la preuve de l'existence de l'antimatière. On sait maintenant que chaque particule élémentaire possède son *antiparticule*, de même masse mais possédant des caractéristiques inversées. Par exemple, lorsque la particule n'est pas neutre, son antiparticule possède une charge électrique opposée. Une autre quantité, la «couleur», dont nous allons bientôt reparler, est elle aussi inversée. En fait, la description des propriétés des antiparticules a été mise au point dans une théorie plus récente, qui date de 1949, et que l'on doit à deux physiciens: Richard Feynman, auteur notamment d'une technique de calcul fondée sur une représentation graphique et qui simplifia grandement les calculs relatifs aux interactions électromagnétiques, et Julian Schwinger. L'*électrodynamique quantique*, tel est le nom de cette théorie, traduit les équations de Maxwell, qui décrivent la propagation des ondes lumineuses (ou électromagnétiques, de façon plus générale), en un formalisme qui tient compte des concepts de la mécanique quantique. Les équations de Maxwell sont valables dès que l'on quitte le monde de l'infiniment petit: c'est l'électrodynamique classique. Mais lorsque l'on traite de l'interaction entre deux particules élémentaires, on doit faire appel à l'électrodynamique quantique, ou théorie quantique relativiste du champ électromagnétique. Cette théorie décrit également les processus de création de paires et d'annihilation électron-positron.

La création de paires, conséquence directe du principe d'équivalence entre la masse et l'énergie, est quotidiennement exploitée dans les collisionneurs de particules comme ceux qui fonctionnent au CERN, le laboratoire européen de physique des particules, situé à Genève. Dans ces collisionneurs, de la matière est créée à partir de l'énergie libérée dans des chocs entre particules. Des photons sont transformés en une paire particule-antiparticule. On parle de «matérialisation». C'est lors de ces matérialisations que l'on peut espérer pouvoir faire naître des particules qui n'existent pas à l'état naturel, mais dont la théorie prévoit l'existence. Voilà tout l'enjeu de la recherche expérimentale en physique des particules: tenter de matérialiser des particules extrêmement instables et de les détecter pendant le temps extraordinairement court de leur existence. Il faut savoir en effet que certaines de ces particules ne vivent pas plus d'un dix millième de milliardième de seconde avant de se désintégrer! Nous reviendrons sur ces créations de paires et l'utilisation de ce phénomène en physique des particules.

L'annihilation électron-positron est, elle aussi, une conséquence du principe d'équivalence entre la masse et l'énergie. Mais elle correspond à une transformation inverse: quand une particule et son antiparticule se rencontrent, elles se détruisent mutuellement, on dit qu'elles s'annihilent, et se transforment en énergie, donc en photons.

Quatre interactions pour gouverner l'Univers

Nous avons déjà brièvement décrit quelques caractéristiques de la gravitation. Cette force provoque l'attraction mutuelle de deux corps, quels qu'ils soient. Ce qu'il faut comprendre dès à présent, c'est que la gravitation est en réalité une «micro-force» qui agit sur toutes les particules élémentaires, chacune d'entre elles attirant chacune des autres. Les effets que nous pouvons constater à notre échelle de grandeur ne sont que ceux des forces résultant de la combinaison de toutes ces micro-forces, lorsque de grandes quantités de particules élémentaires sont mises en jeu. La pomme de Newton, notre planète, le soleil, la feuille de papier que vous lisez, le fauteuil sur lequel vous êtes assis... et vous-mêmes, n'êtes en effet que de formidables amoncellements de quarks et d'électrons, tous soumis à l'action de cette force élémentaire. Cette dernière est extrêmement faible, mais l'accumulation d'une telle quantité de particules dans les corps habituellement considérés, même les plus petits, fait que la force résultante devient importante.

C'est Newton qui, le premier, a exprimé la formule mathématique qui permet de calculer l'intensité de cette force en fonction de la masse de chacun des deux corps considérés et en fonction de la distance qui les sépare. Mais Newton a fait beaucoup plus que cela. Il a compris que cette force d'attraction était une force «interagissante». Prenons le cas de deux objets, A et B. Il peut s'agir de deux particules (ou antiparticules). La force de gravitation s'exerce de A vers B, mais aussi de B vers A: A attire B tout autant que B attire A. Pour cette raison, on dit que la force «interagit» entre A et B. On parlera donc «d'interaction gravitationnelle».

L'interaction gravitationnelle n'est que l'une des quatre interactions fondamentales qui existent dans la nature et qui gouvernent l'Univers. Ces quatre interactions fondamentales sont les forces élémentaires qui sont à la base de tous les phénomènes physiques, y compris la cohésion de la matière. Outre la gravitation, ces forces élémentaires sont: l'interaction électromagnétique, responsable des phénomènes électriques ou magnétiques, dont ceux qui sont à l'origine de la structure de l'atome; l'interaction forte, qui intervient dans de nombreuses réactions nucléaires et qui est l'agent de la cohésion du noyau atomique; et l'interaction faible, à l'origine de nombreuses désintégrations de particules, et notamment de la forme la plus courante de radioactivité, la radioactivité *beta*. Cette dernière interaction a ceci de particulier par rapport aux trois autres, qu'elle est la seule à pouvoir modifier la nature des particules qu'elle fait interagir. Nous passerons brièvement en revue ces quatre interactions qui, se manifestant à l'échelle microscopique, sont responsables de la forme sous laquelle existe la matière ainsi que des phénomènes que nous observons à l'échelle macroscopique. Mais afin de mieux comprendre les mécanismes qui régissent ces interactions, il est nécessaire de décrire auparavant les différentes familles de particules élémentaires, en ouvrant au passage une parenthèse (que nous refermerons vite) à propos de la nature du vide dans la physique moderne, qui joue un rôle fondamental en physique des particules.

Les particules élémentaires: des fermions et des bosons intermédiaires

Nous avons vu que la nature est faite de plusieurs particules dites «élémentaires», avec lesquelles se construit la matière... ou l'antimatière. Toutes ces particules sont si petites que, en prenant l'exemple des quarks, nous pourrions en aligner plus d'un million de milliards dans un intervalle de seulement 1 mm. La vision que, de nos jours, nous avons de la structure

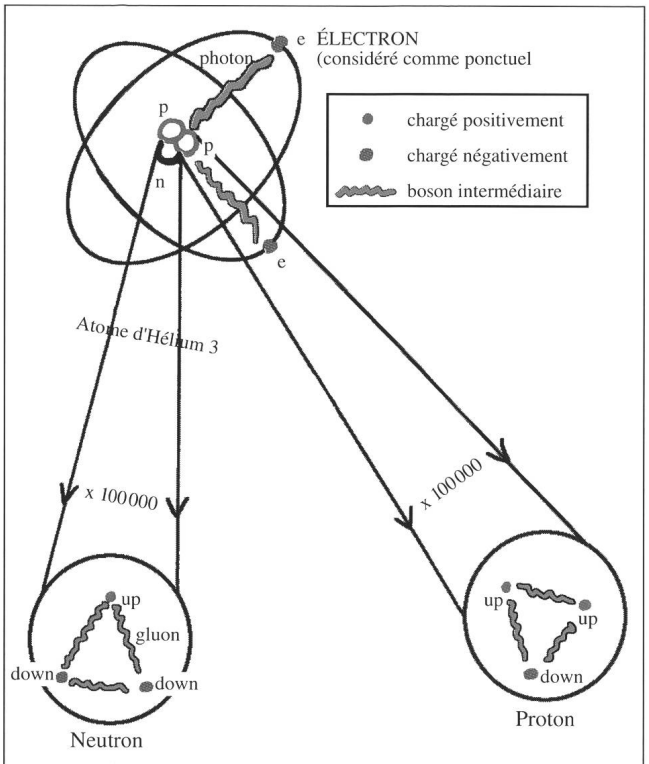
intime de la matière pourrait passer pour très compliquée en raison du nombre assez important de particules élémentaires dont nous avons besoin pour l'expliquer. En réalité, si ce nombre est effectivement beaucoup plus grand qu'il y a quelques dizaines d'années, nous avons considérablement gagné en simplicité quant aux mécanismes nécessaires pour expliquer leurs interactions. Nous savons désormais qu'une interaction entre deux particules consiste en l'échange d'une troisième particule entre elles. Cette particule échangée transmet, en quelque sorte, l'interaction. En outre, toutes ces différentes particules peuvent se regrouper en familles, comme nous allons le voir.

Les particules élémentaires sont d'abord divisées en deux catégories: celles qui subissent les interactions, les *fermions*, et celles qui véhiculent ces interactions, les *bosons intermédiaires* ou bosons vecteurs. Les fermions, dont nous avons vu qu'ils possèdent chacun une antiparticule associée, se subdivisent eux-mêmes en deux types: les *leptons*, dont le représentant le plus connu est l'électron, et les *quarks*.

Nous avons déjà cité le nom d'un boson intermédiaire: en effet, le *photon*, dont il convient de noter qu'il est sa propre antiparticule, est non seulement le constituant de la lumière, mais également l'agent de transmission de l'interaction électromagnétique. Sa charge électrique est nulle. Les autres bosons actuellement connus sont le *gluon*, qui véhicule l'interaction forte et dont la charge électrique est nulle également, et les trois bosons qui transmettent l'interaction faible. Ces derniers sont le *boson* Z°, de charge électrique nulle aussi, le *boson* W^{-}, de charge électrique –1 et enfin le *boson* W^{+}, de charge électrique +1. Les bosons responsables de la transmission de l'interaction faible n'ont été observés pour la première fois qu'en 1983, au CERN. Ajoutons que l'on suppose l'existence d'un sixième boson, le *graviton*, qui transmettrait l'interaction gravitationnelle. Sa détection n'est cependant pas à l'ordre du jour: tant du point de vue théorique que du point de vue expérimental, il est pour l'instant difficile de traiter l'interaction gravitationnelle comme les trois autres forces élémentaires, pour des raisons que nous aborderons plus tard.

En fait, il y a une différence importante entre un boson intermédiaire et un fermion: le second est réel, tandis que le premier est *virtuel*. Qu'entend-on par là? Le fait que les bosons vecteurs soient qualifiés de «virtuels» signifie-t-il qu'ils ne sont pas réels? Exactement. Ou plus précisément, cela indique qu'ils sont inobservables. Pour comprendre le sens de tout cela, il faut tout d'abord revenir au rôle des bosons intermédiaires. Il semble que si une interaction entre deux particules implique l'échange entre elles d'un tel boson, alors toute interaction est un processus qui viole, d'une certaine façon, le principe de conservation de l'énergie: en effet, le boson doit subitement commencer d'exister, véhiculer la force fondamentale et, sitôt sa besogne effectuée, disparaître aussi soudainement qu'il était apparu. Pendant un certain temps, tandis qu'il effectue le trajet d'une particule à l'autre, il est porteur d'une certaine quantité d'énergie. S'agit-il vraiment d'une violation du principe de conservation de l'énergie? Pas si la particule ne peut pas être détectée. Pas si elle n'existe pas assez longtemps pour que l'on puisse l'observer.

Cette inobservabilité ou indététectabilité ne provient pas d'une quelconque insuffisance de moyens techniques mis à disposition des physiciens qui voudraient l'observer, elle est inhérente au boson: celui-ci est virtuel, il n'existe pas vraiment, donc on ne peut pas le voir. Mais comment une particule pourrait-elle à la fois transmettre une force et ne pas exister?



La structure de la matière

La réponse peut être trouvée en ayant recours au principe d'incertitude de Heisenberg, décidément bien utile. En effet, ce principe qui, rappelons-le, stipule que, pour une particule élémentaire, la position x et le produit de la masse m par la vitesse v ne peuvent être déterminées simultanément avec précision, ce principe donc, peut être interprété de façon différente. Le premier énoncé peut s'exprimer dans une inéquation qui s'écrit $\Delta x \,.\, \Delta mv \geq \hbar$, où $\hbar$ est une constante et où les symboles Δ désignent l'incertitude (par exemple, Δx est l'incertitude sur la position de la particule). Cette inéquation est équivalente à une autre inéquation: $\Delta E \,.\, \Delta t \geq \hbar$, où Δt désigne un intervalle de temps et ΔE une fluctuation d'énergie. Voilà l'explication de notre paradoxe apparent: si le principe de conservation de la quantité d'énergie est «violé» pendant un intervalle de temps Δt tel que l'inégalité n'est pas vérifiée, c'est-à-dire si le boson intermédiaire d'énergie ΔE n'existe pas assez longtemps pour que le membre de gauche de l'inéquation soit supérieur ou égal au membre de droite, alors le boson échappe à toute détection et le principe de conservation de la quantité d'énergie n'est pas violé. En ne satisfaisant pas le principe d'incertitude de Heisenberg, le boson ne gagne pas ses galons de particule *réelle*, mais il peut tout de même transmettre une interaction. Les bosons intermédiaires sont, pour cette raison, qualifiés de *virtuels*. Cependant, même inobservables directement, les bosons intermédiaires peuvent être indirectement détectés, grâce à l'observation des particules qui naissent de leur désintégration.

Quand le vide n'est plus vide

Nous avons déjà évoqué les «créations de paires». Dans ce type de processus, c'est un photon virtuel qui se transforme en une paire particule-antiparticule, constituant ainsi une

illustration de l'équivalence de la masse et de l'énergie, ces deux quantités pouvant se transformer l'une en l'autre. Ainsi, la paire particule-antiparticule ne surgit pas du néant, elle provient de la transformation d'un photon virtuel. Ce dernier aussi désobéit au principe d'incertitude de Heisenberg. Nous avons maintenant un aperçu d'un autre bouleversement apporté par la mécanique quantique: le vide n'est pas synonyme de rien. Dans le vide, il peut toujours y avoir des particules virtuelles.

Comme nous l'avons vu, cette notion de vide qui ne l'est pas vraiment est à la base des expériences qui sont menées dans les collisionneurs de particules. Lors de certaines de ces expériences, on provoque la collision de deux faisceaux de particules circulant en sens inverse dans un anneau. Avant le choc, chaque faisceau a accumulé une certaine quantité d'énergie, conférée par sa vitesse, celle-ci étant très proche de celle de la lumière. Lors de la collision, cette énergie, appelée *énergie cinétique* parce que due à la vitesse des particules, est soudain concentrée dans un volume infiniment petit et brutalement libérée. Une grande partie de cette énergie libérée se transforme alors en masse, des paires particule-antiparticule étant créées à partir de photons virtuels. Le «surplus» d'énergie disponible sera instantanément conféré aux particules nouvellement créées, sous forme d'énergie cinétique, par la vitesse qui leur aura été communiquée. Pour qu'une particule de masse donnée puisse être créée lors d'un de ces chocs, il faut donc que l'énergie libérée au moment de la collision soit au moins égale à la masse au repos de cette particule, multipliée par le carré de la vitesse de la lumière. On comprend à présent la course à l'énergie engagée depuis de nombreuses années par les physiciens, qui veulent disposer de nouveaux accélérateurs et de nouveaux collisionneurs, toujours plus puissants. Cette course vers des énergies sans cesse plus élevées n'a d'autre motivation que la recherche de la mise en évidence de particules toujours plus massives, qui n'existent pas à l'état naturel, mais qui peuvent se matérialiser dans des collisions énergétiques, validant ainsi une théorie si elles sont observées avec les caractéristiques prédites par ladite théorie... ou renvoyant les théoriciens à leurs calculs dans le cas contraire.

Les leptons et les quarks

Il est temps de revenir à notre inventaire des particules élémentaires. Nous avons vu que les fermions, les particules réelles (et non virtuelles) qui subissent les interactions, se subdivisent en deux catégories: les leptons et les quarks.

Les leptons sont au nombre de six. Il y a d'abord l'électron, dont l'existence a été établie en 1897; il y a ensuite le muon, découvert en 1936 dans les rayons cosmiques; et enfin il y a la particule «tau», dont l'existence est connue depuis 1976, date à laquelle elle fut observée pour la première fois dans l'accélérateur linéaire de Stanford (SLAC), en Californie. Ces trois leptons ont la même charge électrique: Celle-ci vaut -1 (la charge de l'électron sert d'unité). L'électron est le lepton le plus connu puisqu'il rentre dans la constitution des atomes et que le courant électrique n'est rien d'autre qu'un courant d'électrons. Bien que n'entrant pas dans la composition de la matière «normale», celle qui nous entoure et dont nous sommes nous-mêmes faits, le muon et la particule tau existent et doivent être pris en compte si l'on veut comprendre de quoi la matière est faite. Les trois autres leptons sont les *neutrinos* associés à chacun des leptons que nous venons de citer. Chaque neutrino est en effet une sorte de partenaire pour l'un de ces trois leptons. Les neutrinos se distinguent par une charge électrique nulle. Ce sont des particules très difficiles à détecter car elles interagissent extrêmement peu avec la matière. C'est vers 1930 que le physicien Wolfgang Pauli prédit l'existence des neutrinos, mais ce n'est qu'en 1956 que l'on en détecta enfin.

Au début des années 1960, on savait qu'il existait des particules beaucoup plus lourdes que l'électron et le muon: ce sont les *baryons*, dont nous reparlerons. Le proton et le neutron sont des baryons et, à l'époque, on en connaissait également six autres, apparus fugacement dans les accélérateurs de particules ou dans les rayons cosmiques. En 1961, les physiciens Murray Gell-Mann et Yuval Ne'eman montrent indépendamment que l'on peut décrire les propriétés des baryons par une construction mathématique baptisée du nom peu évocateur de SU(3). Selon cette dernière, les baryons obéissent à des «lois de symétrie». En physique des particules, on désigne sous le nom de symétrie la faculté pour un système d'équations décrivant un système physique d'admettre des solutions qui ne changent pas lorsqu'on modifie l'une des caractéristiques du système en question. La symétrie s'exerce alors par rapport à ladite caractéristique. Depuis cette époque, l'application de ces lois de symétrie s'est généralisée à toutes les familles de particules, et l'une de leurs conséquences est qu'il doit y avoir autant de leptons que de quarks. Mais revenons à la description des propriétés des baryons et à la symétrie SU(3). En 1963, le même Gell-Mann et un autre chercheur du nom de George Zweig proposent indépendamment et presque en même temps le modèle des quarks. Selon ce modèle, les baryons sont tous constitués de particules encore plus petites, appelées quarks, et dont les différentes combinaisons possibles permettent de reconstituer des objets physiques obéissant aux principes de symétrie de SU(3). Les propriétés de chaque baryon dépendent des quarks dont il est constitué, lesquels n'existent qu'en un petit nombre de types différents (trois, pensait-on à l'époque). Avec différentes combinaisons de ces trois quarks, on arrivait à reconstituer tous les baryons connus alors. Lorsque, en 1967, à l'Université de Stanford, en Californie, des électrons accélérés jusqu'à une énergie auparavant jamais atteinte permirent de mettre en évidence la présence de particules à l'intérieur des protons, on pensa que l'on venait peut-être de découvrir expérimentalement les fameux quarks.

Depuis, l'apparition de nouveaux baryons a nécessité d'augmenter le nombre de quarks nécessaires pour rendre compte de la diversité de leurs propriétés à l'aide de ce modèle. C'est en 1974 que ce dernier fut définitivement admis, après la découverte d'un baryon dont l'existence avait été prédite à partir du modèle étendu à quatre quarks. Le principe des symétries mathématiques a montré sa capacité à décrire les propriétés de la matière, s'appliquant également aux leptons. Aujourd'hui, la notion de symétrie est fondamentale en physique des particules.

L'existence d'un quark supplémentaire ayant été mise en évidence en 1977, on en recense actuellement cinq: les quarks «up» et «charm», dont la charge électrique vaut $+^2/_3$; et les quarks «down», «strange» et «bottom», dont la charge électrique vaut $-^1/_3$. En réalité, les lois de symétrie que nous venons d'évoquer incitent les théoriciens à prévoir l'existence d'un sixième quark, appelé «top», et dont la charge électrique serait de $+^2/_3$. Ce dernier n'a pas encore pu être détecté, restant pour le moment en dehors de la limite de détection des instruments actuels, en raison de l'énergie importante qu'il faut fournir pour le faire apparaître. Il semble cependant que l'existence de ce sixième quark ne puisse pas être mise en

doute et que sa détection ne soit plus qu'une affaire de temps. Seuls les quarks up et down, qui constituent les nucléons, sont des briques élémentaires de la matière qui nous entoure. Les quatre autres quarks sont beaucoup plus lourds et se désintègrent spontanément pour mener à la création de quarks up et down, ce qui explique leur durée de vie extrêmement courte.

Les quarks ont ceci de particulier que, contrairement aux leptons, il leur est impossible d'être isolés. Cela signifie qu'ils se groupent toujours en baryons et que, par conséquent, aucune expérience ne peut permettre d'observer un quark solitaire. Losqu'une paire quark-antiquark est créée, les deux particules se transforment immédiatement en baryons. Cependant, comme l'ont montré les expériences réalisées dès la fin des années 1960 à Stanford, les quarks sont presque entièrement libres à l'intérieur des nucléons, même s'ils ne peuvent s'en échapper.

Charge électrique, saveur et couleur

Nous avons déjà cité les charges électriques des différents leptons, quarks et bosons intermédiaires. Dans l'état actuel de nos connaissances, deux autres grandeurs caractérisent les particules élémentaires: la saveur et la couleur. Que les lecteurs se rassurent: les physiciens des particules ne confondent leur domaine, ni avec la cuisine, ni avec la peinture! La saveur et la couleur dont ils parlent n'a rien de commun avec les notions que ces mots désignent dans le vocabulaire courant.

La charge électrique régit le comportement d'une particule lorsque celle-ci est soumise à l'interaction électromagnétique. Toutes les particules chargées sont sensibles à cette interaction, tandis que les particules de charge nulle ne seront pas concernées par l'électromagnétisme.

La saveur des particules varie de l'une à l'autre. Il y a autant de saveurs que de particules, ce qui en totalise donc douze pour les fermions. La saveur conditionne le comportement d'une particule face à l'interaction faible. Tous les fermions subissent donc l'interaction faible, d'une façon qui est propre à chacun d'entre eux. En fait, pour les physiciens des particules, la saveur est à l'interaction faible, ce que la charge électrique est à l'interaction électromagnétique.

La couleur caractérise, quant à elle, la réponse d'une particule à l'interaction forte. Seuls les quarks y sont sensibles. En effet, les leptons étant dépourvus de couleur, ils ne peuvent pas être affectés par cette interaction. En revanche, chaque quark peut porter l'une des trois couleurs qui existent dans le monde des quarks: rouge, bleue ou verte. On l'aura compris, la couleur joue, vis-à-vis de l'interaction forte, le même rôle que celui de la charge électrique à l'égard de l'interaction électromagnétique.

Trois familles de fermions

Des considérations théoriques – des lois de symétrie comme celles qui ont conduit à supposer l'existence des quarks – ont amené les physiciens des particules à classer les fermions que nous venons d'énumérer en trois familles. La première famille est celle qui regroupe l'électron, son neutrino, le quark up et le quark down. Cette famille est donc constituée d'un doublet de leptons et d'un doublet de quarks. Les membres de la seconde famille sont le muon, son neutrino, le quark charm et le quark strange: encore un doublet de leptons et un doublet de quarks. Enfin, on trouve associés dans la troisième famille, la particule tau, son neutrino, et les quarks top et bottom, soit à nouveau un doublet de leptons et un doublet de quarks. Rappelons que c'est justement dans le cadre de cette classification motivée par des considérations de «symétrie», que l'existence du sixième quark, le quark top, trouve sa justification.

