

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 51 (1993)
Heft: 256

Heft

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

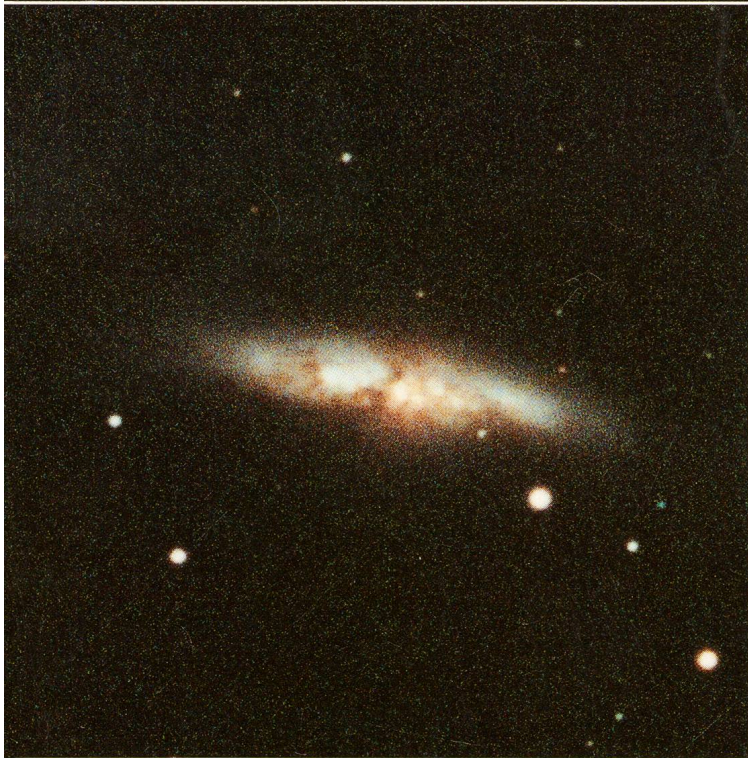
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 27.12.2024

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



ORION

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

Impressum Orion

Leitender und technischer Redaktor/Rédacteur en chef et technique:

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 257: 04.06.1993
ORION 258: 06.08.1993

Dernier délai pour l'envoi des articles ORION 257: 04.06.1993
ORION 258: 06.08.1993

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, Burstwiesenstrasse 37, CH-8606 Greifensee

Weitere Redaktoren/Autres rédacteurs:

M. Griesser, Breitenstrasse 2, CH-8542 Wiesendangen
Hugo Jost-Hediger, Lingeriz 89, CH-2540 Grenchen

Reinzeichnungen/Dessins:

H. Bodmer, Greifensee; 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 Verpackung beim Zentralsekretär erhältlich.

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.

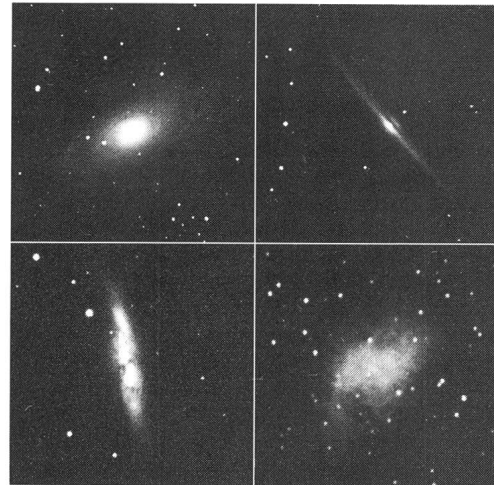
ISSN 0030-557 X

ISSN 0030-557 X

Inhaltsverzeichnis/Sommaire

Neues aus der Forschung • Nouvelles scientifiques	
N. Cramer: Notre biosphère et le Cosmos	104
Mitteilungen / Bulletin / Comunicato	
H. Bodmer: Neuerungen bei der Sonnenbeobachtergruppe SoSAG	125/13
F. Egger: Robert A. Naef Preis 1992 / Prix Robert A. Naef 1992	125/13
J. Keers: Treffen Komet Schoemaker-Levy 1911 a1 mit dem Eulennebel	126/14
Veranstaltungskalender / Calendrier des activités	127/15
P. Stüssi, P. Kocher: 5. Starparty 1993	127/15
H. Bodmer: Planetendiagramme / Diagrammes planétaires	128/16
H. Bodmer: Sonne, Mond und innere Planeten / Soleil, Lune et planètes intérieures	128/16
Sonnensystem • Système Solaire	
J. Deferne, B. Dominik: Les météorites, messagères de l'espace	113
M.J. Schmidt: Galileo unterwegs zum Planetoiden-Gürtel	119
H. Jost-Hediger: Astrowerkstatt - Planetentour	121
H.-R. Hitz: Eine astronomische Deutung des keltischen (gallo-lateinischen) Mond- und Sonnenkalenders von Coligny (Frankreich)	129
J. Alean: Eine Primarschulklasse und die Sonne	134
J. G. Bosch: Comètes et variables / Kometen und Veränderliche	136
R.O. Montandon: Merkur-Periheldrehung (Nachtrag)	140
R.O. Montandon: Astronomie und Kalender	146
R. Behrend: Comètes et astéroïdes: observation et détermination des orbites	149
Astrofotografie • Astrophotographie	
A. Behrend: Supernova 1993 J dans M81	141
J. Dragesco: Protubérances ayant suivi le violent flare du 15 juin 1991	141
Instrumententechnik • Techniques instrumentales	
H. Jost-Hediger: Die Jurasternwarte	142
E. Laager: Der natürliche Horizont, Hilfe und Hindernis bei astronomischen Beobachtungen	143
H. Bodmer: Zürcher Sonnenfleckenrelativzahlen / Nombres de Wolf	124
An- und Verkauf / Achat et vente	138

Titelbild/Couverture



Im Uhrzeigersinn / Dans le sens des aiguilles d'une montre:
M1, NGC 4565, M81, M82.

Belichtungen / Poses: 35min, 45min, 40min, 42min.

Ort / Lieu: Val Calanca (GR).

Instrument / Instrument: Celestron Ultima 8 (NGC 4565),
Celestron CG11 (M1, M81, M82).

Film: Kodak Ektar 1000.

Fotos / Photos: Julio Dieguez, via alla Motta, 6517 Arbedo (TI).

(Für M81, vergleiche s. 141 / Pour M81, voir aussi p. 141)

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



Notre biosphère et le Cosmos¹

N. CRAMER

Introduction

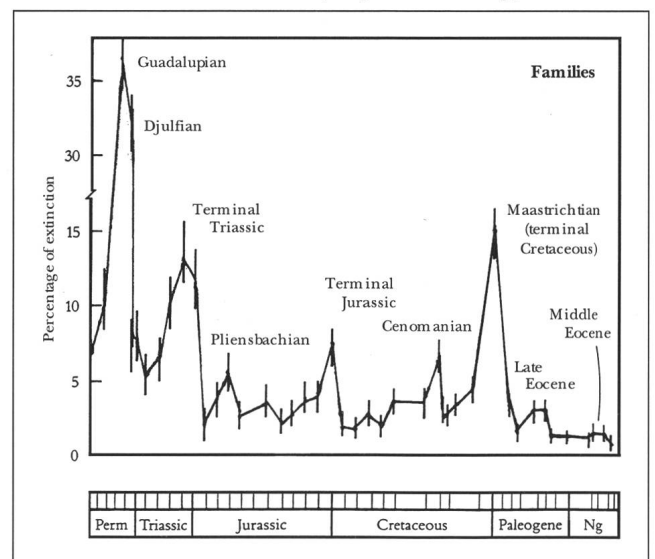
Par les événements qui marquent les étapes de chaque jour, du parcours de notre vie, de celles qui jalonnent l'histoire des civilisations, de notre préhistoire telle que nous la déduisons d'indices épars, l'environnement vital dans lequel nous évoluons donne l'apparence d'être immuable, une enceinte close où de lentes transformations se poursuivent sans le concours de facteurs extérieurs. Et pourtant, nous le savons bien maintenant, notre Terre est une planète géologiquement active avec une surface qui évolue encore, un petit élément dans un système solaire moins statique que nous le pensions il y a quelques décennies seulement, avec un Soleil qui, comme toute étoile, évolue lentement et a même augmenté en luminosité de quelque 25% depuis l'apparition de la vie sur la Terre il y a plusieurs milliards d'années. L'ensemble de notre système solaire fait un tour de notre galaxie en un peu plus de 220 millions d'années et, au cours de son voyage à travers l'espace, il voit aussi se modifier son environnement stellaire et interstellaire. Avec cette vision des choses, il devient difficile de nier le rôle que doivent jouer des influences extérieures dans l'évolution de notre fragile biosphère. On pourrait même retourner la question et, au vu de l'archive paléontologique, s'étonner de la longue durée de vie de cette biosphère et de la relative stabilité des conditions qui y ont régné. Quelles sont les conditions qui autorisent notre existence et, en particulier, quelles sont les influences cosmiques auxquelles nous sommes soumis?

Si les plus anciens fossiles connus de créatures multicellulaires, ou métazoaires, se trouvent dans des roches vieilles de 600 millions d'années, et que certains indices suggèrent une origine remontant même à un milliard d'années, les paléontologues ont également mis en évidence des traces d'êtres plus rudimentaires tels que des bactéries et des algues bleues semblables aux cyanophycées ainsi que des colonies de ces dernières, des stromatolites, inscrites dans des roches vieilles de 3.5 milliards d'années. Il est intéressant de noter ici que des stromatolites se développent encore à présent dans quelques enclaves marines chaudes et peu profondes et dont la salinité élevée éloigne les prédateurs potentiels de ces formations vulnérables. Il est certain que la composition et la température de l'atmosphère étaient alors très différentes des valeurs actuelles; mais de tels organismes fossiles, trouvés dans des roches sédimentaires, démontrent l'existence à cette époque reculée de bassins océaniques où se déroulait déjà la photosynthèse de l'oxygène à partir du gaz carbonique. Comme indicateur, l'état liquide de l'eau est d'un caractère beaucoup plus contraignant vis-à-vis des conditions physiques prévalantes, notamment de la température, que la simple existence d'une atmosphère. Le débat concernant l'évolution de l'atmosphère terrestre des origines jusqu'à nos jours, et l'extrapolation de celle-ci dans le futur, est encore ouvert, activement soutenu et riche en rebondissements. Ainsi, le facteur qui a assuré la pérennité de ce que nous appelons la

«biosphère» semble avoir été lié en premier lieu à la conservation de l'état fluide des océans, en relation étroite sans doute avec la nature de l'atmosphère qui ne représente, en fait, que 3 à 4 pour mille de la masse océanique (voir table en fin d'article). L'existence de la biosphère, comprise ici dans son sens le plus large, dépend essentiellement de l'eau; les variations de nature «périphériques» de la composition atmosphérique n'ayant affecté jusqu'à présent que la diversité des formes vitales.