On remarquera que la première famille regroupe toutes les particules élémentaires qui rentrent dans la composition de la matière «normale», celle qui existe autour de nous: les quarks up et down forment les nucléons et l'électron achève de compléter la structure des atomes. La deuxième famille, quant à elle, est constituée de fermions de plus grande masse. Considérons, par exemple, deux leptons représentant chacune de ces deux familles. On constate que le muon, appartenant à la seconde famille, est 200 fois plus massif que l'électron, membre de la première famille. En raison de leur «grande» masse, les fermions qui composent la deuxième famille sont très instables et ne peuvent pas exister longtemps. On ne les trouve donc que dans le rayonnement cosmique (le muon) ou dans les expériences qui sont menées dans les collisionneurs de particules. La troisième famille, enfin, rassemble des fermions dont les masses sont encore plus élevées. La particule tau, pour reprendre l'exemple des leptons dans chaque famille, possède une masse 4000 fois supérieure à celle de l'électron. Les fermions de la troisième famille sont, par conséquent, encore plus difficiles à mettre en évidence puisque, plus la masse d'une particule est élevée, plus l'énergie qu'il faut fournir pour la créer est importante.

	1re famille	2e famille	3e famille	Charge électrique	Bosons pouvant les faire interagir
Leptons	électron	muon	tau	–1	γ, WZ et gr
	neutrino électronique	neutrino muonique	neutrino du tau	0	WZ
Quarks	up	charm	top	+2/3	gl, γ, WZ et gr
	down	strange	bottom	–1/3	

Classification des particules élémentaires. Parmi les fermions, seul le quark top n'a pas encore pu être mis en évidence. En ce qui concerne les bosons intermédiaires, les gluons (gl), les trois médiateurs W^-, W^+ et Z° de l'interaction faible (WZ) et les photons (γ) ont pu être identifiés. Seul le graviton (gr) reste en dehors de nos possibilités de détection.

En réalité, ces énergies sont extrêmement faibles comparées à celles que l'homme sait créer. C'est la *densité d'énergie* qui doit être colossale pour pouvoir mettre en évidence, par exemple, le sixième quark, le quark top. C'est-à-dire que l'énergie mise en jeu dans les accélérateurs et les collisionneurs de particules doit pouvoir être concentrée dans un volume extrêmement petit, afin de pouvoir se transformer en une particule dont la masse au repos est, dans le cas du quark top, supérieure à 100 fois celle du proton, ou encore, plus grande que 200'000 fois celle de l'électron.

On pourrait se poser la question de savoir s'il existe davantage de familles de fermions que les trois que nous venons d'énumérer. En fait, il semble bien que ce nombre soit effectivement limité à trois. L'une des raisons qui incitent les

physiciens à repousser la possibilité de l'existence d'une quatrième famille de particules élémentaires fait appel à la cosmologie, plus exactement à ce que l'on sait (ou croit savoir) de l'histoire de la formation de la matière, dont les moments cruciaux remontent aux tout premiers instants de l'Univers.

Brève histoire de la matière

Au fur et à mesure que l'Univers s'est refroidi, la matière s'est élaborée. Ce processus a commencé par la création des nucléons à partir des quarks, s'est poursuivi avec la synthèse des noyaux légers (quelques nucléons seulement), puis la formation des atomes neutres, et s'est achevé par la synthèse des éléments lourds dans les étoiles qui étaient nées de l'effondrement gravitationnel des nuages d'hydrogène.

Il ne s'est écoulé qu'un temps de l'ordre du dix millième de seconde après le Big Bang, pour que les quarks s'associent en protons et en neutrons. L'Univers était alors à une température de plusieurs milliers de milliards de degrés. Environ une minute après, quand l'âge de l'Univers ne se comptait encore qu'en dizaines de secondes, la grande majorité des noyaux des éléments légers qui peuplent actuellement l'Univers se sont constitués à partir des nucléons récemment formés. C'est en effet lors de cette *nucléosynthèse primordiale* que furent synthétisés: le deutérium (ou hydrogène «lourd»), à partir d'un proton et d'un neutron; l'hélium 3 et l'hélium 4, à partir de deux protons et de respectivement un et deux neutrons; et le lithium 7, à partir de trois protons et quatre neutrons. La température de l'Univers avait considérablement baissé, mais était encore d'environ un milliard de degrés! Ce n'est que bien plus tard, environ 100'000 ans après, que les électrons allaient être capturés par les noyaux, formant ainsi des atomes neutres dans un Univers de quelques milliers de degrés. Ces cent mille ans n'auront pourtant été, pour l'Univers, que l'équivalent, pour un homme de soixante dix ans, des quatre premières heures de sa vie...

A partir de ce moment, et tandis que l'Univers continuait à se refroidir, les nuages de gaz ont commencé à se contracter sous l'effet de la force de gravitation. Principalement constitués d'hydrogène atomique (un proton autour duquel gravite un électron: c'est l'atome le plus simple), ces nuages de gaz ont fini par se contracter suffisamment pour que la densité et la température au centre des grumeaux qui s'étaient ainsi formés deviennent assez importantes pour que les réactions nucléaires démarrent. C'est de cette façon que la première génération d'étoiles est née dans les galaxies. Depuis, plusieurs autres générations se sont succédées, toutes dues aux mêmes mécanismes de formation. Il y a cependant une différence très importante entre la première génération d'étoiles et celles qui lui ont fait suite: ces dernières ont pu bénéficier de l'apport des éléments lourds qui avaient été fabriqués dans le coeur des étoiles qui les avaient précédées, grâce aux réactions nucléaires au cours desquelles des noyaux fusionnent pour donner des noyaux plus lourds. En effet, lorsqu'une étoile meurt en explosant (phénomène connu sous le nom de supernova), elle éjecte une grande quantité de la matière qu'elle avait elle-même synthétisée au moyen des réactions de fusion thermonucléaire, rejetant ainsi dans le milieu interstellaire des éléments lourds que les prochaines générations d'étoiles intégreront au cours du processus de contraction gravitationnelle. Si cet enrichissement en éléments lourds est important, c'est parce que sans ces noyaux fabriqués un jour au coeur d'une étoile, nous n'existerions pas... Nous en sommes en effet entièrement constitués!

Où la désintégration du boson Z° confirme la nucléosynthèse primordiale

Par conséquent, à la différence des éléments plus lourds, presque tous les noyaux formés de 2 à 7 nucléons ont été synthétisés dans les deux premières minutes de l'Univers. Ce fait a permis un rapprochement important entre l'astrophysique et la physique des particules. Revenons à l'inventaire que nous avons fait des particules élémentaires dont nous connaissons l'existence (rappelons cependant que le quark *top* n'a pas encore été mis en évidence).

Nous avons vu que les physiciens des particules classent les fermions en trois familles, et nous avons dit qu'ils excluent désormais la possibilité que l'on en découvre une quatrième. Cette quasi-certitude est très récente et repose sur des expériences qui se sont déroulées dans des collisionneurs de particules, et dont les résultats sont, en outre, en accord avec les calculs que les astrophysiciens avaient effectués en se fondant notamment sur leurs propres observations. En effet, en 1989, quatre équipes du CERN et une équipe de Stanford conduisirent des expériences destinées à compter les différentes espèces existantes de neutrinos. Pour ce faire, ils mesurèrent la durée de vie moyenne du boson Z°, seule particule dont la désintégration aboutit souvent à la matérialisation de paires neutrino-antineutrino. Plus il existe d'espèces de neutrinos, plus le boson Z° aura de possibilités de se désintégrer et, par conséquent, plus courte sera sa durée de vie. Pour mesurer cette dernière, les physiciens ont encore recours au principe d'incertitude de Heisenberg: souvenons-nous que l'un des énoncés de ce principe relie la durée de vie d'une particule à l'incertitude sur son énergie. Les expérimentateurs procèdent donc de la manière suivante: Ils font varier l'énergie des collisions au cours desquelles les bosons Z° sont produits; puis ils dressent la courbe donnant le nombre de détections de bosons Z° en fonction de cette énergie, la courbe obtenue ayant une forme dite «en cloche» et s'étalant de part et d'autre du maximum; enfin, ils mesurent la largeur de cette cloche. Cette largeur constitue en effet une estimation de l'incertitude sur l'énergie du boson Z°. L'application de la relation d'incertitude permet ensuite d'en déduire la durée de vie moyenne de ce boson.

La mesure indirecte du temps moyen séparant la matérialisation du boson Z° de sa désintégration permet donc, nous venons de le voir, de calculer le nombre d'espèces de neutrinos existants. Or, si des quarks et des leptons autres que des neutrinos pourraient avoir des masses qui les maintiennent au delà des possibilités de détection des collisionneurs actuels, il n'en va pas de même des neutrinos, particules dont la masse est nulle ou quasi nulle. Donc, s'il existe d'autres familles de fermions que celles déjà identifiées, la seule possibilité de les mettre en évidence est de chercher à faire apparaître les neutrinos qui en sont membres. En outre, on peut être sûr qu'aucune espèce de neutrino ne peut échapper à sa détection, en raison justement de la nullité supposée de la masse de tout neutrino, qui met ce dernier, quelle que soit la famille dont il est membre, à la portée des collisionneurs actuels. La mesure de la durée de vie du boson Z° et, par conséquent, du nombre d'espèces existantes de neutrinos, constitue donc bien un comptage des différentes familles de particules élémentaires. Les résultats des expériences qui furent menées dans ce but indiquent sans ambiguïté qu'il n'existe que trois sortes de neutrinos, correspondant aux trois espèces connues. C'est pourquoi, toujours pour des raisons de symétrie mathématique, les théoriciens pensent que le nombre des doublets de leptons et celui des doublets de quarks doivent être de trois, eux aussi.

Quant à la durée de vie du boson Z°, elle est de l'ordre de 10^{-25} seconde, c'est-à-dire un dix millionième de milliardième de milliardième de seconde...

En fait, il eut été surprenant que le nombre d'espèces de neutrinos trouvé dans ces expériences fût supérieur à trois. En effet, les neutrinos ont considérablement contribué au refroidissement de l'Univers qui a accompagné son expansion, chaque neutrino représentant, en quelque sorte, une perte d'énergie. N'interagissant que par interaction faible (ils n'ont ni masse, ni charge électrique, ni couleur), les neutrinos n'ont qu'une probabilité extrêmement faible de céder leur énergie, en raison de l'intensité et de la portée extraordinairement réduites de cette interaction. Or, c'est en partie de la vitesse de refroidissement de l'Univers que dépendent les quantités relatives des éléments légers qui peuplent actuellement l'Univers. Et justement, ces abondances, telles qu'elles sont estimées, correspondent à l'effet de trois types de neutrinos et ne seraient pas compatibles avec l'existence d'une quatrième espèce. Voilà un bel exemple «d'interaction» entre la physique des particules et la cosmologie...

Dans le prochain numéro:

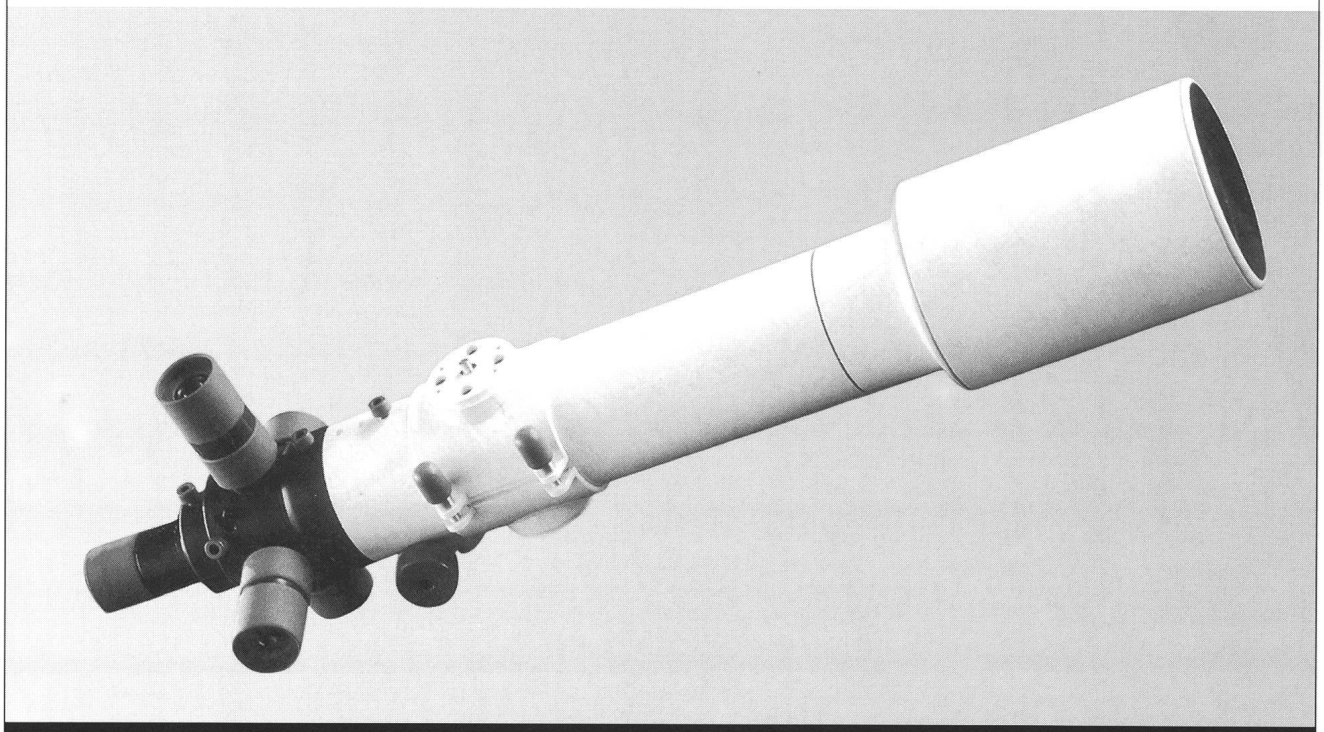
Les défis communs à la cosmologie et à la physique des particules

II. Vers une théorie globale de l'univers

Dans le prochain numéro d'ORION, nous verrons comment les physiciens des particules progressent sur le chemin de l'unification des interactions fondamentales (leur description par une seule et même théorie), en dépit des caractéristiques extrêmement différentes avec lesquelles ces dernières se manifestent. Nous verrons également que la connaissance de ce qui s'est passé au moment de la naissance de l'Univers passe par la réconciliation entre la relativité générale et la mécanique quantique, deux théories dont les incompatibilités constituent des obstacles que les physiciens n'ont pas encore réussi à surmonter.

JACQUES GUARINOS
Observatoire de Genève et
Institut d'astronomie de l'Université de Lausanne

BORG 100 ED Refraktor



Schmidt-Cassegrains, Newtons, JSO-Schmidtkameras, Montierungen, Okulare, Spiegel-Sets, Filter, Adapter, etc.
Bestellen Sie unseren GRATISKATALOG!

RYSER OPTIK

Kleinhüningerstrasse 157 4057 Basel ☎ 061/65 32 04

Mitteilungen / Bulletin / Comunicato 1/94
Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Société Astronomique de Suisse
Società Astronomica Svizzera

SAG·SAS

Redaktion: Andreas Tarnutzer, Hirtenhofstrasse 9, 6005 Luzern

50. Generalversammung der SAG in Brig–Glis am 7. u. 8. Mai 1994

Die Astronomische Gesellschaft Oberwallis freut sich, die Mitglieder der SAG zur 50. Generalversammlung in Brig–Glis zu empfangen. Im Hof des Stockalperschlosses, dem Wahrzeichen unserer Stadt, findet zu diesem Jubiläum eine kleine Feier statt.

Mit einem reichhaltigen Rahmenprogramm, wie Vorträgen zu verschiedenen astronomischen Themen, einer Ausstellung von professionellen Anbietern astronomischer Artikel, sowie Arbeiten von Amateuren besteht die Möglichkeit, Astronomie zu erleben

Der traditionelle Sonntagsausflug führt uns in die Region Leuk. Damit möchten wir den Teilnehmern das Mittelwallis mit seiner vielseitigen Kultur näher bringen. Als Abschluss der diesjährigen Generalversammlung besuchen wir die Satellitenbodenstation oberhalb Leuk

Wir würden uns auf eine vielbesuchte Generalversammlung freuen

Für die Organisation
R. ARNOLD

50e Assemblée générale de la SAS à Brig-Glis les 7 et 8 mai 1994

La section du Haut-Valais de la Société Astrononique de Suisse est heureuse de pouvoir accueillir les membres de la SAS pour la 50e assemblée générale de la société. Afin de fêter ce jubilé, une petite cérémonie aura lieu dans la cour du château de Stockalper, fierté de la ville de Brigue.

Un programme-cadre riche en conférences ayant pour thèmes des sujets variés, une exposition, organisée par des exposants professionnels, ainsi qu'une exposition de travaux exécutés par des amateurs nous feront vivre deux jours très intéressants.

L'excursion traditionnelle du dimanche nous conduira dans la région de Loèche. Ce choix a pour but de faire connaître le Valais central et sa culture aux participants. Pour clore l'assemblée générale, nous visiterons la station au sol de télécommunications par satellites de Brentjong, au-dessus de Loèche.

Nous serions très heureux de pouvoir accueillir un grand nombre de participants.

Le comité d'organisation

Programm

Samstag 7.Mai 1994

1000	Ankunft der Tagungsteilnehmer. Hotelbezug Öffnung des Tagungsbüros und der Austellung im Pfarreizentrum.
1100-1130	Begrüssung der Teilnehmer im Vortragssaal. Kurzvortrag.
1145-1300	Apero im Stockalperhof. Willkommensgruss (Stadtpräsident R. Escher). Begrüssungsansprache (Staatrat S. Sierro). Musikständchen Jugendmusik Brig.
1300-1400	Kleines Mittagessen im Restaurant Schlosskeller.
1415-1615	GV im Pfarreizentrum.
1615-1630	Pause.
1630-1800	Kurzvorträge. Vorstellung der projektierten Volkssternwarte St-Luc.
1830-1930	Nachtessen im Foyer der Berufsschule Brig.
2000-2045	Hauptvortrag von Herrn G. Meynet: «Etoiles et Galaxies».
2100-2245	Hauptvortrag von Herrn U. Hugentobler: CCD-Kamera: Funktionsweise und Anwendung am Astronomischen Institut der Universität Bern.
2300	Ende des Samstagsprogramms.

Sonntag 8.Mai 1994

0930	Abfahrt in Brig.
1015-1200	Geführter Rundgang durch die Stadt Leuk.
1200	Mittagessen in der Burgerstube von Leuk (Raclette)
1400-1515	Besichtigung der Satellitenbodenstation Leuk.
1515	Rückfahrt nach Brig.
1550	Ankunft im Bahnhof Brig.

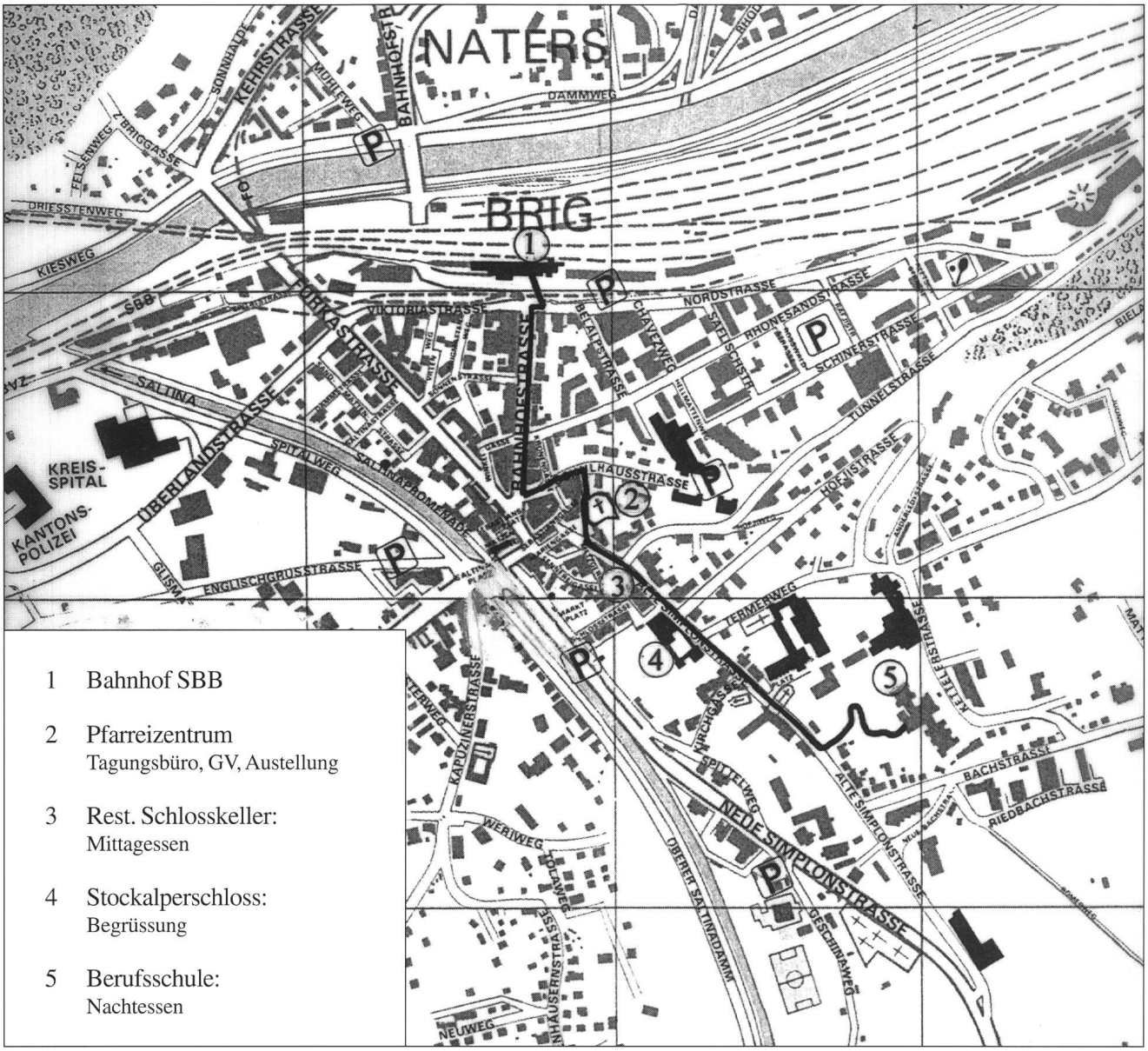
Programme

Samedi 7 mai 1994

1000	Arrivée des participants. Arrivée à l'hôtel. Ouverture du secrétariat et de l'exposition au Centre paroissial.
1100-1130	Accueil des participants à la salle de conférences. Brève conférence.
1145-1300	Apéritif dans la cour du château de Stockalper. Souhaits de bienvenue par M. Escher, président de la ville de Brigue. Allocution de M. Sierro, conseiller d'Etat. Intermède musical, interprété par la fanfare des jeunes.
1300-1400	Petit repas au restaurant Schlosskeller.
1415-1615	Assemblée générale au Centre paroissial.
1615-1630	Pause.
1630-1800	Brèves conférences. Présentation du projet d'un observatoire public de St-Luc par M. Meynet.
1830-1930	Souper au foyer de l'école professionnelle de Brigue.
2000-2045	Conférence en français par M. G. Meynet: «Etoiles et Galaxies».
2100-2245	Conférence en allemand par M. U. Hugentobler: CCD-Kamera: Funktionsweise und Anwendung am Astronomischen Institut der Universität Bern.
2300	Fin du programme de samedi.

Dimanche 8 mai 1994

0930	Départ de Brigue.
1015-1200	Visite guidée de Loèche.
1200	Dîner dans la salle bourgeoisiale de Loèche (raclettes)
1400-1515	Visite de la station au sol de télécommunications par satellites.
1515	Retour vers Brigue.
1550	Arrivée à la gare de Brigue.



Veranstaltungskalender / Calendrier des activités

Bis Ende April 1994
Ausstellung aus Anlass des 100. Todestages von Rudolf Wolf, 1816-1893. Foyer der ETH-Bibliothek, H-Stock 29.5, Rämistrasse 101, Zürich.

Bis 19. Juni 1994
450 Jahre Copernicus «De revolutionibus». Ausstellung des Stadtarchivs Schweinfurt in Zusammenarbeit mit Bibliothek Otto Schäfer, Judithstrasse 16, D-97422 Schweinfurt.
Öffnungszeiten Mittwoch, Donnerstag und Sonntag 14-18 Uhr. Führungen sonntags 14.15 und 16.15 Uhr.
Geschlossen am 3.4., 12.5., 22.5. und 2.6. Eintritt DM 5.–. Auskünfte Tel. 09721/3985.

25. Januar 1994
Hauptversammlung, anschliessend Vortrag von Gaston Fischer. «Sind wir allein im Universum?». Astronomische Gesellschaft Bern. Naturhistorisches Museum Bern, Bernastrasse 15. 19.30 Uhr.

28. Januar 1994
Computerastronomie. Mit Hansruedi Raymann. Astronomische Vereinigung St. Gallen. Naturmuseum, Seiteneingang Museumstrasse 32, St. Gallen. 20.00 Uhr.

18 février 1994
Les impacts météoritiques. Conférence de M. N. Cramer, Observatoire de Genève. Société Fribourgeoise d'Astronomie. Ecole Réformée, av. du Moléson 10, salle de physique. 20 heures.

21. Februar 1994
Venus. Vortrag von Prof. Dr. P. Signer. Naturforschende Gesellschaft Zürich. ETH Zürich, Hörsaal F3. 19.30 Uhr.

22. Februar 1994
Refraktion. Vortrag von Urs Hugentobler. Astronomische Gesellschaft Bern. Naturhistorisches Museum Bern, Bernastrasse 15. 19.30 Uhr.

22. Februar bis 6. März 1994
«Spaceworld», internationale Wanderausstellung. Shopping-Center Spreitenbach ZH.

4. März 1994
Computersimulationen in der Astrophysik - Dynamik von Nebeln und Sternwinden. Vortrag von Dr. R. Walder, Institut für Astronomie, ETHZ. Freunde der Uraniasternwarte und Astronomische Vereinigung Zürich. Universität Zürich. 19.30 Uhr.

11. März 1994
Beobachtungsabend mit R. Burgstaller. Durchführung: Tel. 180, 18.00 bis 20.00 Uhr. Astronomische Vereinigung St. Gallen. Sternwarte Brand, St. Gallen. 20 Uhr.

18 mars 1994
Questions ouvertes sur l'astrophysique. Conférence de M^{lle} Astrid Orr, Observatoire de Genève. Société Fribourgeoise d'Astronomie. Ecole Réformée, av du Moléson 10, salle de physique, 20 heures.

18. März 1994
Der Gregorianische Kalender und die Osterregel von Gauss. Vortrag von Dr. Franz Spirig. Astronomische Vereinigung St. Gallen. Naturmuseum St. Gallen, Museumstrasse 32. 20.00 Uhr.

5. bis 9. April 1994
Wetterkunde für Amateurastronomen. Kurs von H. Bodmer. Info: H. Bodmer, 01/940 20 46. Feriensternwarte Calina, Carona/TI

15 avril 1994
Les canaux de Mars: histoire d'un mythe. Conférence de M. P. North, Institut d'astronomie de l'Université de Lausanne. Société Fribourgeoise d'Astronomie. Ecole Réformée, av. du Moléson 10, salle de physique. 20 heures.

2. bis 6. Mai 1994
«Woche des offenen Daches» der Sternwarte Bülach in Eschenmosen. Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland, Bülach.

7. und 8. Mai 1994
7 et 8 mai 1994
Generalversammlung der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft SAG in Brig. Assemblée Générale de la Société Astronomique de Suisse SAS à Brig.

2. bis 5. Juni 1994
Reise nach Bologna. Astronomische Gesellschaft Luzern. Siehe Ankündigung in diesem Heft.

4.und 5. Juni 1994
CCD-Astronomie. Kolloquium unter Leitung von H. Bodmer. Info: H. Bodmer, 01/940 20 46. Feriensternwarte Calina, Carona/TI.

11. und 12. Juni 1994
11 et 12 juin 1994
10. Sonnenbeobachtertagung SogSAG in Carona
10^{e} Journée des observateurs du Soleil GosSAS Carona

8. bis 12. August 1994
«Woche des offenen Daches» der Sternwarte Bülach in Eschenmosen. Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland, Bülach.

26. bis 30. September 1994
Elementarer Einführungskurs in die Astronomie von Dr. M. Howald-Haller. Info: H. Bodmer, 01/940 20 46. Feriensternwarte Calina, Carona/TI

3. bis 8. Oktober 1994
Astrophotographie mit der Schmidt-Kamera. Kurs von D. Maiwald. Info: H. Bodmer, 01/940 20 46. Feriensternwarte Calina, Carona/TI.

10. bis 14. Oktober 1994
«Woche des offenen Daches» der Sternwarte Bülach in Eschenmosen. Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland, Bülach.

10. bis 14. Oktober 1994
Einführung in die Optik. Kurs von H. Bodmer. Info: H. Bodmer, 01/940 20 46. Feriensternwarte Calina, Carona/TI.

15. und 16. Oktober 1994
12. Schweizerische Amateur-Astronomie-Tagung AAT 94 in Luzern.

Astro-Materialzentrale SAG

SPIEGELSCHLEIF-MATERIAL: *Duran-Glasscheiben, Schleif- und Polier-Material, Pech, Spiegelschleif-Garnituren für Spiegel ab ø 10 cm.*

ASTRO-OPTIK der Schweizer Marke SPECTROS: *Umkehrsystem, Filter, Helioskop, spez.verg. Okulare, Achromate, Fangspiegel, usw.*

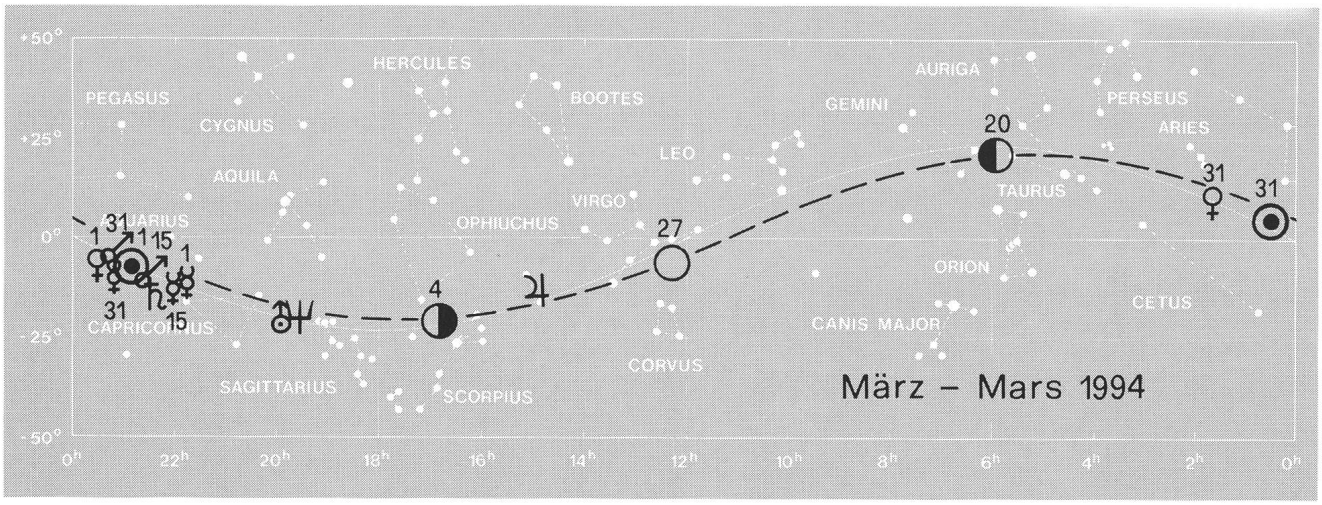
Neu! ASTRO-OPTIK von Baader: ***Eudiaskopische Okulare, beleuchtete Fadenkreuzokulare, Such- und Leitfernrohre usw.***

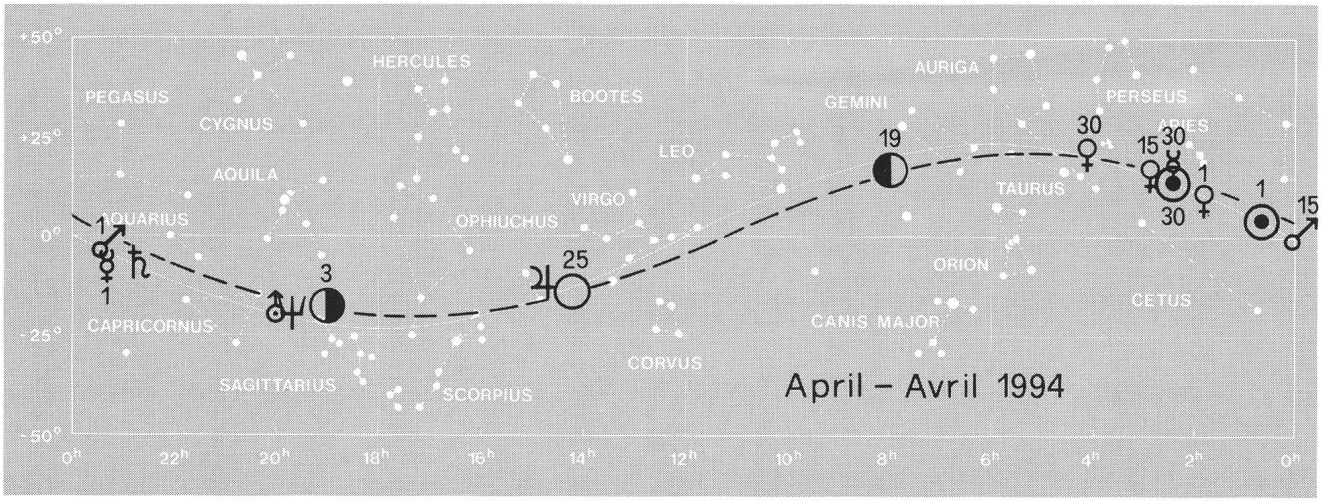
Neu! ausgezeichnete CCD-Kamera

Neu! Parabolspiegel für Newton-Teleskope

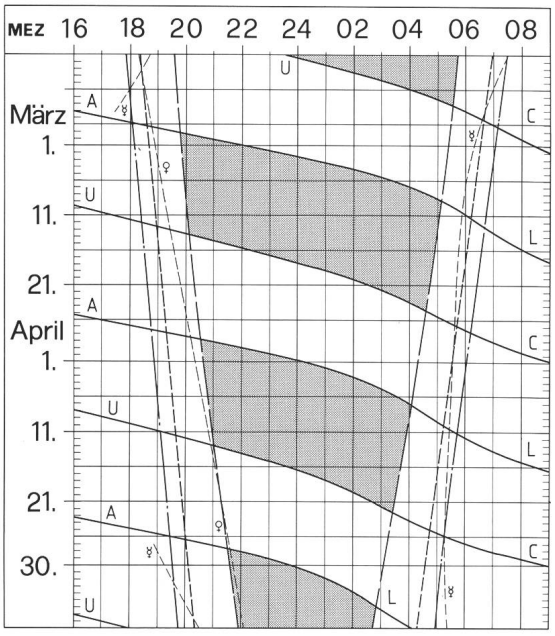
Unser SELBSTBAU-PROGRAMM SATURN *mit allen Artikeln erhalten Sie gegen Fr. 1.50 in Briefmarken bei:*

Schweizerische Astronomische Materialzentrale SAM
Ch-8212 Neuhausen a/Rhf, Tel. 053/22 38 69 und 22 54 16





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 / U C Mondaufgang / Lever de la Lune
Monduntergang / Coucher de la Lune

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

Die Sektionen der SAG

H. STRÜBIN

Wollen Sie mehr wissen über die Aktivität, Ausrüstung und die Kontaktpersonen unserer 32 Sektionen?

Im Verlauf des Jahres 1993 hat der Zentralvorstand mit einer Umfrage Informationen über die 32 Sektionen der SAG eingeholt. Den Anstoss dazu gab die «Société Vaudoise d'Astronomie». Der Fragebogen, der dabei ausgefüllt wurde, enthält vier Teile:

1) Allgemeine Informationen

Dieser Teil enthält u.a. Name und Adresse der Sektion, Anzahl Mitglieder, Name und Adresse des Präsidenten und weiterer Kontaktpersonen. Zudem wird der Standort des von der Sektion benützten Observatoriums angegeben.

2) Ausrüstungen

Hier wird die der Sektion zur Verfügung stehende Ausrüstung aufgelistet: Fernrohre, Feldstecher, Koronographen, Photoausrüstung, CCD-Kameras... Zudem werden Angaben gemacht über die vorhandenen Bücher und Zeitschriften.

3) Bildung und öffentliche Führungen

Dieser Abschnitt gibt Auskunft über die Aktivität der Sektion, d.h. über öffentliche Beobachtungen, Kurse, Vorträge, Computer-Demonstrationen, Weiterbildungsmöglichkeiten und Höcks.

4) Forschung

Verständlicherweise haben hier nur wenige Sektionen etwas zu berichten.

Die Sammlung dieser 32 Fragebogen bietet eine sehr schöne Übersicht über die Sektionen der SAG und gibt viele Anstösse zu neuen Kontaktmöglichkeiten. Einige Sektionen entfalten eine rege und vielfältige Aktivität; andere, vor allem die kleineren, bewältigen ein etwas bescheideneres Programm. Jeder Fragebogen drückt aber den Willen aus, einen Beitrag zur Verbreitung des astronomischen Gedankengutes zu leisten. Ich danke allen, welche zur Vervollständigung dieser Dokumentation beigetragen haben, sehr herzlich.

Das Resultat der Umfrage soll allen Sektionen zur Verfügung stehen. Wenn Sie an einer Kopie interessiert sind, wenden Sie sich bitte an den Technischen Leiter der SAG:
Herrn H.Bodmer, Schlottenbüelstrasse 9b, 8625 Gossau ZH, Tel. 01/936 18 30.

H. STRÜBIN

Tout sur les sections de la SAS

Voulez-vous en savoir plus sur les activités et équipements de nos 32 sections et connaître des adresses de contact?

Tout au long de l'année 1993, le comité central a fait remplir un questionnaire assez complet par les 32 sections que compte la SAS. L'initiative pour ce recueil revient à la Société Vaudoise d'Astronomie. Le questionnaire qui a été obligemment rempli pour chaque section comporte quatre lignes directrices:

1) Informations générales

Par exemple: Nom et adresse de la section, du président et d'autres personnes de contact, effectif des membres, lieu et coordonnées du ou des observatoire(s) en activité.

2) Equipement

Ici, on trouvera la liste des instruments mis à la disposition des membres de chaque section, à savoir: jumelles, lunettes, télescopes, coronographes, équipement photographique, caméras CCD. On diffuse aussi des indications sommaires sur les ouvrages et revues que possèdent les sections.

3) Formation et relations extérieures

Dans cette rubrique, on trouvera des renseignements sur l'activité des sections, p. ex. séances publiques d'observation, cours, séminaires et autres exposés, démonstrations informatiques, possibilités de perfectionnement.

4) Recherche

Seules quelques sections sont actives dans ce domaine.

Le recueil de ces 32 questionnaires constitue une très belle vue d'ensemble de la vie des sections de la SAS et il est de nature à susciter de nouveaux contacts. Quelques sections ont une panoplie d'activités très complète, d'autres, les plus petites surtout, ont un programme plus modeste, mais chaque questionnaire témoigne de la volonté d'apporter une contribution à l'activité astronomique dans notre pays. Je remercie sincèrement toutes les personnes qui ont pris part à l'élaboration de ce document.

Le recueil de cette enquête est à la disposition des sections. Celles qui désirent en obtenir une copie sont invitées à s'adresser au responsable technique de la SAS:
M. Hans Bodmer, Schlottenbüelstrasse 9b, 8625 Gossau, tél. 01/936 18 30.

H. STRÜBIN

Versammlung der Sektionsvertreter vom 20. November 1993 in Zürich

Traktandum 7: Bericht des Technischen Leiters

Anlässlich der Sektionsvertreterversammlung möchte ich die Gelegenheit wieder wahrnehmen, Sie aus meinem Tätigkeitsbereich aus der vergangenen Zeit zu orientieren und Ihnen einige Mitteilungen für die Zukunft zu machen.

1. Sonnenbeobachtergruppe SoGSAG

Von der Sonnenbeobachtergruppe ist weiterhin Positives zu berichten. Die Gruppe war aktiv und die Sonne wird fleissig beobachtet. Die Aktivität der Sonne geht jetzt allerdings stark zurück. Trotzdem hoffe ich, dass sich die Gruppe weiterhin so gut halten wird. Auch fand im vergangenen Frühling im üblichen Rahmen wieder eine Sonnenbeobachtertagung in Carona statt, welche zur Tradition geworden ist.

2. Feriensternwarte Calina / Carona

Auch in diesem Jahr konnten wieder einige Wochenkurse mit zahlreichen Teilnehmern und gutem Erfolg durchgeführt werden. Unter anderm auch wieder einen Einführungskurs in Astrophotographie sowie zwei Einführungskurse.

Im nächsten Jahr finden folgende Kurse und Veranstaltungen statt:

- Vom 5.-9. April 1994; Wetterkunde für Amateurastronomen unter der Leitung von mir.

Dieser Kurs ist neu; es gibt ja kaum eine menschliche Tätigkeit, welche nicht in einer Art und Weise durch das Wettergeschehen beeinflusst wird. Bei Verrichtungen im Freien und bei der astronomischen Beobachtungstätigkeit ist die Abhängigkeit vom Wetter offenkundig. Die Zusammenhänge zwischen der Astronomie und Meteorologie sind so eng miteinander verbunden, dass es sicher auch einmal interessant ist, sich mit dem untersten Teil der Erdatmosphäre zu beschäftigen.

- Vom 11. bis 16. April; Elementarer Einführungskurs in die Astronomie unter der Leitung von Dr. Mario Howald aus Dornach.
- Am 4./5. Juni 1994 findet dann das Kolloquium mit dem aktuellen Thema CCD - Astronomie statt.
- Am 11./12. Juni findet die 10. Sonnenbeobachtertagung unter der Leitung von Thomas Friedli aus Bern statt.
- Vom 26. bis 30. September; Elementarer Einführungskurs in die Astronomie unter der Leitung von Dr. Mario Howald aus Dornach.

Im Herbst 1994 finden ebenfalls zwei neue Kurse statt:

- Vom 3. bis 8. Oktober; Astrophotographie mit der Schmidt-Kamera unter der Leitung von Dieter Maiwald aus Berlin.
  Mit diesem Kurs soll die Arbeit an der Schmidt - Kamera besser gezeigt werden können.
- Vom 10. bis 15. Oktober; Einführung in die Optik unter der Leitung von mir.

Die beiden neuen Kurse sollen die Astrofotokurse sinnvoll ergänzen und für die entsprechenden Arbeiten soll so auch etwas mehr Zeit zur Verfügung stehen.

Ich möchte Sie bitten, Ihre Mitglieder auf diese Kurse aufmerksam zu machen, sie sind gerade für den Einsteiger sehr geeignet.

Neu ist auch, dass die Kursadministration nun bei mir ist, also melden Sie sich von jetzt an bei mir und nicht mehr bei Frau Nicoli an. Frau Nicoli ist ab nächstem Jahr nur noch für die Unterkunft in der Calina zuständig.

Astrotagung 1994 in Luzern

Wie bereits an der letzten Sektionsvertreterversammlung angekündigt, soll wieder eine Schweizerische Amateur-Astro-Tagung durchgeführt werden. Diese Veranstaltung findet im Herbst 1994 in Luzern statt.

Diese Tagung wird in Zusammenarbeit mit der Astronomischen Gesellschaft Luzern AGL organisiert werden.

Jahresdiagramm Sonne, Mond und Planeten 1994

Abschliessend noch eine kurzer Hinweis zum Jahresdiagramm Sonne, Mond und Planeten für 1994. Es zirkulieren wiederum zwei Musterdiagramme mit der Beschreibung sowie eine Bestelliste. Die Auslieferung der Diagramme erfolgt anfangs Dezember, d.h. in wenigen Tagen, der Preis für das Diagramm mit Beschreibung beträgt nach wie vor Fr. 13.– plus Porto und Versand. Das Diagramm ist in zwei Ausführungen erhältlich – plano und auf A4 gefalzt.

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit und wünsche Ihnen bereits jetzt schon frohe Festtage und einen guten Rutsch ins neue Jahr.

HANS BODMER
Techn. Leiter SAG, Schlottenbüelstrasse 9b, CH-8625 Gossau

Astronomie im Mittelschulunterricht

Die Arbeitsgruppe «Astronomie im Mittelschulunterricht» arbeitet im Rahmen der Schweizerischen Zentralstelle für die Weiterbildung der Mittelschullehrer (WBZ). Sie wurde 1966 auf Anregung von Marcel Golay, damals Direktor des Observatoire de Genève, geschaffen und besteht aus sechs bis sieben Mitgliedern. Bis Ende 1993 war sie von Bernard Hauck, Professor an der Universität Lausanne, präsidiert; ihr neuer Präsident ist Stefan Bühler, Lehrer am Gymnasium Kirchenfeld, Bern.

Die Gruppe organisiert jedes Jahr einen oder zwei Kurse für Mittelschullehrer und gibt ein jährlich zwei- bis viermal erscheinendes «Bibliografisches Informationsbulletin» heraus (in Zusammenarbeit mit dem Institut d'astronomie de l'Universite de Lausanne und dem Observatoire de Genève).

Der nächste Kurs, über «Praktische Astronomie», findet vom 14. bis 18. März 1994 in Bülach statt. Die Kursthemen für 1995/96 sind Informatik und Himmelsmechanik.

Auskunft: Weiterbildungszentrale, Postfach, 6000 Luzern 7.

FRITZ EGGER

Astronomie et enseignement secondaire

Le Groupe d'étude «Astronomie et enseignement secondaire» travaille dans le cadre du Centre suisse pour le perfectionnement des professeurs de l'enseignement secondaire (CPS). Créé en 1966 sur l'initiative du professeur Marcel Golay, alors directeur de l'Observatoire de Genève, il est composé de six à huit membres et présidé jusqu'à fin 1993 par Bernard Hauck, professeur à l'Université de Lausanne. Son nouveau président est Stefan Bühler, professeur au Gymnase du Kirchenfeld à Berne.

Le Groupe organise chaque année un ou deux cours d'astronomie destinés aux enseignants des collèges et des gymnases de toute la Suisse et publie un «Bulletin d'information bibliographique» paraissant deux à quatre fois par an (en collaboration avec l'Institut d'astronomie de l'Université de Lausanne et l'Observatoire de Genève).

Le prochain cours, du 14-18 mars 1994 à Bülach, sera consacré à l'astronomie pratique (en allemand). En 1995/96 sont prévus des séminaires sur l'informatique et sur la mécanique céleste. Renseignements: Centre de perfectionnement, case postale, 6000 Lucerne 7.

Astronomische Gesellschaft Luzern

Reise nach Bologna vom 2. bis 5. Juni 1994

Es sind noch einige Plätze frei...

Bologna, die Hauptstadt der Emilia-Romagna, ist die gastronomische Hochburg Italiens und ein Brennpunkt des italienischen Kulturlebens. Sie besitzt die älteste Universität Europas, weshalb sie auch 'La Dotta' (die Gelehrte) genannt wird. Das Herz Bolognas ist die von prächtigen Bauten umgebene Piazza Maggiore. Wahrzeichen sind die Due Torri, zwei imposante schiefe Türme aus dem Mittelalter. Vom einen geniesst man eine schöne Aussicht auf die roten Ziegeldächer der reizvollen Altstadt mit ihren kilometerlangen Laubengängen und auf das hügelige Hinterland.