Les océans ont, selon toute évidence, permis à la vie de se développer et de survivre sur notre planète durant ce très long laps de temps de 3.5 milliards d'années. Les paléontologues sont parvenus à décrire de manière détaillée l'évolution et la différenciation des espèces animales et végétales. A partir de l'apparition des métazoaires, l'évolution s'est accélérée dans le sens d'une complexité croissante. Mais le registre paléontologique montre, à certaines époques, l'apparition de «crises écologiques» où l'on assiste à l'extinction brutale de nombreuses espèces animales et, en moindre mesure, végétales (fig. 1). Ces incidents de parcours sont toujours suivis d'une reprise des espèces survivantes amoindries et, plus tard, de l'apparition d'espèces nouvelles. Comme si ces dernières profitaient alors d'une opportunité créée par une reconfiguration de l'environnement. Ces bouleversements de la biosphère ont pu avoir des causes multiples, différentes d'une fois à l'autre: dérèglement catastrophique des mécanismes complexes de l'écologie; apparition de nouveaux prédateurs; modifications climatiques provoquées par une forte activité volcanique globale; glaciations, etc. De nombreuses causes «internes» de ce type ont été évoquées par le passé, et ce n'est que récemment que l'on envisage des facteurs externes, cosmiques, pour expliquer

Fig. 1: Le taux d'extinction des familles animales durant ces dernières 250 millions d'années (d'après D.M. Raup).



¹ Texte de la conférence donnée à l'occasion de l'assemblée générale 1993 de la SAS à Granges (SO).



certaines des grandes extinctions. L'importance de ces facteurs a initialement été largement minimisée par les géologues et paléontologues, et continue à être contestée par certains.

Notre planète est soumise en permanence aux influences extérieures. On peut classer ces facteurs en deux grandes catégories: ceux propres à notre système solaire, et ceux dépendant de notre voisinage stellaire.

Le système solaire: le rôle du Soleil.

La biosphère dépend directement de l'apport énergétique du rayonnement électromagnétique solaire. Mais ce rayonnement, source de vie au niveau du sol, a intrinsèquement des propriétés très adverses. Notre atmosphère sert de bouclier contre les rayonnements γ et X, et la faible quantité d'ozone formée photo-chimiquement dans la haute atmosphère nous protège de l'effet stérilisant du rayonnement ultraviolet de courte longueur d'onde ($\lambda < 3000 \text{ \AA}$). Le Soleil émet aussi un flux variable de particules chargées, constitué en majorité de protons et d'électrons, qui est modulé par son cycle d'activité de 11 ans. Ce vent solaire pourrait présenter de grands dangers pour les êtres vivants (ainsi qu'aux astronautes naviguant en orbite basse) s'il n'était intercepté et canalisé par le champ magnétique terrestre dans ce que nous appelons les ceintures de Van Allen. Des modifications durables du rayonnement solaire ainsi que du rôle protecteur de l'atmosphère et du champ magnétique terrestres auraient pu contribuer à déclencher des crises écologiques.

Or, notre Soleil, par sa très faible variabilité lumineuse, est plutôt atypique si nous le comparons à l'ensemble des étoiles. L'amplitude de la variation de la constante solaire, telle qu'elle a pu être mesurée sur un cycle de 11 ans par des instruments placés sur orbite (fig. 2), est inférieure à 2%. Des observations photométriques d'étoiles de type solaire, par contre, montrent assez fréquemment des variations atteignant quelques % en l'espace de quelques mois à quelques années. A plus long terme, depuis que nous disposons de dénombrements des taches solaires (dont la présence est liée à une augmentation du débit énergétique du Soleil), on a pu constater d'importantes fluctuations de ce que nous appelons le nombre de Wolf (fig. 3). On remarque, notamment, une période importante, le minimum de Maunder où, entre 1645 et 1715 on n'observa pratiquement pas de taches solaires. Durant cette époque, on a assisté en Europe à l'avance de certains glaciers alpins et à des étés froids qui ont diminué le rendement des récoltes. D'autres indices, basés sur l'abondance relative du ^{14}C , isotope radioactif du carbone, suggèrent des fluctuations plus ou moins longues de la constante solaire durant les dernières quelques dizaines de milliers d'années. Le ^{14}C est fabriqué par le

Fig. 2: Variation de la «constante solaire» mesurée sur un cycle par les satellites astronomiques NIMBUS 7 et SMM.

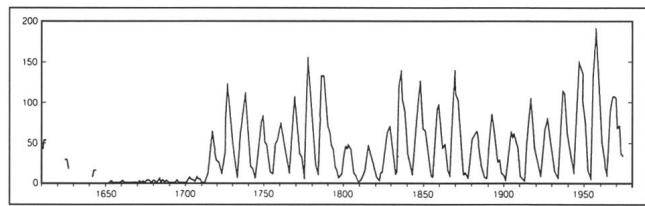
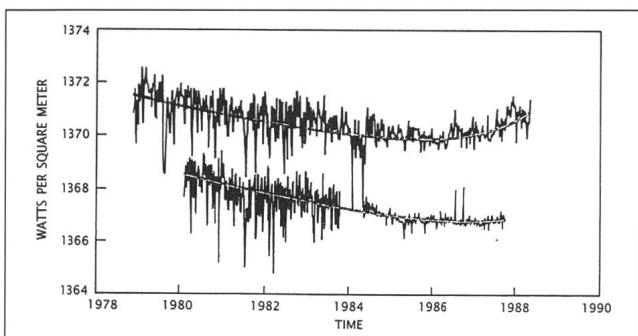


Fig. 3: Variation du Nombre de Wolf depuis le début du dénombrement systématique des taches solaires. Le «minimum de Maunder» est bien apparent à gauche.

bombardement de l'azote (^{14}N) par des neutrons issus de réactions secondaires du rayonnement cosmique galactique avec l'atmosphère. Le taux de ^{14}C relativement à l'isotope stable ^{12}C est modulé par l'activité solaire, car un vent solaire plus important transporte dans le milieu interplanétaire des champs magnétiques qui tendent à dévier le rayonnement cosmique corpusculaire chargé. A une plus forte activité solaire correspond un taux $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ plus faible. L'analyse de la variation de ce taux au cours du temps tend à montrer un comportement multi-périodique de l'activité solaire, avec des valeurs de 2300, 208, 88 et 11 ans. Il n'est donc pas exclu qu'en des temps plus reculés, des variations de l'activité solaire aient contribué à modifier le climat en entraînant des perturbations des biotopes.

En ce qui concerne l'opacité de l'atmosphère au rayonnement ultraviolet, nous connaissons tous le débat actuel au sujet des fréons qui diffusent dans la haute atmosphère. Il n'est pas impossible que la couche d'ozone ait été temporairement réduite dans le passé, mais par des causes naturelles liées peut-être au volcanisme. Au sujet de l'effet protecteur du champ magnétique, il est bien connu, d'après les orientations magnétiques fossiles des magmas solidifiés de part et d'autre des dorsales océaniques, que la dynamo terrestre inverse occasionnellement sa polarité. Nous ne savons pas comment s'opère la transition; est-elle accompagnée par une disparition momentanée du champ magnétique, ou bien assistons nous à une migration plus ou moins rapide des pôles magnétiques d'un pôle géographique à l'autre? Quoi qu'il en soit, des perturbations de la couche d'ozone et des modifications de l'intensité du champ magnétique terrestre ont dû, par le passé, jouer un rôle dans l'histoire de la vie.

A plus long terme, l'évolution naturelle du Soleil finira par rendre la Terre inhabitable. On a déjà mentionné que, depuis l'apparition de la vie dans les océans, notre Soleil a augmenté de luminosité d'environ 25%. Ce scénario va se poursuivre inlassablement et, dans 6 à 7 milliards d'années environ, le Soleil aura épuisé l'hydrogène dans sa partie centrale et entamera une rapide évolution vers sa phase de géante rouge (fig. 4a, b, c). Bien avant cette échéance, la température à la surface terrestre aura atteint des valeurs trop élevées pour permettre aux océans d'exister sous forme liquide. La question est de savoir quand se produira la stérilisation de notre planète et l'évaporation des océans. La modélisation de ce processus est difficile en raison du grand nombre de facteurs qui entrent en jeu. Parmi les quelques tentatives de réponses à cette question on peut citer un travail de J.E. Lovelock et M. Whitfield (1982) où leur modèle prédit, à la suite de l'échauffement dû à l'augmentation de la luminosité solaire, une altération chimique accrue des roches siliceuses avec libération de calcium et formation de carbonates à partir du CO_2 atmosphérique. Ceci devrait entraîner une diminution du CO_2 au-dessous d'un seuil critique pour la photosynthèse