Hinreise Donnerstag, 2. Juni 1994
Frühmorgens Abfahrt mit Reisecar ab Luzern.

Rückreise Sonntag, 5. Juni 1994
Abfahrt nachmittags in Bologna. Ankunft abends in Luzern

Vorläufiges Programm:
Besuch der alten Sternwarte mit Astronomiemuseum (herrliche Rundsicht über die Stadt), des Schiffahrtsmuseum, der Kirche San Petronio mit Cassinis Meridian, des Instituts für Radioastronomie in Medicina und der optischen Sternwarte in Loiano (1,5 m Teleskop), beide rund 30 km ausserhalb von Bologna, der Basilika San Luca mit herrlicher Wanderung zurück in die Stadt, des Palazzo dell'Archiginnasio mit der grossen Bibliothek, dem Saal 'Stabat Mater' und dem wunderschönen Anatomiesaal, des Physik-Museum etc.

Unterkunft: Hotel Pullman, Bologna
Preisbasis: Doppelzimmer mit Bad/Dusche, WC, inkl. Frühstück
Preise: Fr. 554.– pro Person bei mindestens 15 Personen; Fr. 474.– pro Person bei mindestens 20 Personen; Fr. 426.– pro Person bei mindestens 25 Personen
Zuschläge: Fr. 75.– Einzelzimmer für 3 Nächte; Fr. 13.– Annullierungskostenversicherung (fakultativ)
Im Preis inbegriffen: Fahrt im Reisecar, 3 Übernachtungen, Frühstück

Alle Besichtigungen sind fakultativ, die Zeit kann auch zum Besuch einer anderen nahegelegenen Stadt verwendet werden (Ferrara, Modena, Firenze, Ravenna).

Anmeldung: Bis spätestens 10. März 1994 an: Hedy Müller, Maihofstrasse 80, 6006 Luzern. Tel. 041/ 36 29 39.
Damit wir bald wissen welche minimale Teilnehmerzahl erreicht wird, sind wir für eine möglichst frühzeitige Anmeldung dankbar.

Nébuleuses de la Lagune (M8) et Trifide (M20).

Des détails de la Voie Lactée sont biens visibles dans cette région très riche qu'est le Sagittaire. Le 14/08/93 à 21h10 (TU); Téléobjectif Canon 135 mm f/2.5; TP2415 hypersensibilisé; Filtre rouge (25A); 30 minutes de pose; Qualité du ciel impeccable.
MICHEL WILLEMIN, Rue des Sommêtres 7, 2726 Saignelégier

Avis à nos lecteurs

L'article «Comment choisir son premier télescope astronomique» de F. Zuber dans *Orion* N° 259 a provoqué une forte réaction de la part d'un de nos principaux importateurs de matériel astronomique d'amateur. Notamment pour le contenu du paragraphe traitant des prix. Il n'est pas de notre politique de pratiquer une censure des articles qui nous sont soumis, et dont l'auteur porte d'ailleurs l'entière responsabilité tel que le mentionne notre impressum. Le rôle de la rédaction se limite à écarter des textes qui sont scientifiquement faux, trop pauvres en informations ou de nature diffamatoire.

Dans le cas présent, et nous le regrettons, le ton de la deuxième phrase du paragraphe mentionné peut être considéré par les principaux intéressés comme étant à la limite des convenances. Aussi, s'il est vrai que l'importation directe d'instruments peut paraître à première vue plus avantageuse, notre expérience a bien montré que ce n'est pas très souvent le cas dans la réalité. Aux inconvénients de la commande à l'étranger s'ajoutent les risques non négligeables de dommages dus au transport et à la présence de malfaçons qu'il sera alors très difficile de faire reconnaître par le fabriquant. Il ne faudra pas compter sur une assistance après vente. Ce dernier argument est d'ailleurs bien souligné par l'auteur, et c'est le point essentiel qu'il faut retenir.

Nous profitons de cette occasion pour annoncer que la rédaction accueille volontiers tous les commentaires au sujet de l'article précité.

NOËL CRAMER

An unsere Leser

Der Artikel «Die Auswahl eines ersten astronomischen Fernrohres» von F. Zuber im *Orion* Nr. 259 hat einen unserer wichtigsten Importateure astronomischer Amateur-Instrumente reagieren lassen, insbesondere den Abschnitt über die Preise betreffend. Wie im Impressum vermerkt, tragen die Autoren die Verantwortung der publizierten Artikel; die Redaktion verzichtet auf eine Zensur. Ihre Aufgabe beschränkt sich darauf, Texte zurückzuweisen, die wissenschaftlich falsch, zu arm an Information oder ehrenrührig sind.

Zu unserem Bedauern könnte der Ton des zweiten Satzes des genannten Abschnittes von den direkt Betroffenen als an der Grenze des Zulässigen gesehen werden. Tatsächlich scheint auf den ersten Blick der Direktimport von Instrumenten vorteilhafter. Unsere Erfahrung hat aber deutlich gezeigt, dass dies bei näherem Zusehen nicht oft der Fall ist. Zu den Unannehmlichkeiten der Bestellung im Ausland gesellen sich die nicht zu unterschätzenden Transportrisiken und allfällige Herstellungsmängel, die im Nachhinein beim Fabrikanten nur schwer geltend gemacht werden können. Zudem muss in der Regel auf jeglichen Kundendienst nach dem Kauf verzichtet werden. Der Autor des Artikels hat übrigens mit Nachdruck auf diese Umstände hingewiesen, was besonders zu beachten ist.

Bei dieser Gelegenheit laden wir unsere Leser ein, uns ihre eigenen Erfahrungen und Bemerkungen zu diesem Artikel mitzuteilen.

NOËL CRAMER

RECTIFICATIF

Adresse des sections de la SAS (table des matières 1993, Orion N° 259, Décembre 1993)
La **Société Neuchâteloise d'Astronomie** (N° 24) est présidée par **Raoul Behrend**, Fiaz 45, 2300 La Chaux-de-Fonds.

19.11.80; 20h55 TU. This lunar region is difficult to photograph. The small rillae are 0"45 depth;
C14; F:60; 2415; 1,5 sec.

J. Dragesco

Isidorus, Capella, Rimae Gutenberg, 22.12.75; 3h30 TU. This is, may be, my best high resolution lunar photo. Taken at Pic-du-Midi with the 106 cm Telescope. Only F:16 and Pan F film. Resolution is limited by focal ratio and film at 0"20.

J. Dragesco

Öl kann die Optik ganz schön scharf machen, besonders nachts...

Wir haben das Öl für unsere neue Teleskop-Generation entdeckt und damit den Luftspalt aus dem Objektiv verbannt. Das neue Fügemedium in den einzigartigen APQ-Objektiven – von der Bauart Triplets – vermeidet nicht nur Lichtverluste. Mit der neuen Technologie ist es uns als einzigem Hersteller gelungen, Flußspatlinsen ohne jeden Kompromiß einzusetzen.
Der Erfolg: über 97% Transmission und gestochen scharfe Bilder über den ganzen visuellen und photographischen Bereich. Damit Sie selbst bei lichtschwächsten Objekten noch die Details und Farben erkennen.
Man hat schon behauptet, die Idee mit dem Öl sei genial. Wir finden, Sie sollten der Nutznießer dieser Idee sein.

Carl Zeiss AG
Grubenstrasse 54
8045 Zürich
Tel. 01/465 91 91

Av. Juste-Olivier 25
1006 Lausanne
Tél. 021/320 62 84

ZEISS

1994 verra un immense feu d'artifice astronomique

G. FISCHER

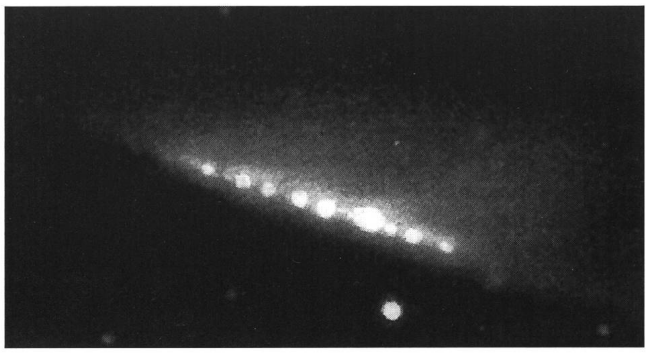
Dans la nuit du 24 au 25 mars 1993, Carolyn Shoemaker et son mari Eugene, ainsi que l'astronome amateur David Levy, découvraient une comète étrange, de forme très allongée. Ils en avisèrent aussitôt la communauté astronomique au moyen de son réseau d'alerte. Dans les nuits qui suivirent, des télescopes les plus puissants, comme celui du Mont Palomar, montrèrent qu'on était en présence d'une comète qui s'était désagrégée en une vingtaine de morceaux, formant dans le ciel la chaîne de perles lumineuses qu'on voit sur une des photographies. On avait déjà vu des comètes brisées en cinq morceaux, mais pas en vingt.

On sait que les comètes viennent des confins du système solaire sur des orbites très allongées qui les portent près du Soleil. On comprit rapidement que la comète Shoemaker-Levy, au cours de son voyage vers le Soleil, avait été happée par Jupiter. Le 8 juillet 1992, lors de son passage tout près de cette grosse planète, soit à ce qu'on appelle le périgée de son orbite, elle ne se trouvait qu'à quelques 25'000 kilomètres au dessus de sa surface. Il est bon, ici, de rappeler que le rayon de Jupiter est d'environ 71'415 km; à l'altitude du périgée, la comète était donc soumise à un fort gradient gravitationnel, cause première de la fragmentation, à laquelle les forces centrifuges ont cependant aussi contribué. Quelques mois plus tard, une étude détaillée de l'orbite révéla qu'au périgée suivant, aux alentours du 21 juillet 1994, la comète entrera en collision avec Jupiter, à la vitesse relative d'environ 60 km par seconde.

La question que tous les astronomes se posent maintenant est de savoir quelle sera l'ampleur de cette collision: en d'autres termes, combien d'énergie va-t-elle libérer? Si le plus gros fragment de Shoemaker-Levy était de la même taille que la comète de Halley, dont les dimensions sont de 10 à 15 km,

Photographie de Shoemaker-Levy deux jours après sa découverte et huit mois après son passage près de Jupiter.

Fotografie des Shoemaker-Levy Kometen, zwei Tage nach seiner Entdeckung und acht Monate nach seinem Periheldurchgang beim Jupiter.



1994 gibt es ein astronomisches Feuerwerk

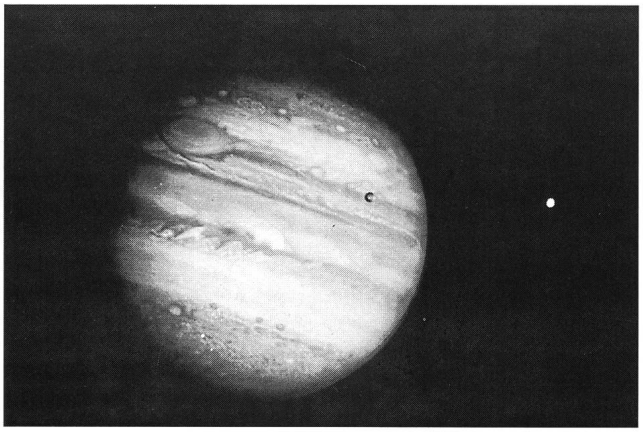
G. FISCHER

In der Nacht vom 24. bis 25. März 1993 entdeckte das Astronomen-Ehepaar Carolyn und Eugen Shoemaker, und unabhängig davon auch der Amateurastronom David Levy, einen etwas seltsam aussehenden, zigarrenförmigen Kometen. Wie üblich erhielt die astronomische Welt, über ihr Alarmsystem, gleich davon Bescheid. In den darauffolgenden Nächten zeigten die grösseren Fernrohre, wie dasjenige vom Mount Palomar, dass man es hier mit einem in etwa zwanzig Stücke zersplitterten Kometen zu tun hatte, der sich am Himmel wie die abgebildete leuchtende Perlenkette bewegte. Schon früher hatte man Kometen gesehen, die aufgespalten waren, aber nur in bis zu fünf Stücke.

Es ist heute bekannt, dass Kometen von den entferntesten Regionen des Sonnensystems kommen, auf langgezogenen

Vue de Jupiter, avec la «grande tache rouge» sur la gauche au dessous de l'équateur et à sa droite le satellite galiléen le plus rapproché, Io.

Aufnahme vom Jupiter. Der «grosse rote Fleck « ist südlich vom Äquator auf der linken Seite sichtbar und rechts der galileische Satellit Io.



Bahnen, die sie in die Nähe der Sonne führen. Man konnte sehr bald nachrechnen, dass der Shoemaker-Levy Komet auf seiner Reise zur Sonne vom Jupiter eingefangen worden war. Beim Perihel, am 8. Juli 1992, ist er nur 25'000 km am Planeten vorbeigeflogen. Berücksichtigt man, dass der Jupiterradius 71'415 km beträgt, wird klar, dass Shoemaker-Levy den Planeten nur knapp verfehlt hatte. Bei diesem streifenden Durchgang befand sich der Komet also in einem starken Gravitationsgradienten: das war die primäre Ursache der Zersplitterung; und die Zentrifugalkräfte auf der gekrümmten Bahn hatten nochmals die gleiche Wirkung. Ein paar Monate später zeigte die genaue Verfolgung der Bahn, dass der Komet am nächsten Perihel, etwa um den 21. Juli 1994, mit dem

l'énergie produite par cette collision serait de l'ordre du milliard de mégatonnes de TNT, soit environ 10 millions de fois la plus grosse bombe atomique testée par l'URSS sur l'île de Novaïa Zemlia. C'est aussi l'énergie de la collision, que bien des scientifiques postulent aujourd'hui, entre la Terre et un météorite de 10 km, qui serait responsable de la disparition des dinosaures et d'un grand nombre d'autres espèces vivantes, voici 65 millions d'années.

Malgré quelques incertitudes qui subsistent encore, tout indique cependant que le fragment principal de Shoemaker-Levy est plus petit, de l'ordre de 2 à 2,5 km seulement. L'explosion sera donc environ cent fois moins spectaculaire; mais nous avons vu que le collier comprend une vingtaine de perles ou fragments, dont plusieurs ont probablement des dimensions de l'ordre du kilomètre. Cela signifie qu'il y aura une série de collisions successives en rapide cascade. Par contre, les impacts se produiront tous sur le côté caché de Jupiter. Ils ne seront donc visibles directement que depuis deux sondes spatiales favorablement placées, en particulier la sonde Galilée, précisément en route vers Jupiter. Bien qu'encore à 200 millions de kilomètres, ses caméras devraient voir une suite d'immenses éclairs de lumière qui dureront chacun plusieurs dizaines de secondes. Fort heureusement, Jupiter tourne sur elle-même en moins de 10 heures et les points d'impacts seront visibles depuis la Terre deux heures seulement après chaque collision. Et ces immenses éclats lumineux seront réfléchis par ceux des grands satellites galiléens, Io, Europa, Ganymède ou Callisto, qui tout en n'étant pas cachés par la planète se trouveraient néanmoins derrière elle. L'éclat supplémentaire de ces satellites sera observable même avec de petits télescopes d'amateurs. Quant à la question de la vraie grandeur des divers fragments, le télescope spatial de Hubble pourra y répondre, si d'aventure l'équipe de la navette Endeavour, dirigée par l'astronaute suisse Claude Nicollier, réussit à corriger le flou de son optique.

On sait que Jupiter est avant tout une immense boule de gaz, dont le rayon est presque douze fois plus grand que celui de la Terre. Il n'y a pas de surface solide comme sur les planètes mineures (Mercure, Vénus, Terre et Mars). A mesure qu'on s'enfonce à l'intérieur de la planète, le gaz d'hydrogène et d'hélium devient de plus en plus dense et finit par devenir liquide, avec des propriétés métalliques. Près de la surface il y a donc une atmosphère épaisse de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres, dans laquelle certains phénomènes tourbillonnaires peuvent perdurer très longtemps, comme la fameuse «grande tache rouge» qu'on connaît depuis plus de cent ans. Lorsque les fragments de la comète tomberont dans cette masse de gaz, ils s'enfonceront profondément et provoqueront d'énormes perturbations atmosphériques, peut-être aussi grandes que la tache rouge, et qui ne se dissiperont que très lentement. Il est donc certain qu'on en verra très bien les traces depuis la Terre, même s'il faudra, cette fois, des instruments un peu plus perfectionnés que ceux de la grande majorité des astronomes amateurs. Selon certains chercheurs, toute la ceinture équatoriale de Jupiter sera perturbée pendant une très longue période. Peut-être même, la tache rouge disparaîtra-t-elle. Une chose est certaine: cette collision nous apprendra beaucoup de choses sur la structure interne des planètes majeures, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, dont les constitutions sont assez semblables.

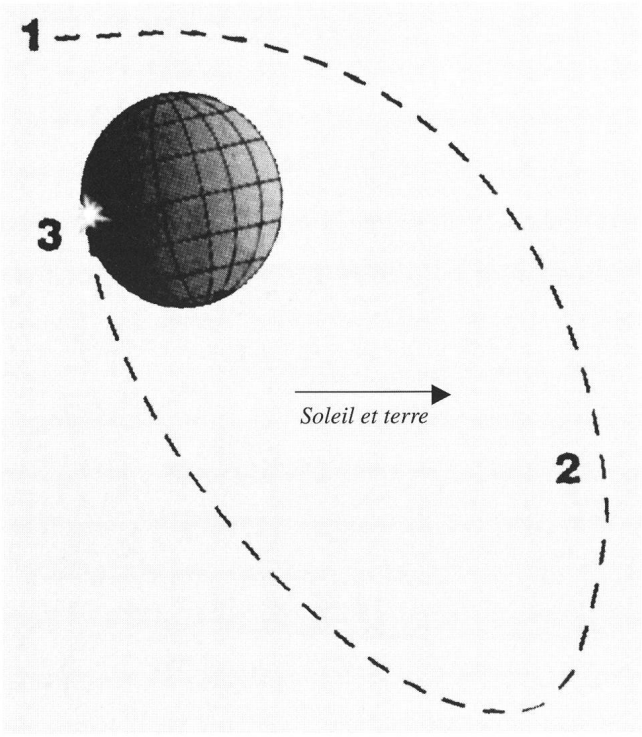
Même si le feu d'artifice ne sera pas visible directement depuis la Terre, certains astronomes le décrivent comme «événement du siècle», voire «du millénaire». En effet, on connaît maintenant suffisamment bien notre système solaire pour pouvoir estimer la probabilité d'une collision entre une

Jupiter zusammenprallen wird. Dabei wird die gegenseitige Geschwindigkeit der beiden Körper etwa 60 km pro Sekunde betragen.

Die Frage, die nun viele Astronomen beschäftigt, betrifft das Ausmass der daraus folgenden Explosion: wieviel Energie wird da umgesetzt werden? Hätte das grösste Stück von Shoemaker-Levy etwa die Dimension vom Kometen Halley, also etwa 10 bis 15 km, ergäbe das eine Energie von ungefähr einer Milliarde Megatonnen TNT, entsprechend etwa 10 Millionen der grössten Atombomben, die die UdSSR je auf der Insel Novaya Zemlya getestet hat. Dies ist auch die Energie, die man heute für jenen vor 65 Millionen Jahren auf die Erde eingefallenen Meteoriten annimmt, der für das Verschwinden aller Saurier verantwortlich sein soll.

Die bisherigen, noch etwas unsicheren, Beobachtungen zeigen jedoch, dass das grösste Fragment von Shoemaker-Levy nur 2 bis 2,5 km beträgt. Die Explosion wird also etwa hundert mal weniger spektakulär sein. Wir haben aber gesehen, dass es etwa zwanzig Fragmente gibt, von denen mehrere die Abmessung eines Kilometers übertreffen. Das heisst also, dass es eine Serie von rasch aufeinanderfolgenden Kollisionen geben wird. Leider werden die Aufstösse alle auf der Rückseite des Jupiters passieren. Direkt sichtbar werden sie nur von zwei günstig postierten Raumfahrzeugen sein, insbesondere von der Galileo Sonde, die zur Zeit zum Jupiter fliegt. Obwohl dann noch zweihundert Millionen Kilometer vom Ziel entfernt, werden ihre Kameras eine Serie riesiger Blitzlichter beobachten können, die mehrere zehn Sekunden andauern werden. Glücklicherweise dreht sich der Jupiter sehr schnell, eine volle Drehung in knapp zehn Stunden, und die Einfallspunkte werden schon zwei Stunden nach dem Aufprall von der Erde aus sichtbar sein. Die riesigen Blitze werden aber auch von den grossen Galileischen Satelliten, Io, Europa, Ganimed und Callisto, reflektiert werden, soweit sich diese auf der Rückseite des Planeten befinden und von diesem nicht gerade verdeckt sind. Dieses Aufleuchten wird sogar mit den kleinen Geräten der Amateure sichtbar sein. Was die genauen Abmessungen der verschiedenen Fragmente angeht, wird das Hubble Weltraumteleskop uns aufklären können, insoweit es der Equipe des Endeavour Raumschiffes, unter der Leitung des Schweizer Astronauten Claude Nicollier, gelingt, die unscharfe Optik zu korrigieren.

Bekanntlicherweise ist der Jupiter ein riesiger Gasball, dessen Durchmesser fast zwölfmal so gross ist wie derjenige der Erde. Es gibt keine feste Oberfläche wie auf den kleinen Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars. Geht man in den Planeten hinein, so wird das Gemisch von Wasserstoff und Helium immer dichter, schlussendlich sogar flüssig, und erhält metallische Eigenschaften. An der Oberfläche gibt es also eine mehrere zehntausend Kilometer dicke Atmosphäre, wo gewisse Wirbelerscheinungen sehr lange anhalten können, wie z. B. der wohlbkannte «grosse rote Fleck», den man schon seit über hundert Jahren kennt. Die Kometenfragmente werden tief in diese Gasmasse eindringen und enorme atmosphärische Störungen hervorrufen, die möglicherweise so gross oder grösser werden könnten als der rote Fleck und lange sichtbar bleiben werden. Von der Erde aus wird man also die Spuren der Einschläge sehr gut beobachten können, wenn wohl auch nicht mehr mit kleinen Amateurinstrumenten. Nach gewissen Rechnungen könnte auch der ganze Äquatorialgürtel des Planeten über sehr lange Zeiten gestört werden und der rote Fleck könnte sogar verschwinden. Eines ist sicher, aus diesem



Esquisse schématique de l'orbite de Shoemaker-Levy après son passage près de Jupiter en juillet 1992.
1. *Juillet 1992, une comète passe à environ 96'000 km du centre de Jupiter. Elle se désagrège. Sous l'influence des forces gravitationnelles de cette planète et du Soleil son orbite aboutit à une collision.*
2. *En mars 1993, les astronomes Shoemaker et Levy découvrent la comète qui apparaît comme un collier de perles lumineuses.*
3. *En juillet 1994, la comète entrera en collision avec Jupiter sur la face cachée de la planète.*

Skizze der Shoemaker-Levy Bahn, nach dem Periheldurchgang am 8. Juli 1992.
1. *Juli 1992, der Komet streift den Jupiter, in einer Höhe von etwa 96'000 km vom Planetenzentrum. Er wird zersplittert. Unter dem Einfluss der Anziehungskräfte des Planeten und der Sonne führt seine Bahn zur Kollision.*
2. *Im März 1993 wird der Komet, der wie eine leuchtende Perlenkette aussieht, vom Ehepaar Shoemaker und von Levy entdeckt.*
3. *Im Juli 1994 wird der Komet auf der Rückseite des Jupiters aufprallen.*

planète (pas seulement la Terre) et une comète de la taille de Shoemaker-Levy. On trouve effectivement un chiffre voisin d'une fois tout les mille ans. Il est donc heureux que l'on puisse assister à cet événement depuis le balcon Terre. Nous ne risquons rien cette fois-ci, mais le spectacle sera assurément grandiose!

Par le réseau d'alerte des astronomes on apprenait, au mois de novembre déjà, la date et l'heure d'impact des diverses perles de la comète. Les premières auront lieu le 18 juillet 1994 déjà et les dernières le 23.

Il vaut aussi la peine de mentionner qu'aux alentours du 20 juillet, Jupiter sera visible dans la première partie de la nuit, avant 23 h environ. Mais la Lune sera aussi toujours présente dans le ciel: le 16 elle sera tout près de la planète et le 22 on aura la pleine Lune.

Ereignis werden wir sehr viel über die innere Struktur der Hauptplaneten, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun lernen, die alle gewisse Ähnlichkeiten aufweisen.

Auch wenn das Feuerwerk nicht direkt von der Erde aus beobachtbar sein wird, spricht man in der Astronomie von einem Jahrhundertereignis, oder sogar von einem des Jahrtausends. Heute kennt man nämlich das Sonnensystem gut genug, dass man die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstosses zwischen einem Kometen der Grösse von Shoemaker-Levy mit irgendeinem der Planeten vorausberechnen kann, und man findet tatsächlich, dass das in tausend Jahren nur etwa einmal vorkommen sollte. Man muss es also als wahre Glückssache ansehen, wenn wir einem solchen Ereignis vom Balkon Erde aus zuschauen dürfen. Diesmal riskieren wir nichts, aber das Spektakel wird sicher grossartig sein!

Durch das astronomische Alarmnetz ist im November 1993 bekannt geworden, dass die ersten Perlenstücke schon am 18. Juli 1994 einfallen werden, und die letzten am 23.

Es soll noch erwähnt werden, dass um den 20. Juli der Jupiter in der ersten Nachthälfte sichtbar sein wird, vor etwa 23 Uhr. Der Mond wird aber auch stets am Himmel sein: am 16. ist er ganz nahe beim Planeten und am 22. gibt es Vollmond

GASTON FISCHER
Observatoire cantonal, 2000 Neuchâtel

An- und Verkauf / Achat et vente

Zu kaufen gesucht
Suche gutes astronomisches Teleskop (occ) Angebote an: B. Stauffer, Buswilstr. 5, 3263 Buetigen, Tel. 032/84 81 52

Zu verkaufen
4" STAR FIRE Apochromat (dreilinsiger Refraktor) von Astro-physics. D 102 mm, f 810 mm, weiss einbrennlakiert, 2" Okularauszug, auf **Super-Polaris DX-Montierung**. Fr. 3'000.–

CELESTRON 8 Powerstar Teleskop, Spiegel D 203mm/ Brennweite 2030 mm / **Schmidt-Cassegrain**.Gabelmontierung mit Teilkreisen, elektr. Antrieb. RA Schrittmotor mit Steuergerät, elektronische Anzeige RA und Decl.(Tuthill) Metalldreibein Stativ. Fr. 2'500.–. Auskunft: P.Scherrer P 041/31 18 40; G 041/22 45 88

Zu verkaufen
SPIEGELTELESKOP (Newton), D 15 cm, stabile fahrbare Montierung, 3 Okulare, max. Vergrösserung 130 fach. Sehr schönes Instrument, Preis günstig. E. Stirnemann, Gerbestr.33, 8840 Einsiedeln, Tel 055/53 43 93

Zu verkaufen
SUPER-POLARIS DX Montierung mit höhenverstellbarem Holzstativ 85-105 cm, RA und Decl. Motor mit Steuergerät für beide Achsen, biegsame Welle 40 cm und Kamerahalter für Gegengewichtsstange. Preis Fr. 1'600.–. Thomas Peterlunger Fabrikstr. 41, 3286 Muntelier, Tel. 037/71 43 25

Einsteiger sucht
Preiswerte und gute Occasion (Spiegelteleskop). E. Bügler, Postfach 46, 6474, Amsteg, tel. (G) 044/6 49 49

Polarlichter in Island

H. ROTH

Die Bilder dieses Artikels sind mittlerweile rund vier Jahre alt. Nachdem uns Prof. Rebhan auf die Seltenheit der von uns gesehenen Erscheinungen aufmerksam gemacht und 4 unserer Aufnahmen in sein Buch [1] übernommen hat, glauben wir, sie müssten auch einem weiteren Publikum zugänglich gemacht werden. Wir haben 14 Dias dieser Expedition zu einer Serie zusammengestellt, die für Fr. 30.– beim Verfasser erhältlich ist.

1. Rotgelbes Polarlicht, teilweise durch Wolken verdeckt. Darüber Jupiter in den Zwillingen.

Isländischer Mittwinter

Der Zeitpunkt war gegeben: die Polarlichter hängen eng mit der Sonnenaktivität zusammen und haben ihre grösste Häufigkeit bei Fleckenmaxima. Auf Island kamen wir, weil es auf dem Polarlichtgürtel der Erde liegt, lange Winternächte hat und das Wetter sprichwörtlich jede Viertelstunde ändert. Ausserdem kannten wir Island von verschiedenen Sommerferien her, und waren neugierig darauf, wie sich das Leben während der «grossen Dunkelheit» abspielt. Da Island knapp südlich des Polarkreises liegt, kommt es in den nördlichsten Teilen fast zu einer Polarnacht. In Reykjavìk, wo wir als 7 Schweizer unter vielleicht 40 Ausländern das Neujahr 1990 erlebten, geht die Sonne am 21. Dezember um 11:21 Uhr auf und um 15:30 Uhr unter. (Die Isländer haben einmal die Sommerzeit zu ihrer Standardzeit gemacht. Im Sommer ist es ja sowieso immer hell, und im Winter bringt die Helligkeit am Nachmittag mehr «Tagesgefühl» als die symmetrische Verteilung um den Mittag.) Der isländische Almanach rechnet übrigens die *astronomische* Dämmerung als Tagesanbruch ("Dögun") und Tagesende ("Dagsetur") und kommt damit auch am kürzesten Tag auf eine Tageslänge von 11 Stunden. Im täglichen Leben sind es allerdings die *bürgerlichen* Dämmerungen ("Birting" bzw. "Myrkur"), die den Tag begrenzen. Das ergibt dann noch $6^3/_4$ Stunden Tageslänge für den 21. Dezember.

Bei der Landung kommen wir aus heiterem Himmel in einen Schneesturm mit 70 km/h. Der Pilot flucht über das (selbstverständlich in die Passagierkabine geschaltete) Cockpitmikrofon, weil die Bremsen vom Schnee verklebt sind, und er mit Schubumkehr bremsen muss. Nach einer stürmischen Nacht (die Vorhänge wallen bei geschlossenen Fenstern) regnet es den ganzen nächsten Tag und auch die Nacht hindurch. Am folgenden Tag scheint die Sonne, ihr Höchststand ist knappe 3° über dem Horizont. Der Gullfoss sieht, teils vereist, leider etwas schmutzig aus. Auch dem Geysir fehlt irgendwie das Publikum, er wirkt träge. Am Abend fahren wir etwas aus der Stadt hinaus. Halt: da sieht man doch etwas Weissliches am Himmel. Ist das jetzt ein Polarlicht? Grosse Aufregung, wir steigen aus – gerade rechtzeitig, um die ersten Schneeflocken aus dem «Polarlicht» aufzufangen...

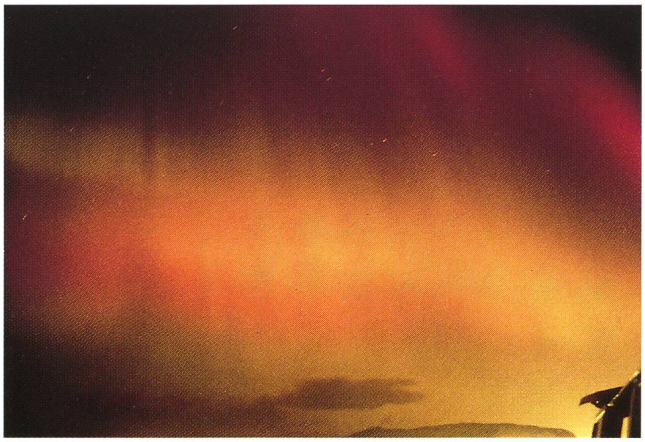
Der verhangene Himmel klärt sich am nächsten Abend auf. Wiederum fahren wir etwa 15 km östlich zur Stadt hinaus. Noch bevor wir am vorgesehenen Platz angelangt sind, geht es los.

Das Polarlicht vom 30. Dezember 1989

Beginn: ca. 22:30 UT, Übergang in stabile Phase ab ca. 23:15 UT.

Zuerst erblicken wir einen weissen Strich, vergleichbar einem Kometenschweif, der senkrecht über dem Ostpunkt des Horizonts aufsteigt. Der Schweif spaltet auf beiden Seiten dünne Striche ab, die Erscheinung wird grün. Die Gegend um Zwillinge und Orion (im SSE) wird dunkel weinrot, die Sterne leuchten unverändert hindurch. Gleichzeitig entwickelt sich der erste Schweif zu einem vollen Bogen, der von Osten über den Zenit zum Westpunkt führt. Dieser Bogen bleibt mehr oder weniger intensiv bis zum Ende unserer Beobachtungen (um ca. 1 Uhr). Seine Farbe ist eher weiss als grün, ausser während des «Zenitknotens» (s.u.).

2. Sehr starke Farberscheinung, Hintergrundsterne praktisch nicht mehr sichtbar.



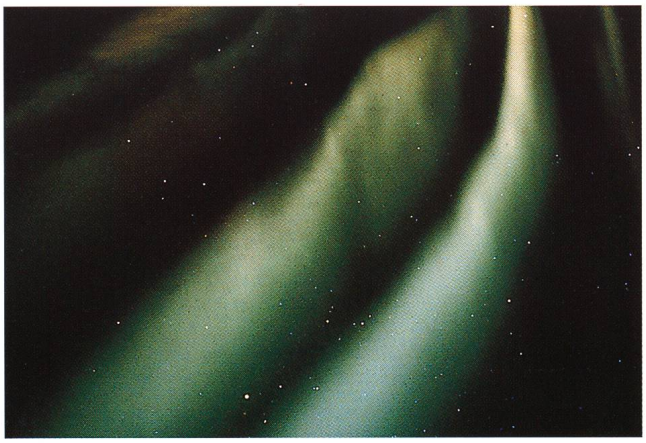
3. «Waschbrett» in einem weissen Vorhang

Die Gegend im Orion wird unten bläulich, der obere Teil bleibt rot. Im Zenit ist jetzt, während über 10 Minuten, eine sehr intensive, farbige Erscheinung zu sehen. Man hat den Eindruck, der Ost-West-Bogen sei zu einem farbigen «Geschenkpackungsband» geworden, das im Zenit verknotet ist.

Anschliessend entwickeln sich dünne Streifen in den Farben rot, grün und weiss, die vom Zenit nach allen Seiten bis zum Horizont reichen. (Man fühlt sich wie unter einem Brunnen, der Wasserstrahlen seitlich in alle Richtungen versprüht.) Von dieser Erscheinung haben wir leider keine Fotografie. Auch in der Literatur habe ich nur in [2, S. 118 unten] etwas Ähnliches gefunden. Es ist allerdings eine Zeichnung, die die Autoren als wenig realistisch einstufen.

Diese einzelnen Streifen bilden mit der Zeit Vorhänge, die vor allem im Norden gut zu sehen sind. Ihre Farbe ist blassgrün bis weiss. Diese Vorhänge bewegen sich langsam (die Aufnahmen in Fernsehsendungen sind leider meist mit Zeitraffer gemacht, was einen unrealistischen Eindruck ergibt). Manchmal gibt es innerhalb der Vorhänge rasche Veränderungen (wie wenn ein gespanntes Gummiband losgelassen würde).

4. Relativ stabile Phase am Schluss. Blick nach Nordwesten, das Sternbild Leier ist hier zirkumpolar!



Nun beruhigt sich die Szene. Es sind noch verschiedene Streifen und Vorhänge zu sehen, die lange Zeit stabil bleiben und langsam verblassen. Bis um 1 Uhr erscheinen keine roten Gebiete und keine Zenitknoten mehr.

Als absolute Anfänger haben wir offenbar eines der energiereichsten Polarlichter des Jahres erlebt. Jedenfalls haben uns in Island ausserhalb der Stadt wohnende Bekannte versichert, es habe in diesem Jahr viele Polarlichter gegeben, aber alle seien weiss gewesen.

Tips für Nachfolger

Das sichtbare Polarlicht stellt nur etwa ein Promille der sich entladenden Energie dar. Im Mittel werden bei einer Polarlichterscheinung Leistungen von 100 Millionen Kilowatt erreicht. Damit ist verständlich, dass nebst den seit langem bekannten Störungen im Funkverkehr auch weitere Effekte auftreten können. Zum Beispiel induziert ein magnetischer Sturm Ströme in langen Pipelines (bei der Alaska-Leitung gibt es deshalb starke Korrosionserscheinungen). Am 13.3.89 gab es in Quebec einen Stromausfall von 9 Stunden Dauer, der durch einen magnetischen Sturm ausgelöst wurde. Offenbar können auch elektronisch gesteuerte Kameras beeinflusst werden (anders können wir uns einen Film voller «Bergwerk»-Aufnahmen nicht erklären...).

Man nehme also einen alten, möglichst mechanischen Photoapparat mit. Es empfehlen sich Filme mit 400 ASA Empfindlichkeit und mehr. Unsere Aufnahmen wurden ab Stativ mit Normalobjektiven gemacht, die Belichtungszeiten wissen wir nicht (dazu war die Aufregung zu gross), sie lassen sich aber durch die abgebildeten Sterne ohne weiteres abschätzen und rekonstruieren. Die Photographien stammen alle von Hansruedi Rohr und Roman Bättig, beide in Villmergen.

Literaturverzeichnis zum Thema Polarlicht

[1] E. Rebhan, Heisser als das Sonnenfeuer, Piper 1992, ISBN 3-492-03109-9

[2] A. Brekke / A. Egeland, The Northern Light, Springer 1983 , ISBN 3-540-12429-2 (zuerst 1979 in norwegisch erschienen)

[3] H. Falck-Ytter, Polarlicht, Freies Geistesleben 1983, ISBN 3-7725-0761-1

[4] W. Schröder, Das Phänomen des Polarlichts, Darmstadt 1984, ISBN 3-534-08997-9

[5] S.–I. Akasofu, The Dynamical Aurora, Scientific American May 1989

Adresse des Verfassers:
HANS ROTH
Burgstrasse 22, 5012 Schönenwerd

AT 94
12. SCHWEIZERISCHE AMATEUR-ASTRONOMIE-TAGUNG IN LUZERN 15./16. OKT. 1994

Astronomie auf einer einsamen Halbinsel – fast ohne Hilfsmittel

E. LAAGER

Lieber Hugo Jost,

als ich im vergangenen Juli von einer Ferienreise zurückkam, fand ich im "Postberg" den ORION Nr. 257 mit Deinem Artikel "Mit Sonnenhilfe zur Ortsbestimmung" auf Seite 191ff. Ich habe ihn mit Interesse gelesen, und es drängt mich nun, Dir dazu eine Ergänzung zu schreiben.

Ich war während 2 Wochen in einem Blockhaus am Seeufer auf einer Halbinsel auf **62° 13' 20" nördlicher Breite und 28° 13' 7" östlicher Länge**. Dies konnte ich feststellen, weil wir in einem zivilisierten Land mit gutem Kartenmaterial (Massstab 1:20 000) Ferien verbrachten. Den Taschenrechner (zum Glück mit Winkelfunktionen) hatte ich bei mir, jedoch keine Sternkarte und kein astronomisches Jahrbuch. – Wozu auch, es war ja fast immer hell; ein einziges Mal habe ich um 01.30 Uhr Deneb gesehen, sonst keinen einzigen Stern. Übrigens: die Uhr mussten wir auf der Hinreise gegenüber MESZ um 1 Stunde vorstellen. Sie ging also jetzt gegenüber der Weltzeit 3 Stunden vor und zeigte osteuropäische Sommerzeit (OESZ).

Wo ist Süden?

Eines Tages tauchte unvermittelt die Frage auf, ob "unser" Sommerhaus wohl genau Nord-Süd orientiert sei. Dass es ungefähr so war, konnten wir aus der Karte sehen. Ich stellt mir nun die Aufgabe, mit den vorhandenen Hilfsmitteln, die Frage so genau als möglich zu beantworten.

Lieber Hugo, auch in Deinem Artikel taucht die Frage nach der Genauigkeit auf. Hier liegt für die Aufgaben, die Du auf der einsamen Insel lösen willst, wohl auch die praktische Schwierigkeit. Ich hatte mit meiner Aufgabenstellung in dieser Beziehung etwas weniger Mühe, wie wir später sehen werden. (Die in der Einsamkeit gewonnenen Ergebnisse habe ich in diesem Artikel numeriert und im letzten Abschnitt in einer Tabelle zum Vergleich mit den genauen Daten zusammengefasst.)

Wann steht die Sonne genau im Süden? Diese Frage muss ich beantworten. Wenn wir die Zeitgleichung vernachlässigen, ist die Rechnung einfach:

Sonnenkulmination für die mittlere (fiktive) Sonne

wo?	wann in WZ?	wann in OESZ?
Greenwich	12.00 h	15.00 h
15° östl. Länge	11.00 h	14.00 h
30° östl. Länge	10.00 h	13.00 h
28° 13' 7" östl. Länge		13.07 h

Ich weiss, dass die wahre Sonne bis zu einer Viertelstunde vor oder nach dieser Zeit kulminiert. Wie gross die Zeitgleichung jedoch an einem bestimmten Tag ist, kann ich nicht sagen, da ich keine Angaben zur Verfügung habe. Also muss ich den Zeitpunkt der Sonnenkulmination experimentell bestimmen.

Im Geräteschuppen finde ich ein Reststück eines gehobelten Täferbrettes, einen Hammer und zwei Nägel. Daraus bastle ich mir einen Schattenmesser (siehe Abb. 1). Am 17. Juli 1993

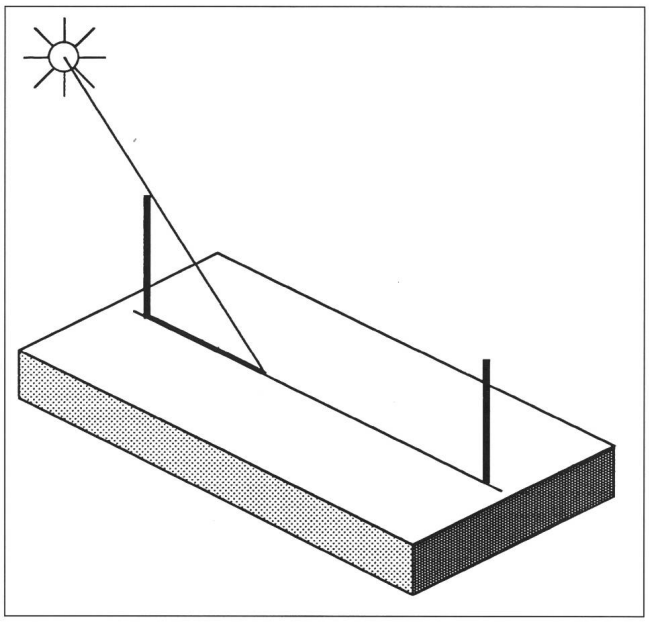


Abb. 1. ***Einfacher Schattenmesser****, hergestellt aus einem gehobelten Brettchen und zwei Nägeln. Das Brettchen schwimmt in einem Becken mit Wasser, was eine horizontale Lage garantiert. Dank des zweiten Nagels bleibt der Schwerpunkt in der Mitte. Auf der Mittellinie ist eine Millimeter-Skala angebracht.*

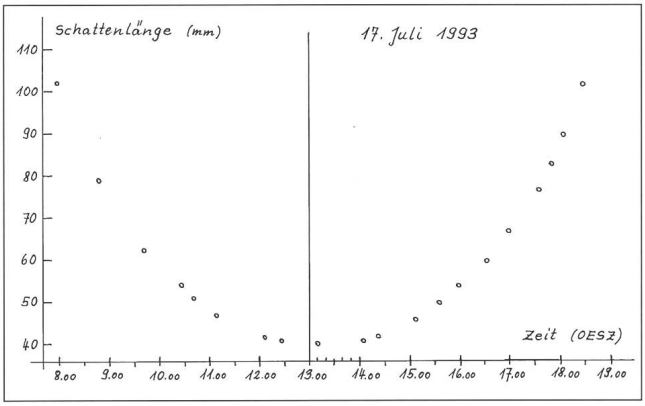
messe ich während das ganzen Tages ab und zu die Länge des Schattens, welchen der eine Nagel auf die Linie wirft, die auf dem Brett aufgezeichnet ist. Leider hat niemand einen Massstab bei sich, ich finde jedoch eine gedruckte Zentimeter- und Millimeterskala am Rande eines Pospektes, der über die Bewilligungen für den Fischfang orientiert. Ich mache also aus dem Forellenmesser einen Schattenmesser. Damit mein Messgerät immer waagrecht ist, lasse ich es in einem Wasserbecken schwimmen (dank des zweiten Nagels liegt das Brett nicht schräg). Tabelle 1 enthält die Messresultate und in der hintersten Kolonne die daraus berechneten Sonnenhöhen (dazu später mehr). Für die Auswertung brauchen wir eine grafische Darstellung. Abbildung 2 zeigt die Veränderung der Schattenlänge an diesem Tag. Ein erster Blick zeigt, dass die berechnete Kulminationszeitzeit 13.07 h einigermassen stimmt.

Wann erreicht die gedachte Kurve tatsächlich ihren untersten Punkt? Die "Spiegelungsmethode" hilft hier weiter: An einer Fensterscheibe, die von aussen hell beleuchtet ist, kopiere ich Abbildung 2 auf ein zweites Blatt (zu Hause würde ich dazu eine Projektor-Folie verwenden). Die beiden Achsen, die 13 Uhr-Linie und alle Messpunkte werden auf das neue Blatt übertragen. Nun wende ich das zweite Blatt (Rückseite oben), dann werden beide Blätter so aufeinandergelegt, dass die beiden Punktescharen möglichst gut ineinander passen (Abb. 3: Kreislein = Originalpunkte, Kreuzlein = gespiegelte

Schattenlängen am 17. Juli 1993		
Geographische Breite = 62,2° Nord		
Länge des Schattenstabes = 46 mm		
Zeit	**Schatten**	**Sonnenhöhe**
(OESZ)	**(in mm)**	**(in Grad)**
7.57	**102**	**24.3**
8.47	**79**	**30.2**
9.42	**62.5**	**36.4**
10.25	**54**	**40.4**
10.41	**51**	**42.1**
11.07	**47**	**44.4**
12.06	**42**	**47.6**
12.27	**40.5**	**48.6**
13.09	**40**	**49.0**
14.04	**41**	**48.3**
14.22	**42**	**47.6**
15.08	**46**	**45.0**
15.35	**50**	**42.6**
15.59	**54**	**40.4**
16.32	**60**	**37.5**
16.58	**67**	**34.5**
17.34	**77**	**30.9**
17.49	**83**	**29.0**
18.05	**90**	**27.1**
18.27	**102**	**24.3**

Tabelle 1

Abb. 2. ***Grafische Auswertung der Schattenmessungen*** *vom 17. Juli 1993 (Zahlen aus Tabelle 1, erste und zweite Spalte.) Die senkrechte Linie markiert 13.00 h OESZ. - Wann ist der Schatten am kürzesten, d.h. wann kulminiert die Sonne?*



Kopien der Punkte). Hätte die Kulmination um 13.00 h stattgefunden, würde die kopierte 13 Uhr-Linie jetzt auf ihrem Original liegen. Das tut sie jedoch nicht. Sie ist um etwa 25 bis 26 Minuten verschoben. (Hinweis zur Genauigkeit: in der Originalzeichnung auf kariertem 4mm-Papier entsprechen 10 Zeitminuten einer Strecke von 4 mm. Man kann also noch knapp die Minute abschätzen.) Die Symmetriachse (S) der kombinierten Figur liegt also etwa bei 13.13 h, d.h. die wahre Sonne kulminiert 6 Minuten nach der mittleren Sonne. Ich habe für die **Zeitgleichung einen Wert von -6 Minuten** gefunden (Ergebnis Nr. 1).