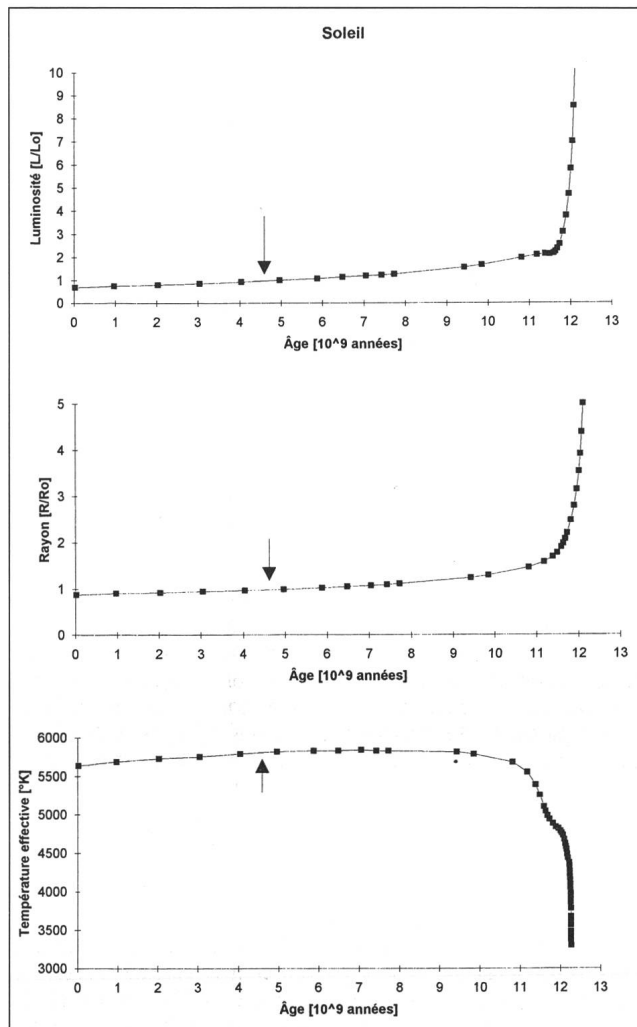


Fig. 4: Evolution de la luminosité, du rayon et de la température effective du Soleil au cours du temps. La flèche indique son stade actuel (d'après G. Schaller; D. Schaerer; G. Meynet, A. Maeder, Observatoire de Genève).

végétale, et leur modèle donne à notre biosphère un avenir d'environ 100 millions d'années. Cette valeur peut paraître faible au vu du long passé de la vie terrestre. Un modèle plus récent, élaboré par K. Caldeira et J.F. Kasting (1992), est plus optimiste et donne encore au moins 900 millions d'années de vie à notre biosphère, situant aussi l'évaporation des océans à plus d'un milliard d'années au delà de cette échéance. Ces modèles ne donnent que des ordres de grandeur, car les données sont multiples et leurs interactions très complexes. Mais l'intérêt croissant pour le problème posé par l'existence hypothétique d'une vie extraterrestre va encourager ce type d'investigation, et il faut s'attendre à disposer d'estimations plus réalistes dans un proche avenir.

Le système solaire: le rôle de l'orbite terrestre.

L'orbite que parcourt la Terre dans sa ronde autour du Soleil est légèrement elliptique et s'écarte du cercle avec une excentricité e qui vaut actuellement 0.0167. Au périhélie la Terre est à 147.1 millions de kilomètres du Soleil, à l'aphélie elle se trouve à 152.1 millions de km. De plus, l'axe de rotation

diurne de la Terre est incliné par rapport à la normale au plan de l'écliptique (plan de l'orbite terrestre) d'un angle, l'obliquité ϵ , qui vaut actuellement 23.5° . Lors du passage au périhélie, qui a lieu vers le 3 janvier de chaque année, la Terre est à son point le plus proche du Soleil; six mois plus tard, à l'aphélie, elle se trouve plus distante de 5 millions de km. Vers le 20 mars et le 22 septembre, aux équinoxes de printemps et d'automne, les deux pôles géographiques sont équidistants du Soleil et les jours et nuits ont des durées identiques sur toute la planète. L'été boréal a lieu, à notre époque, lorsque la Terre est proche de l'aphélie, où son mouvement orbital est le moins rapide, et les mois de printemps et d'été (passant d'un équinoxe à l'autre) comptent par conséquent 7 jours de plus que ceux d'automne et d'hiver. La situation est inverse dans l'hémisphère austral où la saison froide, qui prévaut à ce moment là, compte 7 jours de plus que la saison chaude correspondante.

Les valeurs de e et de ϵ ne sont pas fixes, mais varient dans le temps. L'attraction combinée de la Lune et du Soleil perturbent le gyroscope terrestre et induisent une précession, ou déplacement de l'orientation de son axe, donc aussi de la ligne des équinoxes, avec une période de 25 800 ans. Si, dans l'hémisphère boréal, nous disposons maintenant d'une «étoile polaire», ce fait n'est que passager. En l'an 14980, ce sera au tour de la brillante étoile Véga de devenir notre étoile polaire. Ce mouvement de précession est accompagné par une lente variation de l'obliquité ϵ selon une période de 41 000 ans dans l'intervalle angulaire de 21.5° à 24.5° . Les perturbations dues aux autres corps du système solaire provoquent aussi une lente précession du périhélie dans le sens opposé à la précession des équinoxes et, notamment, une variation de l'excentricité e dans les limites ~ 0 à ~ 0.06 avec une périodicité de 100 000 ans. Trois périodes fondamentales, 26 000 ans, 41 000 ans et 100 000 ans sont donc associées à l'ensoleillement saisonnier de notre planète.

Toutes ces variations ont un effet négligeable sur l'ensoleillement global de la Terre au cours d'une année. Mais les effets locaux peuvent être importants. Plus l'obliquité de l'écliptique est grande, plus le contraste entre été et hiver sera grand pour un hémisphère donné; surtout si ces saisons ont lieu à proximité du périhélie et de l'aphélie. L'insolation estivale peut par exemple varier dans un intervalle de 20% pour une latitude donnée. La variation, d'origine astronomique, du contraste saisonnier d'ensoleillement, et son rôle possible d'initiateur de changements climatiques capables de conduire à des époques glaciaires, a inspiré les investigations de plusieurs chercheurs. On peut nommer Joseph Alphonse Adhémar (env. 1840), Urbain Leverrier (1843), James Croll (1864). Mais c'est le mathématicien yougoslave Milutin Milankovitch (1878-1958) qui poussa le plus loin ces recherches. Après avoir consacré 30 ans de sa carrière à utiliser les paramètres orbitaux pour calculer l'évolution des bilans radiatifs pour toute une série de latitudes, il publia une synthèse de ses résultats dans un livre en 1941. Il montra, par exemple, que les divers facteurs agissent de manière différente selon la latitude. La précession de 22 000 ans (valeur «effective» de celle de 25 800 ans à cause de l'action conjointe de la précession du périhélie) agit principalement dans les zones équatoriales; le cycle de 41 000 ans de l'obliquité agit dans le sens inverse et affecte plus les zones polaires. A l'époque où Milankovitch publia son livre, on ne disposait pas des moyens d'investigation capables de détecter avec finesse les mouvements glaciaires, et de tester ainsi les prédictions de son modèle. Son travail tomba dans l'oubli, et il fallut attendre les années 70 pour avoir les premières confirmations crédibles.



Il est notoirement difficile d'étudier la séquence temporelle des traces de glaciations sur les terres émergées continentales; chaque nouvelle avance des glaciers tend à effacer la plupart des traces de la glaciation précédente. La solution à ce problème est venue de l'étude des sédiments marins qui, moins bousculés par l'action mécanique des plaques de glace en mouvement, ont enregistré une chronologie des événements climatiques sur des centaines de milliers d'années. La clé se trouve dans le rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ de l'oxygène contenu dans le carbonate de calcium (CaCO_3) constituant les coquilles d'êtres microscopiques du plancton marin, les foraminifères. L'isotope le plus courant de l'oxygène est ^{16}O , mais il existe aussi dans la nature des traces de cet élément sous forme de l'isotope plus lourd ^{18}O . Les molécules d'eau qui incorporent un atome ^{18}O s'évaporent moins facilement que les autres et tendent à être concentrées par la distillation. Si les masses glaciaires ne varient pas d'une année à l'autre, l'isotope ^{16}O évaporé retourne à la mer à chaque fonte. Si la glaciation tend à croître, par contre, cet isotope y reste piégé et on assiste à une augmentation de la concentration en ^{18}O dans les mers. *Un rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ grand indique ainsi un volume glaciaire global accru.* C'est en utilisant cette technique que Cesare Emiliani mit en évidence, au début des années 1950, un cycle de 100 000 ans pour les sept dernières glaciations, soit la périodicité liée à l'excentricité e . Par la suite, au début des années 70, il devint possible d'effectuer un calage absolu de la chronologie des couches sédimentaires à l'aide des traces d'inversions du champ magnétique terrestre et de leur datation précise par la méthode du ^{40}K - ^{40}Ar . Ceci permit à James D. Hayes, John Imbrie et Nicholas J. Shackleton, en 1976, de comparer directement les prévisions de Milankovitch avec les

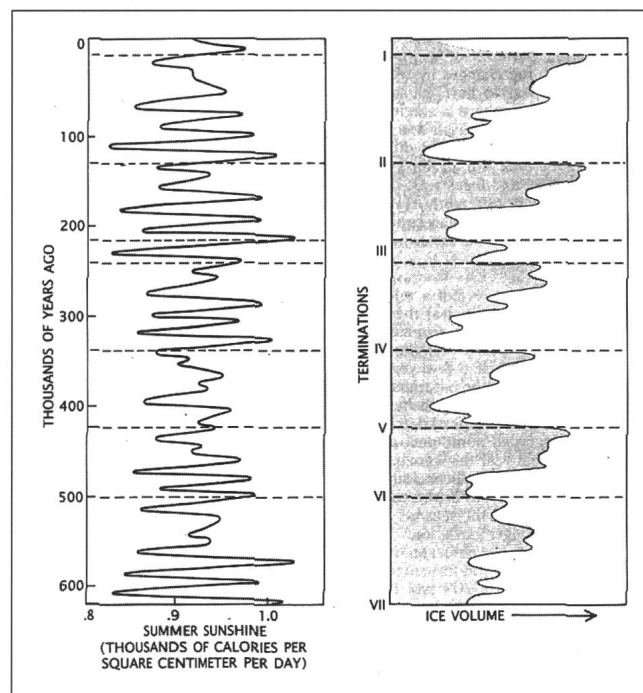
estimations de la masse glaciaire (fig. 5). Ils confirmèrent un excellent accord avec les cycles de 100 000 et de 41 000 ans, mais trouvèrent que le cycle de 22 000 ans était mieux représenté par un double cycle de 24 000 et 19 000 ans. L'astronome belge André Berger améliora alors le calcul de la précession, et confirma ces deux dernières périodes. Il semble donc bien établi, aujourd'hui, que les époques glaciaires aient été modulées par le comportement orbital de la Terre. En ce qui nous concerne, nous vivons une époque interglaciaire et, si les prévisions de la théorie se maintiennent, nous devrions aborder une nouvelle glaciation d'ici 7 000 à 8 000 ans qui culminera dans quelque 23 000 ans. Toutefois, ce type de prévision repose sur des tendances observées à long terme et n'est pas nécessairement aussi simple à formuler dans un cas isolé.