Am nächsten Tag stelle ich bei einer der vielen, schön senkrecht stehenden Tannen um 13.13 Uhr fest, in welche Richtung der Schatten des Stammes weist, womit ich die Nord-Süd-Richtung recht genau (vermutlich auf mindestens 1 Grad genau) festgelegt habe.

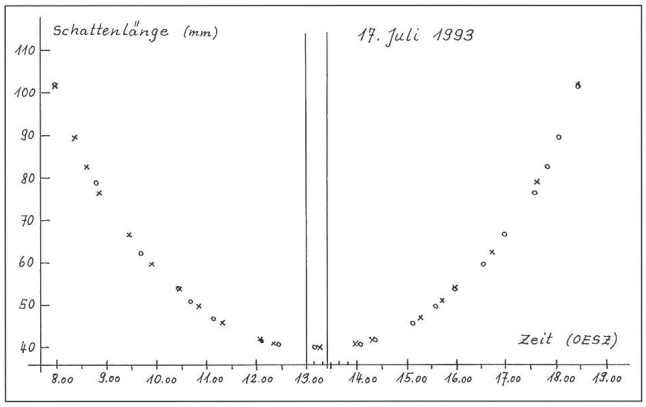


Abb. 3. ***Ergänzung von Abb. 2*** *(Messpunkte als Kreislein) durch die gespiegelten Messpunkte (Kreuzlein). Die gespiegelte 13 h-Linie liegt etwa bei 13.26 h auf der Original-Zeitskala. Die Mittelparallele wäre demnach etwa bei 13.13 h; sie markiert den Zeitpunkt der Sonnenkulmination.*

Wann geht die Sonne unter?

Das Ferienhaus liegt im Wald, gegen Norden erhebt sich ein kleiner Hügel. Wir können vom Haus aus den Sonnenuntergang nicht beobachten. Dazu müssen wir auf den See hinausrudern, wo wir einen recht niedrigen Horizont erhalten. Die Bäume am gegenüberliegenden Ufer sind um 21.45 Uhr noch deutlich von der Sonne beschienen. – Wann ist wohl Sonnenuntergang? Ich versuche, dies annäherungsweise herauszufinden, und zwar möchte ich dazu die Sonnenhöhe bei der obern und bei der untern Kulmination und meine Schattenmessungen benützen.

Ich erinnere mich an Hans Bodmers Monatsdiagramme (z.B. in ORION Nr. 257 auf Seite 177 oben), in welchen der jährliche Sonnenlauf mit einer Linie dargestellt ist, die einer Sinuskurve gleicht. Zufällig weiss ich noch, dass die Ekliptik in dieser Darstellung keine genaue Sinuskurve ist, aber von dieser nur wenig abweicht.

Jedenfalls brauche ich diese Kurve jetzt "in der Not", um die Deklination der Sonne für den 17. Juli angenähert zu bestimmen. Im Kopf habe ich folgende Daten: der längste Tag ist am 21. Juni, die Herbst-Tag und Nacht-Gleiche am 23. September. Dieses Quartal dauert also 94 Tage. In dieser Zeit sinkt die Sonne zuerst langsam und dann immer rascher von

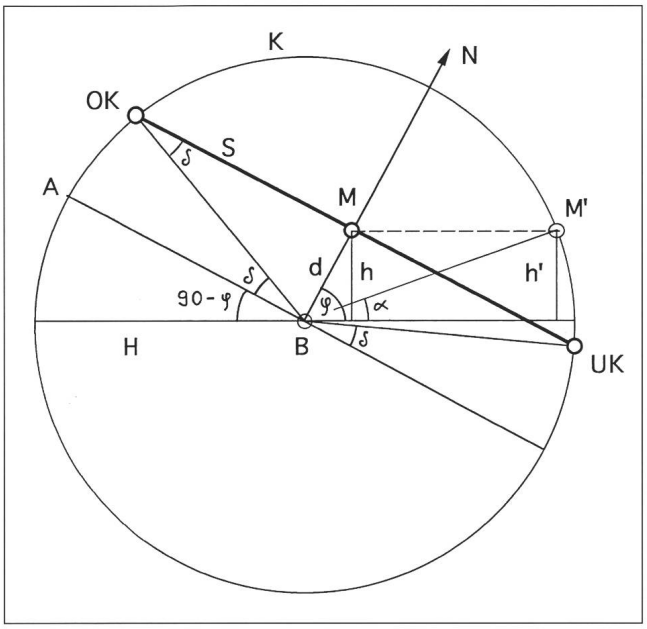


Abb. 4. ***Skizze als Hilfe zum Berechnen verschiedener Sonnenhöhen.*** *Die Zeichnungsebene liegt im Ortsmeridian, der Betracher der Zeichnung blickt «nach Westen». Über der Horizontebene (H) wölbt sich die Himmelskugel (K). Der Beobachter (bei B) blickt in Richtung N zum Himmelspol (φ = geogr. Breite = Polhöhe); senkrecht zu dieser Richtung liegt die Ebene des Himmelsäquators (A). Die Figur zeigt die Situation zur Zeit des längsten Tages (δ = Deklination der Sonne): OK: Sonne in oberer Kulmination. UK: Sonne in unterer Kulmination. - Weitere Erklärungen im Text.*

23,5° auf 0° Deklination, fast genau so wie der Sinus von 1 auf 0 abnimmt, wenn der zugehörige Winkel von 90° auf 0° abnimmt. Ich ersetze jetzt in diesem Intervall der Kurve die Winkelskala von 90° durch eine Zeitskala von 94 Tagen. Am 17. Juli dauert es noch 68 Tage, bis die 94 Tage verstrichen sind, dies sind 72,3 Prozent der Quartalslänge. Nun deute ich um: 72,3 Prozent von 90° sind 65°. Der Sinus von 65° ist 0,906. Am 17. Juli ist also die **Deklination** noch 0.906 mal 23,5 Grad, was ungefähr **21,3**° ergibt (Ergebnis Nr. 2). Abb. 4 zeigt, wie man weiter aus der Deklination die Kulminationshöhen findet:

Obere Kulmination = (90°-geogr. Breite) + Deklination = 27,8° + 21,3° = 49,1°.

Untere Kulmination = -(90°-geogr. Breite) + Deklination = -27,8° + 21,3° = -6.6°. (D.h. um 1 h wird etwa das Ende der bürgerlichen Dämmerung erreicht).

Dieses Ergebnis überprüfe ich mit Hilfe meiner Messergebnisse:

Der Nagel (Gnomon) meines Gerätes misst 46 mm, der Schatten zur Zeit der Sonnenkulimination 40 mm. Daraus lässt sich mit der Tangens-Funktion die Sonnenhöhe berechnen: tan(Höhe) = 46:40 = 1,15, der dazugehörende Winkel (die Sonnenhöhe) ist 49 Grad, was mit dem oben berechneten Wert im Rahmen der Messgenauigkeit gut übereinstimmt.

Grafik zur Bestimmung des Sonnenuntergangs

Für jeden Beobachtungszeitpunkt berechne ich aus der Schattenlänge auf die oben beschriebene Art die Sonnenhöhe (3. Kolonne in Tabelle 1). Mit diesen Werten zeichne ich eine Grafik, die den Verlauf der Sonnenhöhe vom Mittag an darstellt (Abb. 5). Ausgerechnet für die Zeit um den Sonnenuntergang habe ich leider eine Lücke von 18.27 h bis 01.13 h (Zeit der untern Kulmination bei -6,6° Höhe). – Langsam wird die Sache mühsam! Wie finde ich den Rest der Kurve?

Zuerst habe ich die Idee, dass der Kurvenverlauf wohl symmetrisch sein müsse, nämlich so: OK ist der Punkt für die obere Kulmination, UK zeigt die untere Kulmination. Der Mittelpunkt der Verbindungsstrecke (Z) müsste dann das Symmetriezentrum für die Kurve sein. Führt man jedoch die Kurve in Gedanken nach dem letzten Messpunkt von 18.27 h weiter, sieht man sofort, dass sie den Punkt Z nicht trifft...! Ist denn die Sonnenhöhe 6 Stunden nach der Kulmination nicht gleich dem Durchschnitt aus den beiden Kulminationshöhen?

Jetzt muss ich (in Abb. 4) weiterzeichnen! Die Sonne läuft auf dem Kleinkreis S, wobei sie 6 Stunden nach der Kulmination beim Punkt M ist. Die Strecke h zeigt, wie hoch die Sonne über dem Horizont steht. (Man muss sich die Sonne auf der Kugeloberfläche, hinter der Zeichnungseben vorstellen.) Würden wir die Himmelskugel von Norden her (Azimut!) betrachten, wäre die Sonne bei M', die Strecke h bei h'. Der Winkel α ist die gesuchte Sonnenhöhe.

Die Berechnung von a ist recht einfach. Im Einheitskreis (Radius = 1) ist:

$d = \sin \delta$

$h = d * \sin \varphi = \sin \delta * \sin \varphi$

$\sin \alpha = h$

$\alpha = \arcsin (\sin \delta * \sin \varphi)$

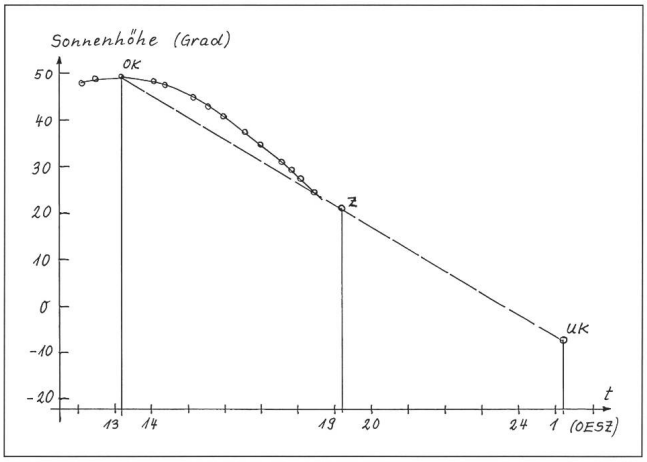
Am 17. Juli ist d = 21,3°, die geogr. Breite φ ist 62,2°.

sin a = sin 21.3° * sin 62.2° = 0,363 * 0.885 = 0,321

Sonnenhöhe α = 18,7° (Ergebnis Nr. 3).

Wir kehren zurück zu Abb. 5 und Abb. 6: Z gehört offenbar nicht zur Kurve, die Berechnung mit dem Durchschnitt ist nicht richtig. Der korrekte Punkt ist M (Höhe 18,7° um 19.13 h). Ich verlängere die Kurve durch M und führe sie so weiter, dass sie möglichst "glatt" verläuft und in UK richtig ankommt.

Abb. 5. ***Grafische Auswertung der Sonnenhöhen*** *vom 17. Juli 1993 aus Tabelle 1. OK = Obere Kulmination, UK = untere Kulmination der Sonne. Die Kurve läuft nicht durch Z, den Halbierungspunkt der Verbindungsstrecke!- Wie finde ich den Zeitpunkt des Sonnenuntergangs?*



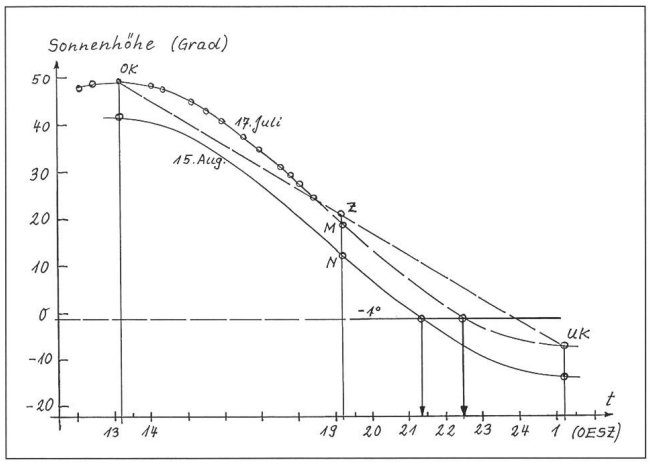


Abb. 6. ***Ergänzung der Kurve aus Abb.5.*** *Die Kurve geht durch M, dessen Berechnung im Text erklärt wird. Die untere Kurve für den 15. August wird aus nur drei berechneten Punkten gezeichnet. Der Schnitt mit der Parallelen -1° ergibt angenährt die Zeiten des Sonnenuntergangs.*

Weil all diese Berechnungen für die Sonnenmitte gelten und weil auch die Refraktion in Horizontnähe nicht berücksichtigt ist, nehme ich jetzt für den Sonnenuntergang eine Höhe von –1°. Meine "extrapolierte" Kurve schneidet diese Horizontlinie ungefähr bei der Zeit **22.30 h** (Ergebnis Nr. 4). – Wir erlebten zwei Tage später vom Ruderboot aus einen wunderbaren Sonnenuntergang über einer niedrigen Landzunge. Die Sonne verschwand um 22.15 Uhr.

Dämmerung und Sonnenuntergang Mitte August?

Im Sommer 1992 war einer meiner Kollegen mit seiner Familie erst im August in diesem Haus. Da tauchte bei uns die Frage auf: Wie war es während ihres Aufenthaltes? Wurde es auch nicht ganz dunkel um Mitternacht? Wie lange schien die Sonne damals am Abend?

Mit den bisher bereitgestellten Grundlagen gelangen wir nun recht schnell zu den Antworten (alle Berechnungen für den 15. August):

Die "Sinus-Näherungsmethode" ergibt eine **Deklination der Sonne von 14,2°** (Ergebnis Nr. 5)

Obere Kulmination = (90°-geogr. Breite) + Deklination = 27,8° + 14,2° = 42°.

Untere Kulmination = -(90°-geogr. Breite) + Deklination = –27,8° + 14,2° = -13,6°. Um 1 h wird mehr als das Ende der nautischen Dämmerung erreicht, die Nächte sind also um Mitternacht dunkel, man sieht den Sternenhimmel.

Beide Kulminationen erfolgen gegenüber dem 17. Juli rund 7° tiefer. Kann ich nun die Kurve in Abb. 6 einfach um diese 7° nach unten schieben ohne ihre Form zu verändern? (Eine allfällige Horizontalverschiebung wegen der ändernden Zeitgleichung muss ich wegen fehlender Grundlagen ohnehin unterlassen.)

Ich berechne wiederum die Sonnenhöhe 6 Stunden nach deren Kulmination:

$\sin \alpha = \sin 14{,}2° * \sin 62{,}2° = 0{,}245 * 0.885 = 0{,}217$

$\alpha = 12{,}5°$

Diese Höhe (Punkt N in Abb. 6) liegt nicht 7°, sondern nur 6,5° unterhalb M ! Bei einer simplen Verschiebung der Kurve würde diese unterhalb N hindurchlaufen. Ich muss nun mit Hilfe von nur 3 Punkten eine neue Kurve suchen, was natürlich einige Unsicherheit bringt. Beim Zeichnen spürt man allerdings auch, dass man gar nicht so viel Freiheit hat, wenn man einen glatten Kurvenverlauf anstrebt. Der so ermittelte **Sonnenuntergang** wäre dann sicher irgendwo zwischen 21.00 und 21.30 Uhr (Ergebnis Nr. 6).

Zu Hause helfen Jahrbücher und der Computer

Ich war natürlich gespannt, wie brauchbar meine "Blockhausmethoden" waren, wie gute Resultate sie liefern würden.

Zu Hause stehen mir astronomische Jahrbücher, das Astronomieprogramm Voyager und ein Tabellenkalkulationsprogramm auf dem Computer zur Verfügung.

Ergebnis Nr.	Vergleich der Berechnungen	
	im Blockhaus	zu Hause
1 (Zeitgleichung	- 6 min	- 6.1 min
2 (Dekl. So. 17.7.)	+ 21.3°	+ 21°10'
3 (Sonnenhöhe)	+ 18.7°	+ 18° 37'
4 (So.Unterg. 17.7.)	22.30 h	22.33
5 (Dekl. So. 15.8.)	+ 14.2°	14°
6 (So.Unterg. 15.8.)	21.00 bis 21.30	21.11 h

Ich habe in diesem Zusammenhang zwei Fragen noch etwas gründlicher untersucht:

1. Wie gross ist die Abweichung, wenn man die Sonnendeklination nach der Näherungsmethode berechnet? In Tabelle 2 findet man folgende Resultate:

Spalte "Kurve 1" enthält Sonnendeklinationen, wie man sie erhält, wenn man nach der Sinuskurvenmethode rechnet, genau wie im Text beschrieben.

Spalte "D1" gibt die Differenz von der genäherten zur richtigen Deklination (Ephemeriden der Sonne aus "Der Sternenhimmel 1993"), angegeben in Bogenminuten. Auffällig ist hier, dass die Differenz am Anfang nicht Null ist. Dies kommt daher, weil ich mit dem gerundeten Wert 23,5° für die Sonnendeklination am längsten Tag gerechnet habe.

Weiter ist zu beachten, dass die Sonnenephemeriden jeweils für 0h UT gelten, der Sonnenhöchststand jedoch am 21.7. um 9.00h UT und der Herbstanfang am 23. Sept. um 0.22h UT eintrafen. Die Quartalslänge wird dann 93.64023 Tage und nicht 94 Tage wie in der 1. Näherung, und die zu berechnenden Zeitpunkte fallen auch nicht auf ganze Tage nach Quartalsanfang.

Spalte "Kurve 2" enthält jetzt eine verbesserte Nährung mit den Korrekturen, wie sie im vorstehenden Abschnitt erwähnt wurden. Grundlage ist eine Ekliptikschiefe von 23°26'24.5" (nach Meeus).

Spalte "D2" enthält wiederum die Differenz dieser Werte zu den genauen. Diese werden durchwegs positiv, d.h. dass die Sinuskurve in diesem Bereich oberhalb der tatsächlichen Ekliptik-Kurve verläuft.

Schlussergebnis: Mit beiden Methoden bekommt man eine genäherte Sonnendeklination, die nie einen grössern Fehler als ein Sechstel Grad (oder ein Drittel Sonnendurchmesser) aufweist.

2. Wie gross kann der Fehler werden, wenn man die Sonnenhöhe 6 Stunden nach Kulmination mit der "Durchschnittsmethode" rechnet? Dazu gibt die Tabellen 3 Auskunft: Bei Tag und Nacht-Gleiche ist der Fehler Null, mit zunehmender Sonnendeklination wird der Fehler immer grösser. Für einen Beobachter am Pol ist der Fehler ebenfalls Null (die Sonne steht dort an einem bestimmten Tag ja auch in unveränderter Höhe). Je weiter man sich vom Pol entfernt, desto grösser wird der Fehler.

Sonnendeklination aus Sinuskurve						
Mon.	Tag	Kurve 1	Kurve 2	Ephem.	D1	D2
Juni	21	23.50000	23.44014	23.44014	3.59	0.00
Juni	22	23.49672	23.43885	23.43778	3.54	0.06
Juni	27	23.38198	23.33587	23.33028	3.10	0.34
Juli	2	23.10410	23.06882	23.05222	3.11	1.00
Juli	7	22.66503	22.63957	22.60667	3.50	1.97
Juli	12	22.06782	22.05116	21.99806	4.19	3.19
Juli	17	21.31664	21.30771	21.23194	5.08	4.55
Juli	22	20.41673	20.41445	20.31556	6.07	5.93
Juli	27	19.37438	19.37766	19.25806	6.98	7.18
Aug.	1	18.19685	18.20463	18.06833	7.71	8.18
Aug.	6	16.89236	16.90362	16.75611	8.17	8.85
Aug.	11	15.47001	15.48375	15.33056	8.37	9.19
Aug.	16	13.93972	13.95503	13.80250	8.23	9.15
Aug.	21	12.31218	12.32819	12.18278	7.76	8.72
Aug.	26	10.59874	10.61467	10.48361	6.91	7.86
Aug.	31	8.81135	8.82653	8.71556	5.75	6.66
Sept.	5	6.96248	6.97633	6.88972	4.37	5.20
Sept.	10	5.06503	5.07708	5.01639	2.92	3.64
Sept.	15	3.13224	3.14213	3.10667	1.53	2.13
Sept.	20	1.17760	1.18509	1.17306	0.27	0.72
Sept.	23	0.00000	0.00000	0.00000	0.00	0.00
Kurve 1 = 1. Näherung (Freihandmethode)						
Kurve 2 = Kurve aus genauen Grundlagen						
Ephem. = Deklination aus Jahrbuch						
D1 = Differenz Kurve 1 - Ephem. (Minuten)						
D2 = Differenz Kurve 2 - Ephem. (Minuten)						

Tabelle 2

MILITÄROPTIK-SOFORT-VERKAUF

Militär-Optiken zur friedlichen Naturbeobachtung

(Preis in DM) Restlichtverstärker BGS 7 CE, **2200.–**; Helikopter-Glas 7X50, elektr. Bildstabilisator **950.–**;Grenzschutzspektiv 30x75/5Linser, **350.–**; Stereo-Mik. 4,8-56-fach/Bel. und Zubeh. **560.–**; Biolog.-Mik. Binokular 60-900-fach, **585.–**; EDF/7x40 BGA Zeiss Jena, **650.–**; Glas-Sonnenfilter MTO, Dichte 3,0 ø 100, **140.–**; Bedampfung "Sternkieker" Nr.154/W.Lille, **70.–**; Präz. Fluchtvisier 1:1/Astrosucher, **90.–**; 2" Okular/Steinheil F30/35, **200.–**; 2" Okular Leitz F50, **300.–**; 1 ¼" Zeiss F24/russ. Erfle F17,5, **120.–**; Maksutov 100/1000, 1 ¼" Adapter, **450.–**; Tele 8/500 Bert. Linsen-Spiegel-Optik, **320.–**; Prismen/Zeiss von 10mm-850, **10.–** bis **180.–**; Feldstecher 20x60, **180.–**; Binokular-Ansatz, **300.–**

Wir liefern vom Mikrometerplättchen bis hin zu Operationsmikroskop über 200 Militär-Optiken. Kataloganfragen Schutzgebühr DM 5.–

BW Optik Versand LANGNER VOSS

Telefon+FAX: 0049 209/39 47 45

Lindenstr. 52 • 45894 Gelsenkirchen • Westdeutschland

Sonnenhöhe 6 h nach Kulmination					
Teil 1	Geogr. Breite = 60° N				
	Deklination variabel				
Dekl.	O.K.	U.K.	Höhe 1	Höhe 2	Fehler
0	30	-30	0.0	0.0	0.0
3	33	-27	3.0	2.6	0.4
6	36	-24	6.0	5.2	0.8
9	39	-21	9.0	7.8	1.2
12	42	-18	12.0	10.4	1.6
15	45	-15	15.0	13.0	2.0
18	48	-12	18.0	15.5	2.5
21	51	-9	21.0	18.1	2.9
23	53	-7	23.0	19.8	3.2
Teil 2	Dekl. der Sonne = +23°				
	Geogr. Breite variabel				
Gg.B.	O.K.	U.K.	Höhe 1	Höhe 2	Fehler
0	113	-67	23	0.0	23.0
10	103	-57	23	3.9	19.1
20	93	-47	23	7.7	15.3
30	83	-37	23	11.3	11.7
40	73	-27	23	14.5	8.5
50	63	-17	23	17.4	5.6
60	53	-7	23	19.8	3.2
70	43	3	23	21.5	1.5
80	33	13	23	22.6	0.4
90	23	23	23	23.0	0.0
O.K. = Obere Kulmination					
U.K. = Untere Kulmination					
Höhe 1 = Mittel = (O.K. + U.K.) : 2					
Höhe 2 = Tatsächliche Sonnenhöhe					
Fehler = Höhe 1 - Höhe 2					

Tabelle 3

Es dünkt mich reizvoll, zu erleben, wie man mit einigen elementaren Kenntnissen auch ohne Jahrbücher zu brauchbaren Resultaten kommen kann. Die Beschäftigung mit solchen Problemen bringt auch immer wieder Überraschungen, und man ist gezwungen, sich Fragen zu stellen, die man sonst wohl übergehen würde.