Le système solaire: le rôle du bombardement météoritique.

Notre système solaire s'est formé il y a environ 4,6 milliards d'années à la suite de l'effondrement d'un grand nuage d'hydrogène, d'hélium ainsi que d'une faible proportion d'éléments plus lourds (env. 2%) contenus en partie dans la poussière interstellaire associée au nuage gazeux. Les processus qui mènent à la formation stellaire ne sont pas encore bien compris dans leurs détails, mais il apparaît que l'effondrement d'un grand nuage interstellaire engendre plusieurs étoiles plutôt qu'un seul objet. L'amas ainsi formé peut comprendre une dizaine à plusieurs centaines d'étoiles. Les interactions gravifiques entre les membres de l'amas permettent occasionnellement à une étoile d'atteindre une vitesse suffisante pour quitter l'amas; ce dernier «s'évapore» peu à peu. Il est vraisemblable que notre Soleil se soit ainsi échappé il y a bien longtemps de son lieu de formation. Notre système solaire est constitué par le Soleil accompagné des planètes, qui ne représentent en fait que quelque 2% de la masse de celui-ci, et de plusieurs milliers d'astéroïdes et d'innombrables comètes qui forment le présumé «nuage d'Oort», constitué de quelque deux masses terrestres de corps cométaires, situés loin au-delà des planètes les plus éloignées, à des distances entre 10^4 et 10^5 Unités Astronomiques (une UA = distance moyenne Terre-Soleil). Les 9 planètes que nous connaissons sont un résidu de la formation du Soleil. Les planètes ont elles-mêmes été formées par l'accumulation, ou l'accrétion, de débris disparates qui se trouvaient en orbite autour du jeune Soleil. Cette accrétion s'est déroulée par le biais d'impacts souvent très violents (on pense maintenant que notre Lune a été formée par l'impact d'un objet de la grandeur de la planète Mars avec la Terre très tôt dans son histoire). L'énergie cinétique de ces impacts a contribué à élever suffisamment la température des planètes rocheuses (Mercure, Vénus, la Terre et Mars) pour les liquéfier et permettre la différenciation radiale de leur composition chimique. Les éléments les plus lourds se sont concentrés dans les régions centrales, tels par exemple les «sidérophiles»: Fer, Nickel, Cobalt et les éléments voisins de l'Or et du Platine (Iridium, Osmium, Ruthénium,...); les composés plus légers sont restés à la surface à la manière d'une écume. Cette chaleur fossile réside encore dans les profondeurs de notre planète, et elle est entretenue par la décomposition de ce qui reste des éléments radioactifs qui étaient présents à la formation du Soleil.

Le bombardement des corps planétaires a donc été très intense durant les premières centaines de millions d'années de leur vie, et ceux dont la surface a été peu modifiée par l'érosion depuis 3 ou 4 milliards d'années (par exemple la Lune, ou Mercure, fig. 6) en sont des témoins éloquentes. Les débris

Fig. 5: Variations cycliques de l'orbite terrestre. Prédiction d'insolation estivale pour de hautes latitudes boréales d'après la théorie de Milankovitch. A des périodes d'insolation élevée correspondent des époques interglaciaires (d'après W.S. Broecker et G.H. Denton)



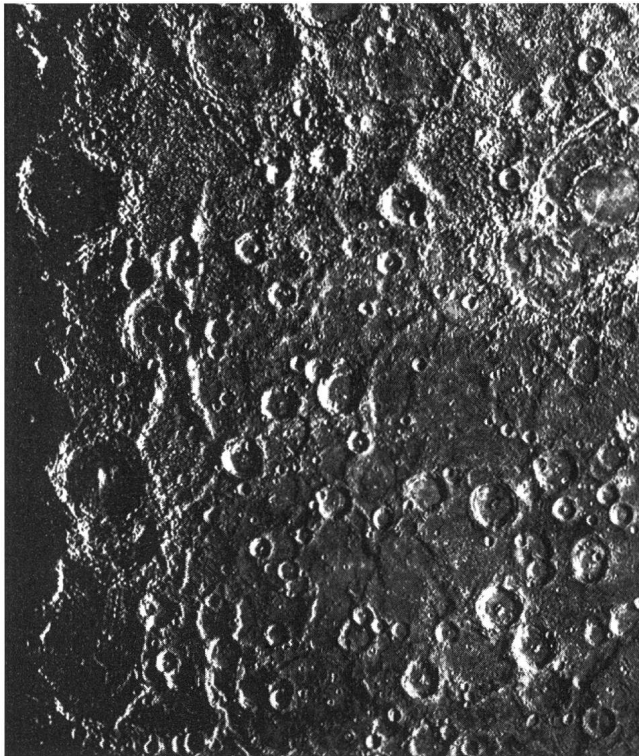


Fig. 6: Surface de la planète Mercure.

circulant dans le système solaire ont peu à peu fini par être balayés de la sorte et, de nos jours, il n'en subsiste qu'une faible proportion (fig. 7) susceptible d'entrer en collision avec une planète. En ce qui concerne la Terre, cette incidence est faible mais loin d'être négligeable:

- Chaque jour, 100 à 1000 tonnes de météorites pénètrent dans l'atmosphère terrestre.
- 10^{12} , ou plus, micrométéorites ($m < 1g$) se vaporisent dans l'atmosphère chaque année.
- Environ 10^5 météorites de 1g à quelques tonnes atteignent chaque année la surface terrestre.
- 1 à 5 météorites de 100 tonnes ou plus, susceptibles de former des cratères appréciables au sol, tombent chaque année.

Certains de ces événements sont spectaculaires, et la raison pour laquelle nous n'en avons pas plus conscience est due au fait que la Terre compte encore de vastes régions inhabitées (océans, déserts, régions polaires, etc.). Il est aussi plus difficile de remarquer un bolide brillant de jour, surtout en présence d'une couverture nuageuse.

L'énergie cinétique d'une météorite, compte tenu des vitesses qu'ont habituellement les corps qui parcourent le système solaire, peut être considérable. Notre Terre se déplace le long de son orbite avec une vitesse moyenne d'environ 30 km/s. Au niveau de notre orbite, la vitesse d'évasion du potentiel solaire est de l'ordre de 42 km/s (618 km/s à la surface du Soleil). De plus, un corps qui chute sur la Terre subit une accélération supplémentaire de la part du champ gravifique terrestre. Dans le cas limite, sa vitesse est incrémentée de la vitesse d'évasion terrestre, qui vaut un peu plus de 11 km/s. Dans la moyenne, les météorites pénètrent dans l'atmosphère avec une vitesse d'environ 20 km/s. Les petits objets (de quelques dizaines à centaines de kg) sont suffisamment freinés

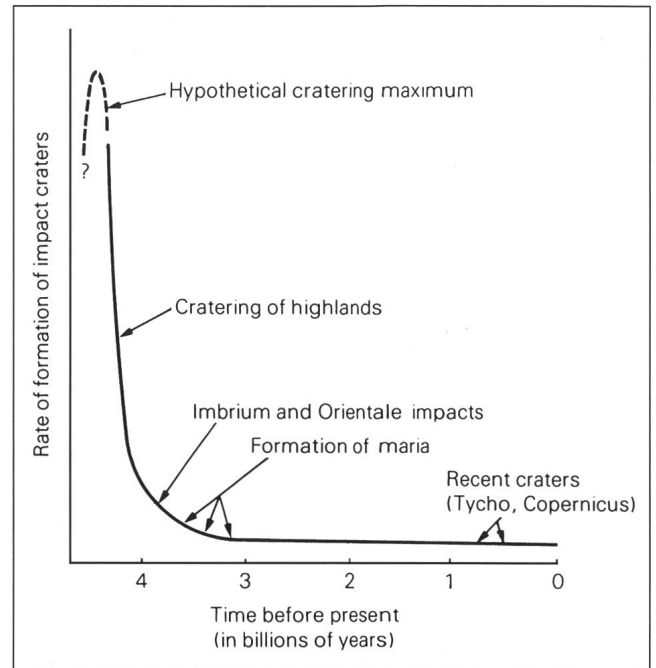
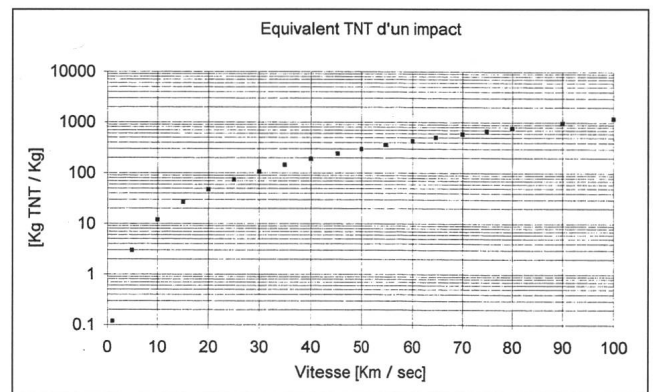


Fig. 7: Taux de formation des cratères d'impact lunaires au cours du temps (d'après G. Abell, D. Morrison et S. Wolff).

par l'atmosphère et finissent leur chute, en équilibre avec la résistance de l'air, à des vitesses voisines de 100 à 300 m/s. Les corps plus grands, qui ont un plus faible rapport surface/masse, peuvent atteindre le sol avec des vitesses de l'ordre de 10 km/s, et forment alors des cratères d'impact. Dans le «pire» des cas, c-à-d une collision frontale avec un objet venant des régions périphériques du système solaire, une comète par exemple, la vitesse de l'impact peut atteindre, comme on l'a vu plus haut, des valeurs proches de 80 km/s. A une telle vitesse, chaque kg de matière recèle une énergie cinétique équivalente à quelque 800 kg de TNT! (un kg de TNT libère $4.2 \cdot 10^6$ joules, voir fig. 8). Des corps relativement petits, tel un météorite ferreuse d'un rayon de 3.5 m, sont alors capables de provoquer les mêmes dégâts qu'une charge nucléaire stratégique d'une mégatonne. Même si ce cas extrême est rare, un nombre appréciable d'événements hautement énergétiques ont lieu chaque année (fig. 9a, b). Le cas le plus célèbre de ce siècle est

Fig. 8: Equivalent TNT de l'énergie cinétique d'un projectile d'un kg. (1kg de TNT dégage $4.2 \cdot 10^6$ Joules).





l'événement du 30 juin 1908 à Tunguska, en Sibérie, où un bolide explosa proche du sol en libérant une énergie équivalente à 12 mégatonnes de TNT, rasant la forêt sur plus de 30 km à la ronde. Le fait que ce bolide n'ait pas atteint le sol et laissé de cratère a fait penser qu'il s'agissait d'un petit noyau cométaire; mais des études plus récentes (C. Chyba, NASA) suggèrent plutôt une grande météorite pierreuse, ou chondrite, de quelque 30 m de diamètre. Un tel corps, de cohésion relativement faible, peut être disloqué de manière explosive en d'innombrables fragments par le choc de la pénétration dans la basse atmosphère.

De nombreuses traces d'impacts météoritiques existent sur Terre malgré l'importance des processus érosifs qui prévalent à sa surface. On dénombre aujourd'hui plus d'une centaine de grands cratères avec des diamètres de quelques centaines de mètres à plus de cent kilomètres et des âges allant jusqu'à quelques centaines de millions d'années. Beaucoup de cratères sont dissimulés par la nature du relief environnant (régions montagneuses, forêts, accumulation de sédiments lacustres, fonds marins, etc) ou ont été effacés par la dérive des plaques continentales. Certaines régions par contre, tel le territoire canadien où une campagne de reconnaissance aérienne avait été organisée dans ce but durant les années 1950, ont été dénudées par des glaciations successives. Ceci a mis en évidence les traces inscrites dans la structure de la roche sous-jacente: cratères de Holleford (2 km), Brent (3 km), New Quebec (3 km), West Hawk Lake (4 km), Deep Bay (12 km),

Lac Couture (14 km), Clearwater Lakes (32 km et 22 km), Carswell (32 km), Manicouagan (65 km), Sudbury (140 km) entre autres. A ces cratères bien identifiés s'ajoutent encore les formations remarquablement circulaires du Golfe de Saint Laurent (350 km) et la côte orientale de la Baie de Hudson (300 km).

L'idée d'événements catastrophiques ayant affecté la biosphère est ancienne (le mythe du déluge, par exemple), mais le premier traitement scientifique du problème revient certainement au Baron Georges Cuvier (1769-1832) qui fut frappé par les nombreuses discontinuités dans la stratigraphie fossile. Il n'envisagea pas expressément les bombardements météoritiques, mais introduisit la notion de *catastrophisme* comme facteur prépondérant dans l'évolution des espèces. Cette manière de concevoir l'évolution du Monde fut âprement contestée par le géologue anglais Sir Charles Lyell (1797-1873), inspirateur de Charles Darwin, qui invoquait l'action prolongée de processus graduels et lents. Ce furent les partisans de Lyell qui emportèrent le débat, et l'*uniformitarisme* imprègne encore de nos jours la pensée des géologues. Ce rejet de la notion de catastrophisme a contribué à inhiber l'acceptation de facteurs extraterrestres. Jusque dans les années 1960, certains spécialistes n'admettaient l'existence que de moins d'une dizaine de cratères d'impact sur la surface terrestre; la majorité étant considérée comme d'origine volcanique. Même la formation des cratères lunaires était, selon certains géologues, attribuable au volcanisme et il fallut attendre les missions spatiales des années 60-70 pour résoudre la question. L'idée de catastrophes à l'échelle planétaire engendrées par des chutes de météorites a été exprimée à de nombreuses reprises. On peut mentionner, parmi d'autres, les travaux de l'astronome irlandais E.J. Ópik (1951), du paléontologue canadien Digby McLaren (1970) et du chimiste Harold Urey (1973). Mais, faute de preuves suffisamment bien établies, ces études marquèrent peu la communauté scientifique de l'époque. Le changement d'attitude en faveur de la théorie des impacts, et le débat très vif auquel nous assistons en ce moment, est à attribuer au physicien Luis W. Alvarez et à son fils, le géologue Walter Alvarez.

Vers la fin des années 70, Walter Alvarez étudiait la couche d'argile épaisse d'environ un centimètre qui sépare la période du Crétacé, fin de l'ère Mésozoïque (ère des reptiles), de la période du Tertiaire, début de l'ère Cénozoïque (ère des mammifères). L'idée était d'utiliser les méthodes d'analyse très sensibles dont disposaient les laboratoires de chimie nucléaire de Berkeley pour mesurer la concentration des éléments sidérophiles, notamment de l'Iridium, présents dans ce dépôt. Ces éléments sont rares à la surface terrestre car ils ont été entraînés vers son noyau, avec le Fer, lors de la différenciation chimique de notre planète. Ils sont, par contre, beaucoup plus abondants dans les météorites. Admettant un apport constant de sidérophiles par les météorites, la mesure de leur concentration dans la couche d'argile relativement à celle trouvée dans les couches sous- et surjacentes devait permettre d'estimer le temps qu'a nécessité la formation du dépôt. A la surprise générale, le taux d'Iridium mesuré s'élevait d'un facteur 300 à la base de chaque échantillon du dépôt, pour retrouver graduellement sa valeur initiale à la surface de la couche (fig. 10). Cet apport massif d'Iridium a finalement conduit l'équipe menée par les Alvarez, Frank Asaro et Helen Michel à envisager, en 1980, l'impact d'une grande météorite comme étant l'agent du bouleversement survenu environ 65 millions d'années avant notre ère, et qui a causé la disparition d'innombrables espèces animales, dont les grands reptiles.

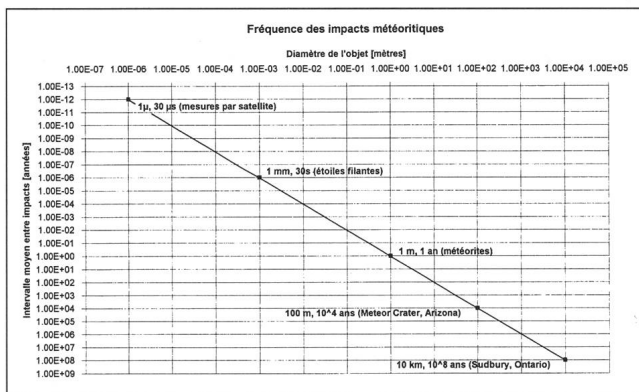
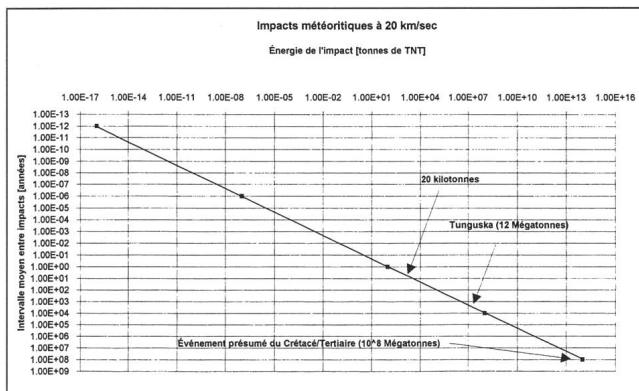


Fig. 9: a: Fréquence d'impacts météoritiques en fonction de la dimension de l'objet.
b: En fonction de l'énergie (équivalent en tonnes TNT).



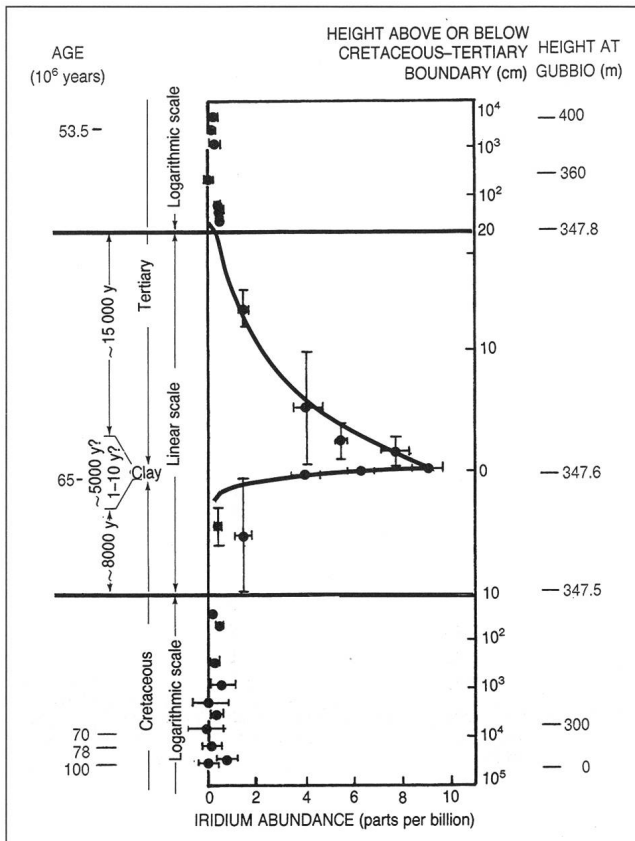


Fig. 10: Distribution de la concentration en Iridium dans des sédiments de la transition Crétacé-Tertiaire à Gubbio (d'après L. et W. Alvarez).