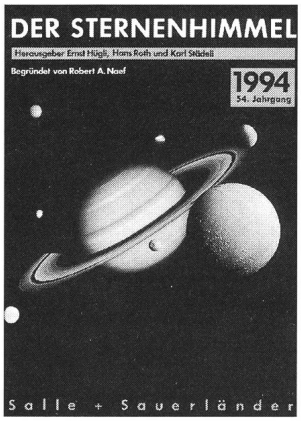
In diesem Sinne grüsse ich Dich freundlich und freue mich schon, von Dir wieder einen Beitrag im ORION zu finden.

ERICH LAAGER
Schlüchtern 9
3150 Schwarzenburg

DER STERNENHIMMEL 1994

FÜR KUNDIGE LAIEN UND VERSIERTE AMATEURASTRONOMEN

Jetzt mit zusätzlichem Referenzpunkt



Herausgegeben von
Ernst Hügli, Hans Roth, Karl Städeli
266 Seiten, zahlreiche Abbildungen,
broschiert
Fr. 44.–/DM 48,–/S 375,–
ISBN 3-7935-5004-4

«Der Sternenhimmel» gilt unter Sternenfreunden als die Orientierunghilfe schlechthin. Mit diesem bekannten astronomischen Jahrbuch finden Sie sich rasch am klaren nächtlichen Himmel zurecht. Genaue Zeiten und Einzelheiten aller zu beobachtenden Erscheinungen sind für jeden Tag schnell und einfach nachzuschlagen.

Unser astronomisches Jahrbuch wird 1994 – neben Vitznau (Schweiz) – erstmals einen zweiten Referenzpunkt (südwestlich von Berlin) enthalten.

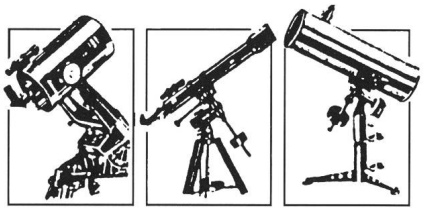
Damit werden die Daten auch im nördlichen und nordöstlichen Deutschland erleichtert nutzbar. Mit der Aufnahme der Anschriften der österreichischen und ostdeutschen astronomischen Vereine, liegt heute eine komplette Liste für den ganzen deutschsprachigen Raum vor.

«Der Sternenhimmel» erscheint 1994 bereits zum 54. Mal. Er ist ein bewährtes Werk für Amateure und Profis unter den Sternenfreunden wie auch für den Unterricht ab Gymnasialstufe.

Preisstand Januar 1994
Preisänderungen vorbehalten

Salle + Sauerländer
Laurenzenvorstadt 89, 5001 Aarau
Telefon 064-268626, Fax 064-24 57 80

TIEFPREISE für alle Teleskope und Zubehör / TIEFPREISE für alle Teleskope



Grosse Auswahl aller Marken

Jegliches Zubehör Okulare, Filter

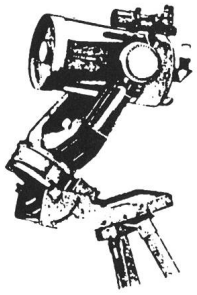
Telradsucher

Sternatlanten Astronomische Literatur

Kompetente Beratung!

Volle Garantie

PARKS
Tele Vue
Meade
Vixen
Celestron
TAKAHASHI
Carl Zeiss



Christener

Tel. 031/711 07 30

E. Christener
Meisenweg 5
3506 Grosshöchstetten

Das Problem der Bestimmung der geographischen Länge

H. JOST

Lieber Erich Laager

Dein Brief hat mich ausserordentlich gefreut, hast Du doch gleichzeitig mit mir ein ähnliches Therna aufgegriffen. Ich bin überrascht, wie Du mit sehr beschränkten Hilfsmitteln (der Taschenrechner gehört zwar heute eher zu den high-tech Mitteln) die Dir gestellten Aufgaben sehr genau lösen konntest. Dabei kamen Dir zweifellos Deine sehr guten Kenntnisse der astronomischen Zusammenhänge zugute.

Bei der Suche nach der Südrichtung mit Hilfe der Kulmination der Sonne hat natürlich die Zeitgleichung einen enormen Einfluss. Kennt man die Kulminationszeit der Sonne in Greenwich nicht, so kann die Verschiebung der Kulminationszeit von bis zu 15 Minuten zu einem Fehler in der Position von bis zu 416 km führen. Aber zum Glück hast Du mir einen Weg gezeigt, wie auch der Einfluss der Zeitgleichung einfach ermittelt werden kann.

Generell liegt sicher das ganze Problem der Ortsbestimmung auf einer einsamen Insel in der Genauigkeit. Währenddem die geographische Breite mit exakten Messmethoden auch mit einfachen Mitteln sehr genau sein kann (Du hast es mir ja gezeigt), ist die Frage der geographischen Länge auch bei genauen Messungen eigentlich eine Frage der genauen Kenntnis der Zeit. Hier lag ja auch das Problem der christlichen Seefahrt: Azimut und Höhe konnten sehr genau gemessen werden. Nur die Präzision der Zeitmessung, sprich die Genauigkeit der Uhren, liess sehr zu wünschen übrig.

Sicher weisst Du, dass einer der Hauptzwecke der Sternwarte Greenwich in Forschungsarbeiten zur Bestimmung der geographischen Länge auf hoher See gehörten ,einschliesslich von Zeitmessungen und Durchgangsmessungen von Gestirnen (die Transitinstrumente kann man noch heute bewundern). Schlussendlich wurde vom «Ausschuss der Admiralität für die Längengradbestimmung» ein Preis für die Lösung des Problems der Bestimmung des Längengrades ausgesetzt. Wusstest Du, dass der Preis schlussendlich an zwei verschiedene Personen vergeben wurde, weil plötzlich zwei grundsätzlich verschiedene Lösungen auftauchten?

Die erste Lösung basierte auf der klassischen Idee mit Hilfe einer sehr genauen Uhr, welche der Engländer John Harrison erfand. Die Präzision der Uhr wurde bewiesen, als sie mit einem Schiff auf eine Reise nach Jamaika und zurück genommen wurde. Der Fehler der mit ihrer Hilfe ermittelten geographischen Länge, nach Monaten mit hohem Seegang, war kleiner als 30 km. Das einzige Problem stellte die sehr teure Fertigung dar. Als Cook zu seiner zweiten Reise nach Tahiti segelte (1772-1775), nahm er eine solche Uhr mit. Ein Preisvergleich: sein Schiff, die HMS Resolution hatte 2750 Pfund gekostet, die Uhr 500 Pfund. Eine Harrison-Uhr kann heute noch im Seefahrtmuseum in Greenwich betrachtet werden)

Die zweite Lösung wurde vom deutschen Mathematikprofessor Tobias Mayer gefunden. Er baute auf Arbeiten von Euler, Clairaut und d'Alembert auf, welche er mit Messungen von Bradley in Zusammenhang brachte. Er erhielt so ein Reihe genauer Vorausberechnungen der Mondbahn, welche dann zur Bestimmung der geographischen Länge mit der sogenannten «Mondabstandsmethode» genutzt werden konnten. Sie basierte nur auf auf Beobachtungen der Mondbahn und benötigte keine Kenntnis der genauen Zeit. Zu diesem Zweck erstellte er den ersten «Nautischen Almanach».

Sowohl Harrison als auch Mayer beanspruchten schliesslich den Preis der Admiralität. Dies führte zu einem 10jährigen Streit, welcher dadurch beendet wurde, dass Harrison eine Summe von 18750 Pfund, der Witwe des inzwischen verstorbenen Mayer ein Summe von 3000 Pfund zuerkannt wurde.

Durch den Bau der genauen Uhren geriet dann aber die Methode von Mayer in Vergessenheit.

So, lieber Erich, ich hoffe, Dich mit diesem Exkurs nicht gelangweilt zu haben und freue mich darauf, bald wieder etwas von Dir zu hören.

Mit herzlichen Grüssen

HUGO JOST

Spektren von Mira-Sternen

N. BISSANTZ, M. FEDERSPIEL und CH. TREFZGER

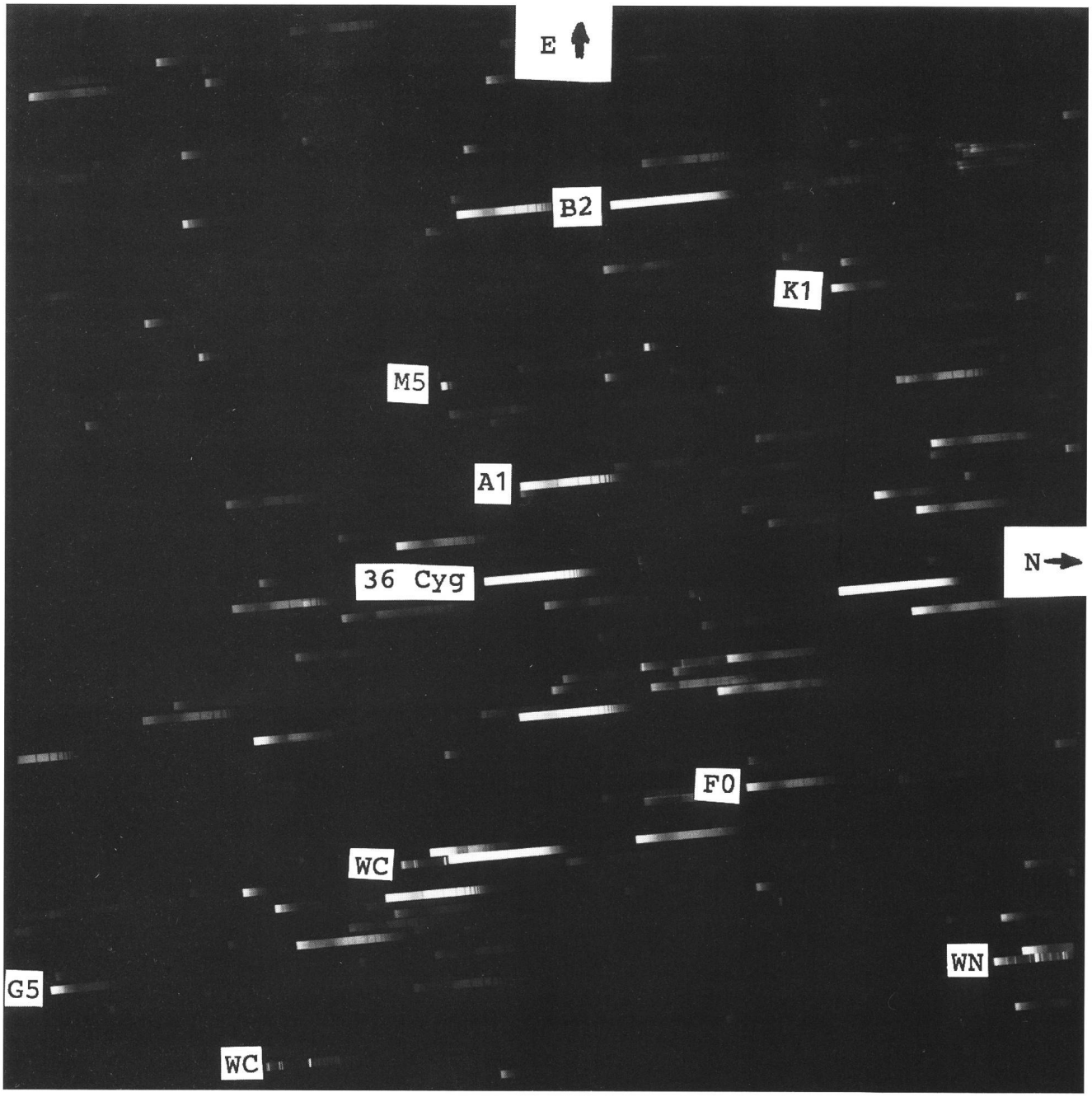
Am Astronomischen Institut der Universität Basel findet alljährlich ein Beobachtungskurs statt mit dem Ziel, den Teilnehmern die Bedienung und Anwendung moderner Forschungseinrichtungen näherzubringen. Das zur Verfügung stehende Instrumentarium befindet sich in der 15 km südwestlich von Basel gelegenen Sternwarte Metzerlen und besteht aus einer Schmidtkamera (Korrektionsplatte 40cm, Brennweite 152cm) mit zwei Objektivprismen sowie einem 60cm-Cassegrainteleskop mit einem lichtelektrischen Photometer. Der Kurs des Jahres 1992 stand unter dem Thema "Spektralklassifikation von Mira-Variablen", wobei die Schmidtkamera in Verbindung mit einem Objektivprisma verwendet wurde. Dieses Projekt ergänzt die seit Jahren von Metzerlen aus durchgeführte photometrische Ueberwachung langperiodischer Veränderlicher. Der folgende Beitrag ist daraus hervorgegangen.

Spektroskopie mit Objektivprismen

Bei der Objektivprismen-Spektroskopie wird ein Glasprisma vor der Korrektionsplatte der Schmidtkamera angebracht und die Kamera bildet an Stelle der Sterne deren Spektren ab. Das von uns verwendete Prisma besitzt einen brechenden Winkel von 5 Grad. Die Auffächerung des Lichts wird als Dispersion bezeichnet und ist im blauen Wellenlängenbereich grösser als im roten. Bei Hγ beträgt die Dispersion 270 Å/mm; auf der Photoplatte sind die Spektren im Original etwa 10mm lang. Die verwendete Kodak-Emulsion I-N ist bis ins nahe Infrarot empfindlich, sodass die Spektren von etwa 3500Å bis 9000Å reichen. Zur Verbreiterung des fadenförmigen Spektrums wird die Kamera gleichmässig senkrecht zur Dispersionsrichtung bewegt.

In der Astronomie werden Objektivprismen-Anordnungen bei der spektralen Durchmusterung von grösseren Himmelsa-

Figur 1
Objektivprismen-Aufnahme eines Sternfelds im Sternbild Cygnus. Die Feldgrösse beträgt 3x3 Grad, das Plattenzentrum liegt beim Stern 36 Cygni. Einige Sterne sind mit ihren Spektraltypen identifiziert. Man beachte auch die sehr seltenen Wolf-Rayet-Sterne (WN und WC) mit ihren Emissionsspektren. Aufnahme von S. Gabi mit der 40cm-Schmidtkamera der Sternwarte Metzerlen; verwendet wurde die infrarotempfindliche Emulsion Kodak I-N.



realen verwendet. Eine Aufnahme erfasst eine grosse Zahl von Spektren (siehe Figur 1), die sich zur Klassifikation eignen. Dieser Gewinn geht jedoch auf Kosten der spektralen Auflösung: Objektivprismen-Spektren zeigen im Gegensatz zu mit einem Spaltspektrographen gewonnenen Spektren relativ wenig Einzelheiten. Trotzdem reichen sie aus, um schwache Sterne bis in grosse Entfernungen in unserem Milchstrassensystem zu klassifizieren; die so gewonnenen Daten dienen als Grundlage bei der Untersuchung der Struktur unseres Sternsystems.

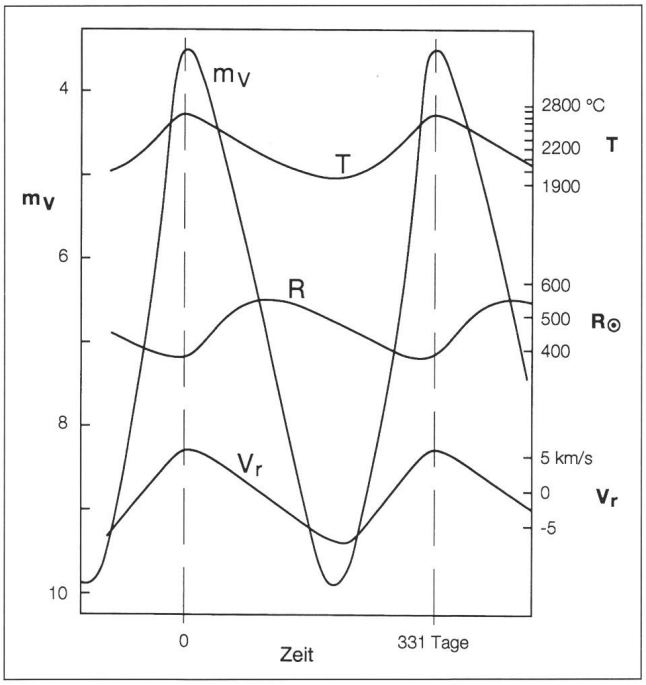
Mira-Sterne

Im Jahre 1596 entdeckte der deutsche Astronom und Pfarrer David Fabricius (1564-1617) den veränderlichen Stern Mira Ceti – und damit den ersten veränderlichen Stern überhaupt. Heute weiss man, dass Mira Ceti der Prototyp einer grossen Klasse veränderlicher Sterne ist, der langperiodischen Veränderlichen oder Mirasterne; sie weisen bei Perioden von etwa 50 bis 1000 Tagen Lichtwechselamplituden von 2 bis über 10 Grössenklassen auf. Während des Lichtwechsels ändern sich neben der Helligkeit auch noch andere physikalische Eigenschaften wie zum Beispiel Temperatur und Radius (siehe Figur 2) und damit auch der Spektraltyp. Ursache hierfür sind durch Schockwellen hervorgerufene periodische Ionisationsvorgänge im Innern der Sterne. Dabei sind aber viele Einzelheiten des Pulsationsmechanismus noch unverstanden.

Bei den Mirasternen handelt es sich um Riesen oder Überriesen späten Spektraltyps, deren Position im Hertzsprung-Russell-Diagramm in der rechten oberen Ecke liegt. Bei niedriger Oberflächentemperatur können Moleküle entstehen, insbesondere TiO, dessen starke Absorptionsbanden die Spektren der M-Sterne dominieren, denen die meisten Mirasterne angehören. Als weiterführende Literatur sei das ausgezeichnete Buch von C. Hoffmeister, "Veränderliche Sterne" (Johann Ambrosius Barth Leipzig 1970) empfohlen.

Bei einigen Sternen transportiert die Konvektion chemische Elemente an die Oberfläche, die im tiefen Sterninnern gebildet wurden. Die S-Sterne, deren Spektren durch ZrO-Banden geprägt werden, sind eine solche Gruppe. Eine andere Gruppe stellen die Kohlenstoffsterne dar mit deutlichen Banden von CN und C2. Hier wurde soviel Kohlenstoff an die Oberfläche befördert, dass zu wenig Sauerstoff vorhanden ist, um dieses Element vollständig in CO-Molekülen zu binden – es entstehen weitere charakteristische Kohlenstoffverbindungen wie CN und C2.

Figur 2
Zeitlicher Verlauf von scheinbarer Helligkeit, Temperatur, Radius und Radialgeschwindigkeit des Sterns Mira Ceti (nach C. Hoffmeister 1970).



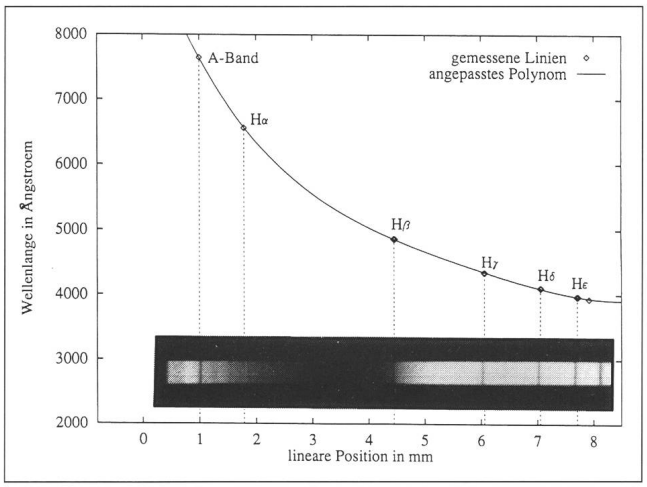
Klassifikation der Spektren
Die Dispersionskurve

Um nun eine Klassifikation der Spektren vorzunehmen, sind zunächst die sichtbaren Banden und Linien zu identifizieren. Man konstruiert sich dazu die sogenannte Dispersionskurve (Figur 3), die für jede im Spektrum gemessene Position die zugehörige Wellenlänge angibt. Im einzelnen sind folgende Schritte notwendig:

- Bestimmung einer Struktur, die in fast allen Spektren vorhanden ist und somit als Bezugspunkt für die Ortskoordinate dienen kann. Dazu wurde das atmosphärische A-Band ausgewählt, das bei kleiner spektraler Auflösung als Linie bei ca. 7600Å erscheint.
- Messung der Ortskoordinaten von Linien mit bekannten Wellenlängen. Dazu eignen sich Spektren mit Wasserstofflinien besonders gut, also Spektraltypen B oder A. Tritt die Balmerserie des Wasserstoffs markant in Erscheinung, so ist die Identifizierung der einzelnen Linien auch ohne Messung der Wellenlänge möglich.

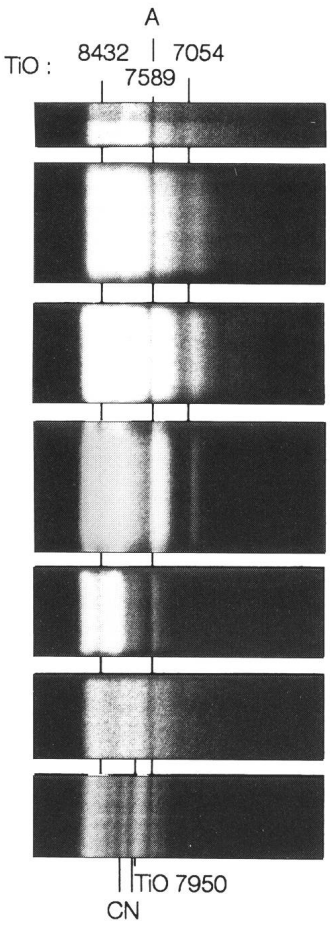
Figur 3 zeigt die erhaltene Dispersionskurve, zusammen mit einem der verwendeten B-Spektren. Die ausgeprägte Nichtlinearität ist eine Folge der Verwendung eines Glasprismas, das den blauen Teil des Spektrums stärker auseinanderzieht als den roten.

Figur 3
Die Dispersionskurve ermöglicht die Zuordnung von Wellenlänge und Position im Spektrum. Sie wurde mit Hilfe der Balmerserie eines A-Sterns bestimmt.