Une estimation de la quantité totale d'iridium contenue dans la couche d'argile répartie sur toute la surface terrestre (quelque 500 000 tonnes d'Iridium) et, compte tenu de l'abondance moyenne de cet élément dans les météorites (0.5 ppm), a conduit ces chercheurs à postuler la chute d'un astéroïde d'une dizaine de kilomètres de diamètre. Avec une vitesse de l'ordre de 20 km/sec, un tel impact dégagerait une énergie équivalente à environ 10^8 mégatonnes de TNT - loin au-delà de ce que nous sommes capables de produire avec tous nos moyens technologiques actuels. L'impact aurait causé l'éjection d'une énorme quantité de poussière dans la haute atmosphère, obscurcissant le sol durant des mois, stoppant la photosynthèse et provoquant la mort d'une partie importante de la population animale par famine et une forte baisse (20°C à 40°C) de la température ambiante globale. Le passage du bolide à travers l'atmosphère et la chaleur de l'impact auraient en outre produit de grandes quantités d'oxydes d'azote qui, selon une estimation d'un groupe du MIT, ont provoqué des pluies suffisamment acides pour dissoudre les coquilles calcaires de mollusques marins.

Ce scénario engendre un certain nombre de prédictions qui doivent être vérifiées. Luis Alvarez en mentionne une quinzaine; les principales sont les suivantes:

- La répartition de la couche d'Iridium doit être mondiale.
- L'impact d'un bolide de 10 km de diamètre doit être probable dans un laps de temps de 65 millions d'années (voir fig. 9).
- Les surabondances d'Iridium doivent être rares dans la stratigraphie globale.

- Cette surabondance doit partout se trouver dans la même zone d'inversion magnétique (coïncidence dans le temps).
- La couche d'Iridium doit apparaître aussi bien dans les sédiments marins que dans les dépôts qui étaient émergés à l'époque.
- Les rapports d'abondances des éléments rares, et en particulier ceux caractérisant les météorites, doivent être identiques dans la couche d'argile à l'échelle planétaire.
- La couche doit contenir du quartz choqué dont la formation caractérise un impact explosif, et non un processus lié à une éruption volcanique.

Toutes ces prédictions ont pu être confirmées, et de nouveaux indices sont entre temps venus renforcer l'hypothèse d'une extinction massive des espèces animales provoquée, il y a 65 millions d'années, par la chute d'un astéroïde de 10 à 15 km de diamètre. Cette explication est favorisée actuellement par une majorité de la communauté scientifique, bien que les défenseurs d'une cause «terrestre» ne soient pas à court d'arguments (par exemple l'intense activité volcanique qui a formé les «trapps» du Deccan, en Inde, il y a également quelque 65 millions d'années). L'embarras majeur qui affectait cette hypothèse était l'absence d'un «coupable», c.-à-d. d'un cratère d'un diamètre voisin de 200 km. Les impacts météoritiques produisent en effet des formations dont le diamètre atteint 15 à 20 fois celui du projectile.

En 1981, les géologues G.T. Penfield et Z.A. Camargo rapportèrent, lors d'un congrès de géologie, leur découverte d'une structure circulaire d'environ 180 km située au nord de la péninsule du Yucatán et centrée sur la localité côtière de Chicxulub. Cette formation n'est pas immédiatement apparente morphologiquement. Elle a été détectée par des mesures de magnétisme et par gravimétrie dans le cadre de la prospection pétrolière du golfe de Mexico. Cette communication scientifique, et l'interprétation de la structure comme étant le résultat d'un impact, passa inaperçue. Ce n'est que dix ans plus tard que d'autres équipes de géologues confirmèrent cette hypothèse. Plus récemment, la découverte de traces de raz de marée et de quartz choqué sur les îles de Cuba et d'Haïti, de dépôts provenant de raz de marée à l'intérieur de la côte des USA bordant le golfe du Mexique, d'enrichissement en Iridium de roches ayant été fondues par l'impact au Yucatán et, finalement, une datation très précise de l'époque de cristallisation de ces dernières par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ qui situe l'événement à 65.2 ± 0.4 millions d'années dans le passé, laissent de fortes présomptions concernant le «coupable» mentionné plus haut. Une question subsiste encore: était-il seul?

Notre voisinage stellaire: le rôle des supernovae.

Toutes les étoiles finissent par mourir. Certaines, moins massives que notre Soleil, n'ont guère évolué depuis leur apparition peu après la naissance de notre Univers. Notre Soleil conservera sa jeunesse encore quelques milliards d'années. D'autres, plus massives, dilapident leurs ressources en quelques millions d'années. Les phases terminales d'une vie d'étoile dépendent de sa masse. On admet aujourd'hui que les étoiles dont la masse initiale dépasse huit fois celle du Soleil finissent leur existence avec une explosion supernova. Une telle explosion de «type II» libère une énergie de l'ordre de 10^{46} Joules (les supernovae de «type I» obéissent à un autre mécanisme impliquant un transfert de matière dans un système double, les énergies libérées sont d'environ 10^{44} Joules). Or, notre Soleil ne produit «que» quelque 10^{34} Joules par année. Une supernova de type II libère donc en quelques



secondes autant d'énergie que produirait notre Soleil s'il continuait à briller, comme maintenant, pendant au moins mille milliards d'années! Toute cette énergie n'est pas libérée sous forme «visible»; en fait, la majeure partie se dissipe sous la forme de neutrinos qui n'interagissent pratiquement pas avec la matière. Un pour-cent de l'énergie totale s'échappe sous forme cinétique et seulement un dix millièmes environ sous forme lumineuse (~10⁴² Joules). Il est certain que la proximité, même temporaire, de cent millions de Soleils peut être malsaine pour notre biotope. Un des premiers à proposer cette hypothèse comme agent responsable de crises écologiques fut le paléontologue allemand Otto Schindewolf, en 1962. Certains chercheurs ont essayé d'évaluer la probabilité pour notre système solaire de se trouver à proximité d'une supernova. Selon des travaux récents, la probabilité de se trouver à 100 années lumière d'une explosion supernova serait un événement par 750 millions d'années. Cette distance est trop grande pour que l'explosion soit dangereuse, et il semble que ce type de phénomène soit un facteur mineur dans le risque encouru par notre planète. On peut toutefois se demander si des traces d'anciennes explosions supernova se sont inscrites, d'une manière ou d'une autre, dans le registre géologique.

Une supernova émet un «flash» de rayonnement X et γ dans les phases initiales de l'explosion. La durée et l'intensité de ce flash sont encore mal définies par les estimations théoriques, mais il est certain que son flux total est très important. D'après les modèles chimiques, ce flux accru de rayonnement ionisant dans la haute atmosphère terrestre doit provoquer des interactions entre l'Azote et l'Oxygène et conduire à une réduction de la quantité d'ozone. En particulier, on devrait observer un accroissement de l'ion nitrate (NO₃⁻). C'est effectivement ce que semblent montrer des carottages faits dans les glaces du continent Antarctique (fig. 11). La concentration de nitrates mesurée jusqu'à une profondeur de 100 m (précipitations de ces dernières 1150 années) confirment les variations de l'activité solaire sur cette période mais présentent, en plus, quatre pics bien définis. Ces accidents dans la répartition temporelle de la concentration des nitrates atmosphériques coïncident de manière étonnante avec les dernières supernovae. On note sur la figure 11 l'absence d'un pic en 1680, qui correspond à la date présumée de la supernova associée à la radiosource Cas A. Cet événement n'a pas été observé à l'oeil nu car sa source est masquée par de grandes quantités de poussière interstellaire. Il se pourrait que cette supernova ait été de type II, dont le rayonnement de haute énergie est intrinsèquement moins intense, et que la quantité de matière interstellaire répartie sur la ligne de visée en ait suffisamment atténué le flux. Le pic vers l'an 1300 pourrait correspondre à une supernova qui a été visible uniquement depuis l'hémisphère austral. Deux restes de supernovae (G278.5-0.5 et MSH11-54) ont été proposés comme candidats possibles. L'avenir nous dira si l'interprétation de ces résultats est correct; «l'archéologie» des supernovae promet d'être un domaine intéressant.

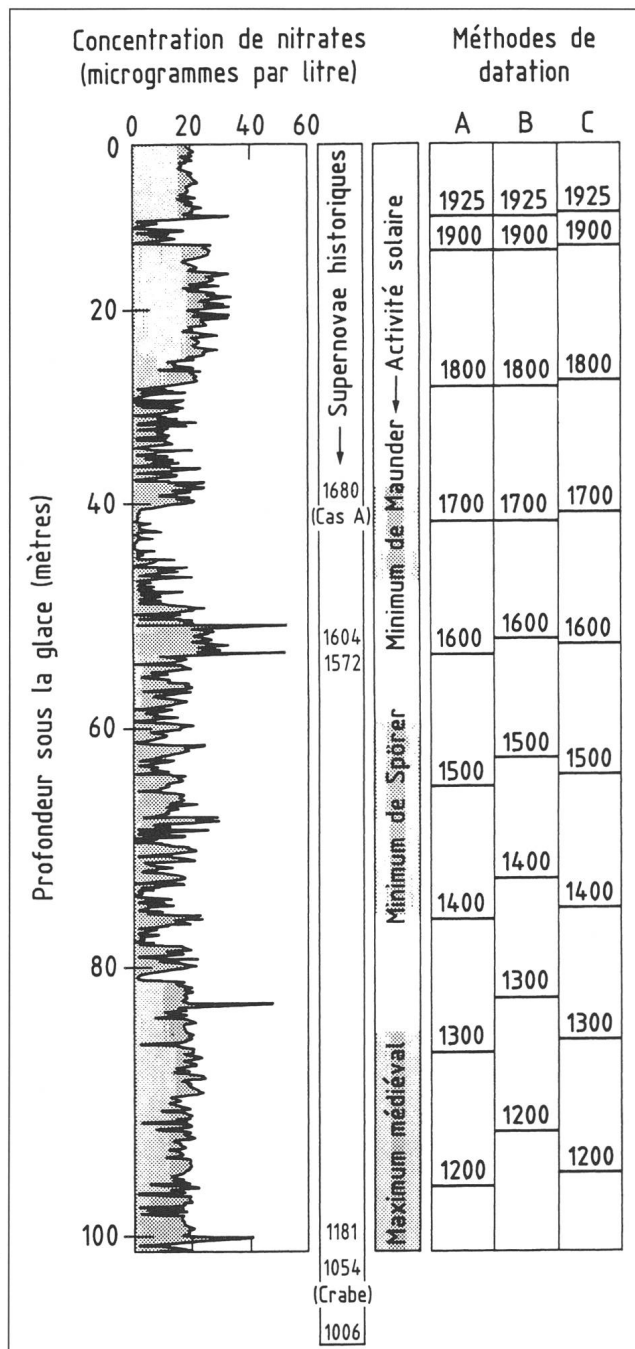
Conclusion.

Notre environnement vital, fragile «film» qui recouvre notre planète, doit faire face à de nombreux périls présents tant dans le déroulement des mécanismes géophysiques qui opèrent dans les profondeurs du globe terrestre, que dans ce qui peut nous venir de l'espace interplanétaire ou interstellaire. Sa fin est inexorablement liée à l'évolution du Soleil. Comme on l'a vu, d'autres facteurs peuvent précipiter cette échéance. Le

registre géologique montre que de nombreux bouleversements ont eu lieu, mais que la vie a toujours trouvé moyen de survivre, et même de renforcer sa présence. En ce qui concerne l'humanité, que la biosphère soit condamnée dans quelques millions d'années, ou dans un milliard ou deux, importe peu. Le plus grand péril qui la menace réside en elle-même, et les échéances sont infiniment plus courtes.

NOËL CRAMER

Fig. 11: Corrélation entre des pics de concentration de nitrates dans les glaces Antarctiques et l'apparition de supernovae historiques (d'après T. Montmerle et N. Prantzos)





Quelques grandeurs

Principaux constituants de l'atmosphère:

N ₂	78% par volume
O ₂	20.9%
Ar	0.93%
CO ₂	0.033%
	+ traces d'autres gaz (Ne, He,...)

Masses:

Atmosphère:	5.1 x 10 ¹⁸ kg
Glace:	25 - 30 x 10 ¹⁸ kg
Océans:	1.4 x 10 ²¹ kg
Terre (total)	5.97 x 10 ²⁴ kg

L'atmosphère représente environ:

- 1/5 à 1/6 de la masse d'eau sous forme de glace
- 3.6 x 10⁻³ de la masse des océans
- environ 10⁻⁶ de la masse de la Terre

En termes de masse, le milieu océanique est de loin la partie la plus importante de la biosphère. L'atmosphère est équivalente à une «montagne» cubique de 125 km de côté.

Bibliographie.

- Alvarez, L.W., 1987, *Mass extinctions caused by large bolide impacts*, Physics Today / July 1987.
- Alvarez, W., Asaro, F., 1990, *An Extraterrestrial Impact*, Scientific American, October 1990.
- Beatty, J.K., 1991, *Killer Crater in the Yucatan?*, Sky and Telescope, July 1991.
- Broecker, W.S., Denton, G.H., 1990, *What Drives Glacial Cycles?*, Scientific American, January 1990.

Caldeira, K., Kasting, J.F., 1992, *The life span of the biosphere revisited*, Nature, Vol. 360, December 1992.

Chapman, C.R., Morrison, D., 1989, *Cosmic Catastrophes*, Plenum Press.

Courtillot, V.E., 1990, *A Volcanic Eruption*, Scientific American, October 1990.

Foukal, P.V., 1990, *The Variable Sun*, Scientific American, February 1990.

Friedman, H., 1986, *Sun and Earth*, Scientific American Library.

Grieve, R.A.F., *Impact Cratering on the Earth*, Scientific American, April 1990.

Horgan, J., 1991, *In the Beginning*, Scientific American, February 1991.

Kasting, J.F., 1993, *Earth's Early Atmosphere*, Science, Vol. 259, February 1993.

Kerr, R.A., 1992, *Huge Impact Tied to Mass Extinction*, Science, Vol. 257, August 1992.

Mark, K., 1987, *Meteorite Craters*, The University of Arizona Press.

Montmerle, T., Prantzos, N., 1988, *Soleils Eclatés*, Presses du CNRS.

Officer, C., 1993, *Victims of volcanoes*, New Scientist, 20 February 1993.

Raup, D.M., 1986, *The Nemesis Affair*, W.W. Norton & company.

Schaller, G., Schaerer, D., Meynet, G., Maeder, A., 1992, *New grids of stellar models from 0.8 to 120 M[⊙] at Z=0.020 and Z=0.001*, Astronomy and Astrophysics Supplement, 96, 269.

Sharpton, V.L., Dalrymple, G.B., Martin, L.E., Ryder, G., Schuraytz, B.C., Urrutia-Fucugauchi, J., 1992, *New links between the Chicxulub impact structure and the Cretaceous/Tertiary boundary*, Nature, Vol. 359, October 1992.

Stanley, S.M., 1987, *Extinction*, Scientific American Library.

Swinburne, N., 1993, *It came from outer space*, New Scientist, 20 February 1993.

Feriensternwarte – Osservatorio CALINA CH-6914 Carona TI

Carona mit der Sternwarte Calina ist ein idealer Ferienort über dem Luganersee gelegen. Die Sternwarte und das zu ihr gehörende Ferienhaus sind vom Frühjahr bis zum Spätherbst durchgehend geöffnet. Ein- oder Mehrbettzimmer mit Küchenanteil oder mit eigener Küche im Ferienhaus können auch von Nichtastronomen belegt werden.

Die Sternwarte ist mit leistungsfähigen Instrumenten für visuelle Beobachtungen und für Himmelsphotographie ausgerüstet. Sie stehen Gästen mit ausreichenden astronomischen Kenntnissen zur Verfügung.

Tagungs- und Kursprogramm 1993

5. - 6. Juni **9. Sonnenbeobachtertagung der SAG**
12. - 13. Juni **Kolloquium**; Thema: Optische Erscheinungen in der Atmosphäre Leitung: Prof. Dr. Paul Wild, Bern
4. - 8. Oktober Einführung in die Astrophotographie
Leitung: Hans Bodmer, Greifensee
11. - 16. Oktober **Elementarer Einführungskurs in die Astronomie**, mit praktischen Übungen an den Instrumenten in der Sternwarte
Leitung: Dr. Mario Howald - Haller, Dornach

Auskünfte, Zimmerbestellungen, Kursprogramme, Anmeldungen für Tagungen und Kurse:

Feriensternwarte CALINA

Postfach 8, CH-6914 Carona,

Tel.: 091/68 83 47 - 091/68 52 22 (Frau Nicoli, Hausverwalterin)

Technischer Berater: Hans Bodmer, Burstwiesenstr. 37, CH-8606 Greifensee - Tel. 01/940 20 46



Les météorites, messagères de l'espace

J. DEFERNE ET B. DOMINIK

Quelques centaines de météorites de taille notable heurtent la Terre chaque année. Leur poids est compris entre quelques grammes et plusieurs tonnes. De très nombreuses micrométéorites de moins de 1 gramme pénètrent dans notre atmosphère chaque jour. Avant même d'atteindre le sol, certaines d'entre elles se volatilisent, marquant le ciel d'une traînée lumineuse fugitive visible dans le ciel nocturne: ce sont les **étoiles filantes**. Selon certaines estimations, le poids de cette «poussière cosmique» qui atteint ainsi notre planète, serait de cent à mille tonnes par jour.

Lorsqu'on trouve une météorite, on lui attribue un nom qui correspond généralement au lieu-dit le plus proche de son point d'impact: Agen, Cañon-Diablo, Mundrabilla...

L'origine céleste des météorites

Les hommes de l'Antiquité avaient déjà soupçonné l'origine céleste des météorites, et de nombreux auteurs rapportent les récits de chutes de pierres (Diogène d'Appolonia, Pline l'Ancien, Plutarque). Le géologue allemand Pallas¹ décrit une météorite de 680 kg trouvée en 1749 en Sibérie et qu'il ramène à Berlin en 1775. En 1794, le physicien Chladni affirme qu'il s'agit d'un corps extraterrestre, s'opposant ainsi à la croyance généralement admise qu'il s'agissait de roches transformées par la foudre. En France, jusqu'à la fin du 18^e siècle, personne ne voulait admettre l'origine extraterrestre des météorites. Toutefois, à la suite de divers témoignages décrivant des chutes de pierres, on désigne une commission présidée par Lavoisier, chargée de se pencher sur ce problème. Cette commission réfute toujours l'hypothèse de l'origine extraterrestre des météorites, hypothèse qui ne serait «*que le fruit de l'imagination des témoins*».

Le physicien genevois Marc-Auguste Pictet, (1752-1825) s'est beaucoup activé à faire reconnaître l'origine cosmique des météorites et il a été un des principaux animateurs de ce débat passionné en faisant paraître régulièrement les observations et les avis des divers protagonistes de cette dispute dans la *Bibliothèque Britannique*². Le débat prend fin à la suite de la chute d'une pluie de pierres qui se produisit le 26 avril 1803 à l'Aigle, dans le département de l'Orne. Le Gouvernement français ayant commandé une expertise de ce phénomène au physicien Jean-Baptiste Biot, celui-ci, dans une étude remarquable, conclut définitivement à l'origine céleste des météorites. Dans une lettre adressée le 23 juillet 1803 à M.-A. Pictet, publiée la même année dans la *Bibliothèque Britannique*, Biot écrit:

«*C'est à vous et à vos estimables collaborateurs que nous devons la connaissance des travaux de Chladni et des chimistes anglais sur les masses météoriques. C'est vous qui, le premier, à l'Institut National, avez élevé cette grande question, et depuis vous n'avez cessé de recueillir les faits ou*

les conjectures qui pouvaient servir à la décider. Vous avez acquis par là une sorte de droit sur les observations nouvelles, et je m'empresse de le reconnaître en vous adressant une copie de la lettre que je viens d'écrire au Ministre de l'intérieur sur le météore observé aux environs de l'Aigle, le 6 floréal an XI. Si la justice me fait un devoir de vous rendre cet hommage, l'amitié n'en fait un plaisir».

Quelle est leur composition ?

On observe trois types de météorites:

- les **météorites pierreuses** (appelées autrefois aérolithes) constituées par des minéraux identiques à ceux qu'on rencontre dans certaines roches terrestres, souvent accompagnés de grains métalliques dispersés;
- les **météorites métalliques** (ou sidérites), faites presque exclusivement d'un alliage de fer et de nickel;
- les **météorites mixtes** (ou lithosidérites) dans la composition desquelles le ferro-nickel et les minéraux silicatés entrent à peu près à parts égales.