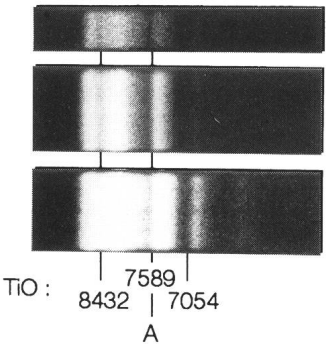


a) Standardsterne

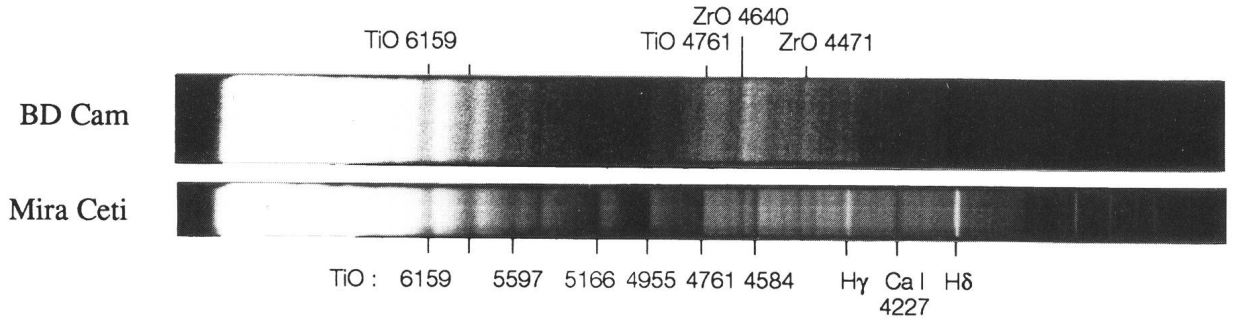
Man beachte die Entwicklung der im Text beschriebenen Klassifikationsmerkmale zwischen K0III und M8III.



b) Klassifizierte veränderliche Sterne



c) Blauer Spektralbereich einiger Mira-Sterne



Standardsterne

Der nächste Schritt auf dem Weg zu einer Spektralklassifikation von Mirasternen besteht darin, eine Sequenz von Spektren bekannten Spektraltyps auszuwerten, um Klassifikationskriterien zu gewinnen. Da es sich bei diesen Sternen um extrem rote Objekte handelt, kommen vor allem Strukturen im Bereich λ>7000Å in Frage. Es stellt sich dabei heraus, dass TiO-Banden bei den Wellenlängen 7054Å und 7589Å und eine Gruppe im Bereich von 8400Å-8800Å dafür besonders geeignet sind. Diese Banden wurden bereits von Nassau und van Albada (The Astrophysical Journal Vol. 109, 391, 1949) als Merkmale von M-Sternen angegeben. Aus dieser Arbeit stammen die hier benutzten Kriterien für Spektren des S-Typs (TiO bei 7950Å) und des C-Typs (CN-Banden). Tafel 1 zeigt die Sequenz der Standardsterne mit den jeweils zur Klassifikation wichtigen Banden.

Zusätzlich zu den Aufnahmen des extrem roten Spektralbereichs wurden auch noch Aufnahmen ausgewertet, die erheblich weiter in den blauen Wellenlängenbereich reichen. Tafel 1 zeigt solche Spektren von Mira Ceti, Spektraltyp M6/7^e, und von BD Camelopardalis, einem S-Stern. Man beachte die auch hier auftretenden TiO-Absorptionsbanden sowie speziell bei Mira Ceti die Wasserstoff-Emissionslinien. Diese entstehen in einer dichten den Stern umgebenden Gashülle (zirkumstellare Hülle), eine Folge des bedeutenden Massenverlusts dieses Sterns.

Spektralklassifikation bei Mirasternen

Mit Hilfe der Klassifikationsmerkmale wurden nun die Spektraltypen einiger langperiodischer bzw. halbregelmässiger Veränderlicher bestimmt. Die so ermittelten Spektraltypen stimmen zuverlässig mit Angaben aus der Literatur überein (Keenan et al. Astrophys. Journ. Suppl. Ser. Vol. 28, 271, 1974). Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich der Spektraltyp im Laufe der Lichtkurve ändert. Bei der Klassifikation der Veränderlichen traten zwei Probleme auf. Zum einen ist bei der Abschätzung der Bandenstärke die Belichtungszeit der jeweiligen Aufnahme in Betracht zu ziehen. So kann ein überbelichtetes Spektrum mit an sich sehr starken Banden wie ein Spektrum mit niedriger Bandenintensität aussehen. Zweitens war es insbesondere bei sehr kurzen Spektren schwierig, das atmosphärische A-Band, das als Nullpunkt der Wellenlängenskala diente, zu identifizieren. Dennoch gelang es in der Regel auch hier, das Spektrum anhand gut erkennbarer Bandenstrukturen zufriedenstellend einzuordnen. Die Tabelle 1 fasst die wichtigsten Ergebnisse der Klassifikation zusammen.

Tabelle 1 (HR=Halbregelmässig)

Objekt	Typ	Klassifikation	Literaturangabe
SX Peg	Mira	S	S4e
AF Peg	HR	M6	M5
R Cas	Mira	M6/7^e	M6e-M8^e
Mira Ceti	Mira	M6/7^e	M6e (Maximum)
AQ Aur	–	M7	–
RR Boo	Mira	M5/6	M3^e–M6^e
R And	Mira	S	S6^e
R Tri	Mira	M5^e	M5^e–M8^e
W Tri	HR	M6	M5

Zusammenfassung

Der Beobachtungskurs des Sommers 1992 gab den Teilnehmern Gelegenheit, sich mit Objektivprismen-Spektren von M-Sternen zu befassen. Die Studenten nahmen im Rahmen der gestellten Aufgabe Spektren auf, identifizierten die Sterne, konstruierten die Dispersionskurve des Prismas und klassifizierten die Spektren anhand von der Literatur entnommener Kriterien. Sie erhielten dadurch Einblick in die vielfältigen Phänomene und die komplexen Vorgänge, die am kühlen Ende der stellaren Temperaturskala auftreten.

Die Autoren danken Herrn Dr. L. Labhardt für die Überlassung einiger Mira-Spektren sowie Herrn D. Cerrito für die sorgfältige Ausführung der Abbildungen.

N. Bissantz, M. Federspiel und Ch. Trefzger
Astronomisches Institut der Universität Basel
Venusstrasse 7, CH-4102 Binningen

Buchbesprechungen • Bibliographies

E.Davoust. *Signale ohne Antwort?* – Die Suche nach ausserirdischem Leben. Birkhäuser-Verlag, 1993. ISBN 3-7643-2731-6. (Uebersetzung aus dem Englischen). Fr. 52.–.

Die Internationale Astronomische Union (IAU) hat die Suche nach Leben im Universum als berechtigt anerkannt und 1981 eine Kommission mit dem Namen «Search for Extraterrestial Life SETI» gegründet. Damit wurde eine Reihe von Forschungsarbeiten in die Wege geleitet, die in diesem Buch beschrieben sind.

Der Text beginnt mit der Besprechung des Lebens auf der Erde, seinem Ursprung, seiner Evolution im Laufe der Zeit und einem Ausblick über eine Verbreitung irdischen Lebens im Weltall.

Im zweiten Teil wird die Suche nach Leben in der Sonnenumgebung (insbesondere die Ergebnisse der ins Planetensystem gesandten Raumsonden) beschrieben und die Suche nach fernen Planetensystemen erläutert.

Der dritte Teil umreisst die Frage nach intelligentem Leben im Universum. Aus verständlichen Gründen können hier nicht Forschungsergebnisse im Vordergrund stehen; es geht vor allem darum, den Fragenkomplex «Sind wir allein?» in philosophischer, sozialer und technologischer Sicht zu umreissen und den Stellenwert, den diese Frage in der heutigen Gesellschaft hat, zu untersuchen.

Das Buch verlangt keine astronomischen Vorkenntnisse, und der engagierte Astroamateur würde sich eine vertieftere Behandlung des zugrundeliegenden astronomischen Stoffes wünschen. Wer aber einen ersten Einstieg in die behandelte Problematik sucht, wird nicht enttäuscht und erhält – insbesondere auch mit der ausführlichen Bibliographie im Anhang – viele Anregungen zu einem weiteren Studium.

H.Strübin

LUTHARDT, RAINER: *Sonneberger Kalender für Sternfreunde "94*. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt a/Main, 1993. 15 x 21 cm (A5), kartoniert. Viele Diagramme, schwarz-weiss Fotos, Tabellen. 314 Seiten. ISBN 3-8171-1394-3. sFr. 19.80.

Dieses handliche Jahrbuch erscheint zum ersten Mal, sein Autor war in den letzten Jahren verantwortlicher Herausgeber des Ahnert'schen Sternkalenders.

Etwa die Hälfte des Buches nehmen die Monatsübersichten ein. In diesen werden in einer Tabelle für jeden Tag um 1 Uhr MEZ die Sternzeit sowie einige besondere Ereignisse gegeben. Ein Diagramm zeigt die Auf- und Untergänge von Sonne, Mond und Planeten, eine Tabelle gibt Sonnenauf- und Untergang sowie Dämmerung für jeden fünften Tag für verschiedene Breitengrade an, die bis zu den Kanarischen Inseln reichen. Anschliessend folgen tägliche Koordinaten und physische Ephemeriden der Sonne und des Mondes. Dann werden besondere Ereignisse des Monats behandelt, mit enthalten ist auch ein Diagramm der Stellungen der Jupitermonde.

Im zweiten Teil, mit dem Titel Ephemeriden, werden Sternbedeckungen durch den Mond für vier deutsche Städte und für die Kanarischen Inseln aufgelistet, gefolgt von den Ephemeriden der Planeten und von Kleinplaneten.

Der Abschnitt Objekte behandelt Meteorströme und Veränderliche. Die letzten knapp hundert Seiten umfassen verschiedene Textbeiträge, die für den Amateur von Interesse sind. Ein Anhang gibt schliesslich eine Anleitung für die Benutzung des Kalenders und einige weitere wissenswerte Angaben, wie Tabellen über die Monde der Planeten, Fixsterne heller als $3.^{m}0$ und ausgewählte Beobachtungsobjekte.

Erwähnenswert ist eine Gradskala auf dem hintern Deckblatt. Wenn man das Buch mit ausgestrecktem Arm vor sich hält, erlaubt diese das Abschätzen von Winkeldistanzen.

Das Jahrbuch ist ein gutes Hilfsmittel für den beobachtenden Sternfreund und enthält auch nützliche Angaben für Beobachtungen in südlichen Gefilden.

ANDREAS TARNUTZER

BONE, NEIL: *Meteors*. Philip's Observer's Handbook. Verlag George Philip Ltd, London. 1993. 15,6 x 23,4 cm, kartoniert. 49 Zeichnungen, 36 Photos und 10 Tabellen, 176 Seiten. ISBN 0-540-01269-6. £ 10.99.

Zur Beobachtung von Meteoren, «Sternschnuppen», braucht es keine teuren Instrumente, es lassen sich mit blossem Auge wertvolle Resultate erreichen. Dieses Buch erscheint nun zur richtigen Zeit, damit sich der Interessierte auf den für 1998 oder 1999 erwarteten grossen Leoniden-Sturm vorbereiten kann.

Einleitend werden die Eigenschaften der Meteore erklärt und die durch ihr Eintreffen auf die irdische Atmosphäre verursachten Phänomene. Eingehend werden die visuellen Beobachtungsmethoden behandelt, die Wahl des Beobachtungszeitraums, in welcher Richtung man am besten beobachtet und wie man die Beobachtungen richtig protokolliert, damit sie nachträglich ausgewertet werden können. Den Hauptteil des Buches macht die Diskussion der im Laufe eines Jahres auftretenden Meteorschwärme. Dabei geben Zeichnungen der Radianten – mit ihren Lageänderungen im Verlaufe der Zeit – und Tabellen über die Höhe der Radianten über dem Horizont in Funktion der Uhrzeit wertvolle Hinweise. Anschliessend werden die zur Photographie der Meteore einzusetzenden Hilfsmittel und die zu erwartenden Resultate erläutert. Als weitere Beobachtungsmethoden kommen noch diejenigen mit Fernrohren – vorwiegend Feldstecher – und der Nachweis von Meteoren mittels Radio- und TV-Wellen in Frage.

Abschliessend werden noch andere Phänomene behandelt, wie Kometen, das Zodiakallicht, künstliche Satelliten, Nordlichterscheinungen und Nacht-leuchtende Wolken.

Naturgemäss richtet sich das Buch an englisch-sprachige Interessenten, und es werden vorwiegend englische und amerikanische Organisationen erwähnt. Doch ist auch auf die International Meteor Organization in Belgien hingewiesen.

ANDREAS TARNUTZER

HANS-ULRICH KELLER: *Das Himmelsjahr 1994*. Sonne, Mond und Sterne im Jahreslauf; herausgegeben von Hans-Ulrich Keller unter Mitarbeit von Erich Karkoschka. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart 1993. 248 Seiten, 191 Abbildungen und 84 Tabellen. Brosch. Fr. 20.50. ISBN 3-440-06639-8.

Dieser Führer durch die Sternenwelt im Jahreslauf ist ein Wegweiser für all jene, die sich für die Vorgänge am gestirnten Himmel interessieren und selbst eigene astronomische Beobachtungen anstellen möchten. Das gesteckte Ziel: «Durch eine möglichst klare Beschreibung der Ereignisse am Sternenhimmel im Laufe des Jahres soll das Himmelsjahr für jeden leicht verständlich und nützlich sein», wird durch diesen astronomischen Almanach vorzüglich erreicht. Benutzer mit den unterschiedlichsten Erwartungen, Ansprüchen und Vorkenntnissen finden in ihm eine grosse Zahl an Informationen, Daten und Ratschlägen, (Sonnen- und Mondfinsternisse, Konstellationen und Ereignisse, usw.), die für Streifzüge durch die Sternenwelt nützlich sind. Die Monatsübersichten enthalten die Dämmerungszeiten, Auf- und Untergänge der Sonne, Mond-, Planeten- und Planetoidenlauf, Sternschuppenschwärme, eine Liste der sichtbaren veränderlichen Sterne und eine Beschreibung des Fixsternhimmels, in die auch einzelne Sternsagen miteinbezogen sind - der bisherige dreimonatige Abschnitt «Sagenwelt» entfällt. Interessant sind auch die monatliche «Klimaübersicht» die es gestattet, für einige ausgewählte Orte in Mitteleuropa die zu erwartende Bewölkungswahrscheinlichkeit und Niederschlagshäufigkeit zu ermitteln, und das «Monatsthema» mit neueren astronomischen Berichten, z.B. im Februar «Was geschah vor dem Urknall» oder im Juli «Ringe um Sterne». In diesen Berichten ist es vielfach nach Jahren noch interessant zu schmökern; es lohnt sich deshalb, frühere Jahrgänge aufzubewahren. Als Neuerungen gegenüber den bisherigen Jahrgängen wurden unter anderem der Gültigkeitsbereich auf Mitteleuropa ausgedehnt, die Sonnenlauftabelle mit dem Beginn und dem Ende der nautischen Dämmerung ergänzt und die Mondlauftabelle um die Spalte der Kulminationszeiten erweitert. In den jeweiligen Monatssternkarten ist nur noch der aktuelle Himmelsausschnitt dargestellt; sie sind damit übersichtlicher geworden.

Der Tabellenteil enthält die ekliptikalen Koordinaten für Sonne, Mond und die grossen Planeten, aktuelle Angaben über Sternbedeckungen durch den Mond, geographische Koordinaten grösserer Städte mit Zeitkorrektur in Minuten u.v.a.m. Eine erweiterte Liste mit den Anschriften astronomischer Institute, Planetarien und Sternwarten bildet den Abschluss dieses sehr empfehlenswerten Jahrbuches.

ARNOLD VON ROTZ

A. LIGHTMAN, R. BRAWER: *Origins, the Lives and Worlds of Modern Cosmologists,* Harvard University Press, Cambridge/Mass. USA 1990, 564 Seiten, 36 Fotos, 4 Abbildungen, Preis: US-$ 35.95, ISBN N° 0-674-64470-0

Wem Fragestellungen der modernen Astrophysik halbwegs geläufig sind und sich dem spekulativen Wissenschaftszweig der Kosmologie und Kosmogonie nähern möchte, findet in diesem Buch ein sehr nützliches Kompendium – allerdings in englischer Sprache –.

Die beiden Autoren sind MIT-Professor Alan Lightman, der «wissenschaftliche Literatur» und Physik lehrt und Frau Roberta Brawer, die Studien zur Kosmologie und Geschichte und gesellschaftliche Wirkungen der Naturwissenschaften ebenfalls am renommierten Massachusetts Institute of Technology/Boston betreut.

Das Buch ist folgendermaßen aufgebaut: nach einer 50seitigen «Einführung in die moderne Kosmologie» enthält der Band auf 460 Seiten Aufzeichnungen 90-minütiger, auf maximal 49 Fragen basierender Interviews mit den 27 bekanntesten Kosmologen der USA, Englands und der Sowjet-Union. Die Reihenfolge dieser Wissenschaftler entspricht etwa der Chronologie der Kosmologie ab 1975, angefangen mit Fred Hoyle (Konstant-Zustand-Modell, «steady state») über Sandage, Quasare-Entdecker M. Schmidt, Rees, R. Dicke/Princeton, Peebles, Vera Rubin, Magret Geller, Stephen Hawking, Physik-Nobelpreisträger (1979) und Urknall-Theoritiker Stephen Weinberg und seinem Schüler Alan Guth bis hin zum Russen Andrei Linde/Moskau.

Jedem Interwiew ist ein kurzer Lebenslauf des Befragten vorangestellt und die Fragen erstrecken sich von dessen Kindheit, Schulzeit, erste Anregungen zur Astronomie/Kosmologie bis hin zur Studienwahl (oft über Umwege) und zu Kontakten zu «wichtigen» akademischen Lehrern, Dissertationen und schließlich Theorie-Kontroversen, Ideen und Bücherschreiben.

Hier kann z.B. ein z.Zt. noch unorientierter Physikstudent gute Hinweise finden, wie man mit renommierten Pionieren dieses Wissenschaftszweiges in Kontakt kommt und wie solche Orientierungen in Lebensläufen stattfinden können.

Einige der letzten Fragen zielen (naheliegend) auch auf philosophische Sachverhalte und z.B. das «anthropische Prinzip» ab, die vom materialistischen bis zum streng religiös orientierten sehr unterschiedlich beantwortet wird. (Peebles: Schlechte Physiker driften in die Theologie ab...).

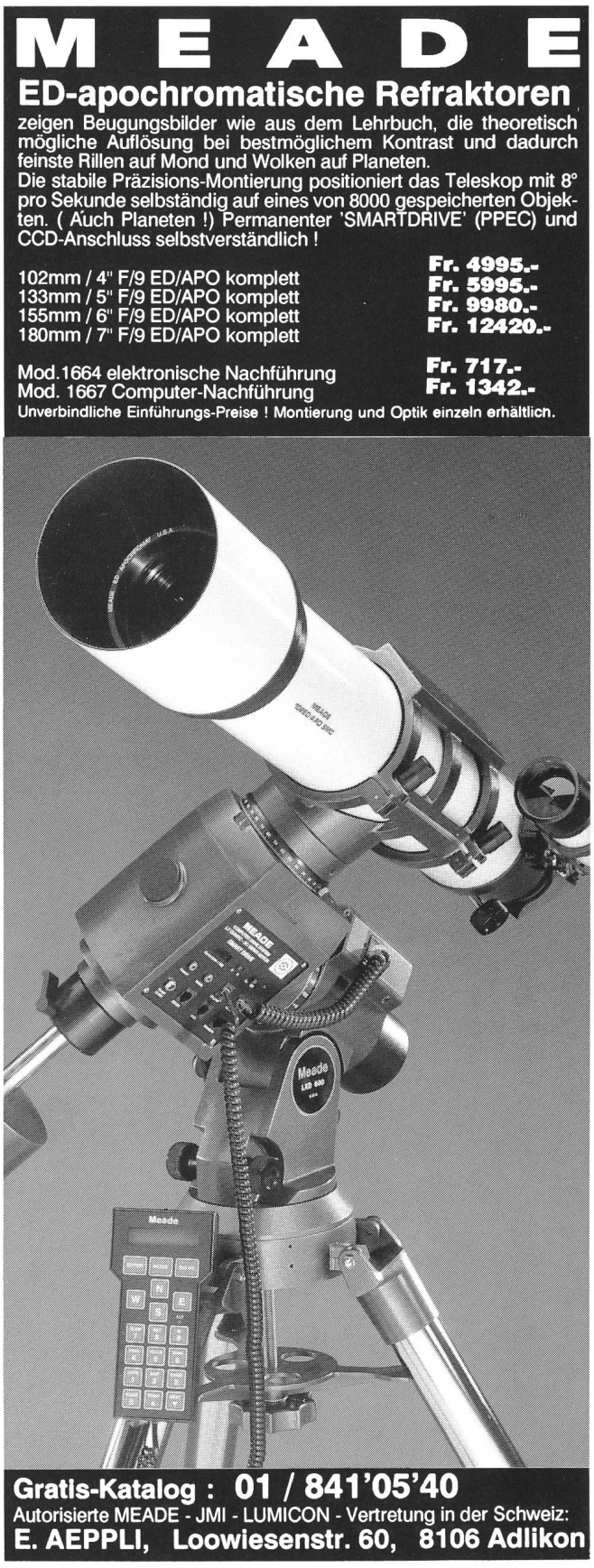
Bemerkenswert sind Lindes Antworten hierzu, der bei seinen persönlichen Intuitionen telepathische Kontakte nicht ausschließt, die andererseits dem physikalischen Prinzip der Lorenz-Invarianz widersprechen.

Es ist klar, das ein solcher Band, der ohne Formeln auskommt, nur andeuten kann, wie kompliziert und langwierig der Einstieg in die kosmologischen Fragestellungen sein kann, bedenkt man, daß es z.B. eine hier nötige nichtlineare (lineare existiert!) Hydromechanik zur Galaxien-Entstehung noch nicht gibt…

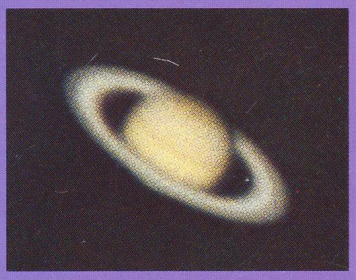
Das abschließende 48seitige Glossar liest sich wie ein Schnellkurs in Astrophysik. Leser, die sich vertiefen möchten, finden genügend Literaturhinweise auf 30 Seiten (Bücher und Zeitschriften-Arbeiten).

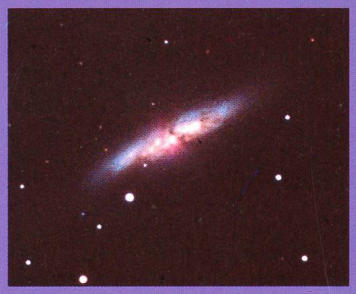
Alles in allem ein abwechselungsreiches Buch, weil es Lebensläufe und Wissenschaft in einer glücklichen Mischung vereint.

RUDOLF WOHLLEBEN
Bonn



C14 SCHMIDT-CASSEGRAIN, OPTISCHE SPITZENLEISTUNG SEIT 20 JAHREN





- Celestron C 14, 356 mm Spiegeldurchmesser mit 3910 mm Brennweite und f/11 Öffnungsverhältnis – der Standard an dem sich andere seit mehr als 20 Jahren messen.

- Das wichtigste Kriterium für ein Teleskop ist seine optische Qualität. Die optische Leistung des C 14 ist unerreicht – die nebenstehenden Bilder sprechen für sich.

- Es ist jetzt der ideale Zeitpunkt, sich für ein Celestron C 14 zu entscheiden. Wir offerieren Ihnen den günstigsten Preis seit Jahren (für das komplette Teleskop wie auch die Optik alleine).

- Kontaktieren Sie Ihren Fachhändler oder wenden Sie sich für weitere Informationen an die Generalvertretung für die Schweiz.

proastro

P. WYSS PHOTO-VIDEO EN GROS

Dufourstrasse 124
8034 Zürich

Telefon 01 383 01 08
Telefax 01 383 00 94

CELESTRON®