Les statistiques établies sur les **chutes observées** montrent que les météorites pierreuses sont les plus nombreuses et qu'elles sont généralement de petite taille, tandis que les météorites métalliques, beaucoup moins fréquentes, sont souvent de grande taille. Les météorites mixtes sont beaucoup plus rares.

Il faut noter toutefois qu'on a trouvé un grand nombre de météorites dont personne n'a observé la chute. Ce sont presque toutes des météorites métalliques, car on les distingue facilement des roches qui nous entourent alors qu'on ne retrouve que rarement des météorites pierreuses qui ressemblent trop aux roches terrestres parmi lesquelles elles passent inaperçues.

Comparaison entre le nombre de chutes observées (fréquence) et le poids total des fragments récupérés (en %)

	fréquence	poids
météorites pierreuses	95.6	33.7
météorites métalliques	3.2	64.7
météorites mixtes	1.2	1.6

Renferment-elles des minéraux inconnus sur Terre?

La grande majorité des minéraux qu'on trouve dans les météorites existent aussi dans les roches terrestres. Les météorites pierreuses sont constituées principalement d'olivine, de pyroxène et de plagioclase. Par contre, les météorites métalliques se distinguent des roches terrestres par la présence de fer cristallisé allié à un peu de nickel, sous deux formes possibles: la **kamacite** et la **taenite**, toutes deux cristallisant dans le système cubique, mais avec des structures différentes. La kamacite existe lorsque la teneur en nickel est inférieure à 7.5%, la taenite lorsque cette proportion dépasse 20%. Les météorites métalliques renferment en inclusion d'autres minéraux, parmi lesquels les plus fréquents sont la **troïlite**, un sulfure de fer, la **cohenite**, un carbure de fer, la **schreibersite**, un phosphore de fer et de nickel et le **graphite** (carbone).

¹ La météorite découverte par Pallas est un type peu fréquent de météorite mixte qu'on appelle aujourd'hui «pallasite».

² Revue scientifique publiée à Genève dès 1796 par M.A. Pictet et divers collaborateurs.

**Principaux minéraux des météorites**

Olivine	(Mg,Fe) ₂ SiO ₄
Pyroxènes:	
Enstatite	MgSiO ₃
Ferrosillite	FeSiO ₃
Diopside	CaMgSi ₂ O ₆
Hédenbergite	CaFeSi ₂ O ₆
Pigeonite	(Mg,Fe,Ca) ₂ Si ₂ O ₆
Feldspaths:	
Plagioclases	(Na,Ca)(Al,Si) ₄ O ₈
Orthose	KAlSi ₃ O ₈
Ferronickel:	
Kamacite	Fe (Ni < 7,5%)
Taenite	Fe (Ni > 20%)
Tétrataenite	FeNi (Ni > 50%)
Minéraux argileux:	
Serpentine	(Mg,Fe) ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Cronstedite	Fe ₄ SiO ₅ (OH) ₄
Sulfures:	
Troïlite	FeS
Pentlandite	(Fe,Ni) ₉ S ₈
Oxydes:	
Chromite	FeCr ₂ O ₄
Magnétite	FeFe ₂ O ₄
Ilménite	FeTiO ₃
Spinelle	MgAl ₂ O ₄
Divers:	
Apatite	Ca ₅ (PO ₄) ₃ Cl
Whitlockite	Ca ₃ (PO ₄) ₂
Schreibersite	(Fe,Ni) ₃ P
Cohenite	(Fe,Ni) ₃ C

D'où viennent-elles?

Elles proviennent de l'intérieur du système solaire. A partir de nombreuses observations photographiques on a pu reconstituer les orbites de quelques unes d'entre elles avant leur entrée dans l'atmosphère. On a pu établir ainsi qu'elles suivent des orbites elliptiques excentriques, dont la partie haute se situe entre Mars et Jupiter, dans la région dite des **Astéroïdes**. Rappelons que les astéroïdes sont constitués par des dizaines de milliers de fragments rocheux de toutes tailles (les plus gros atteignent 1000 km de diamètre) qui gravitent le long d'orbites très excentriques dont la partie la plus élevée est située entre les planètes Mars et Jupiter et qui n'ont jamais réussi à s'agglomérer en une planète unique, probablement à cause des perturbations engendrées par l'énorme masse de la planète Jupiter.

Il semble toutefois que quelques rares météorites sont probablement d'origine lunaire ou proviennent de la surface de Mars d'où elles ont été vraisemblablement expulsées par l'impact de grosses météorites. Certains savants pensent que certaines chondrites pourraient avoir une origine cométaire.

Quel âge ont-elles?

Elles sont toutes très âgées. Elles se sont formées il y a quatre milliards et demi d'années, en même temps que le système solaire. Ainsi, l'étude des météorites contribue à la connaissance de la composition primitive de notre système solaire et nous aide à comprendre comment le soleil et son cortège de planètes se sont formés.

Les météorites pierreuses

Elles sont constituées, pour leur plus grande part, de minéraux identiques à ceux qu'on rencontre dans certaines roches terrestres. Toutefois leur structure est différente et la

plupart d'entre elles renferment des **chondres**, petites sphères de 0.1 à 10 mm de diamètre, constituées de minéraux silicatés riches en fer et en magnésium. Pour cette raison on les appelle **chondrites**. Cette structure en sphérules est totalement inconnue dans les roches terrestres.

A l'exception de l'hélium et de l'hydrogène, la proportion des éléments chimiques que renferment les chondrites montre une grande analogie avec celle de la couronne solaire.

Par ailleurs, les chondrites sont les objets les plus anciens du système solaire. Elles se sont formées il y a 4,550 milliards d'années et sont contemporaines du début de la formation du Soleil et des planètes.

La plupart des savants estiment que certains composants des chondrites sont les «grains» de la poussière primitive qui, associée à un gigantesque nuage de gaz, a donné naissance au système solaire.

Les météorites métalliques (ou sidérites)

Ce sont des masses de fer cristallisé, allié à un peu de nickel, renfermant divers minéraux en inclusions, principalement des sulfures, des carbures, des phosphures de fer, du graphite et parfois des silicates.

Sciées, polies, puis attaquées à l'acide, certaines météorites, constituées surtout de kamacite et de taenite, laissent apparaître un réseau de bandes entrecroisées, les «**figures de Widmanstätten**». On les nomme alors octaédrites, car ces bandes sont en réalité des lamelles qui se développent parallèlement aux faces de l'octaèdre. Par opposition, on appelle hexaédrites celles qui ne présentent pas de figures de Widmanstätten, composées uniquement de kamacite et formant de grands cristaux cubiques (hexaèdres). Certaines météorites sont même constituées d'un seul cristal. Ainsi la météorite *Cape-York*, découverte au Groenland et pesant plus de vingt tonnes, s'est révélée être une partie d'un seul et même cristal.

Les météorites métalliques sont généralement plus jeunes que les météorites pierreuses d'une centaine de millions d'années. Leur origine doit être recherchée dans la fusion partielle des chondrites, qui a produit la séparation du fer des autres constituants. Ce processus a dû se produire très tôt au sein des protoplanètes en formation.

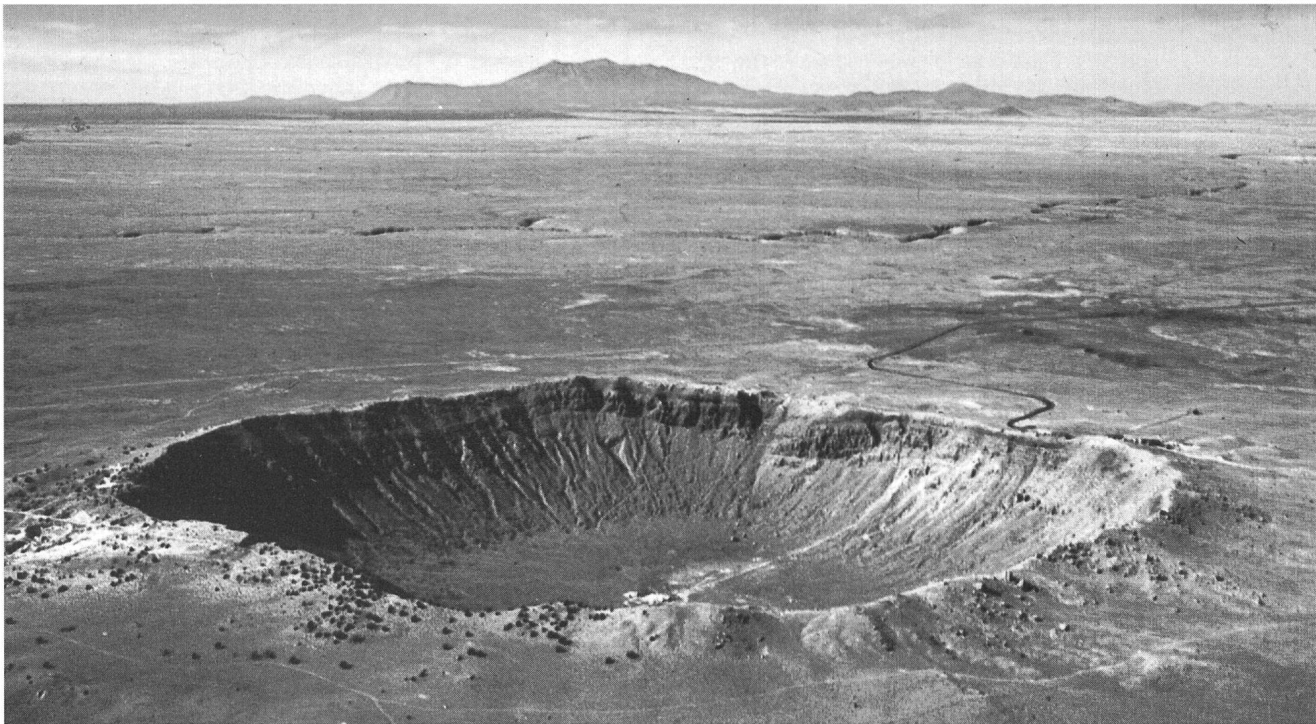
Les météorites mixtes

Elles sont constituées à parts à peu près égales de métal et de minéraux silicatés. Les plus spectaculaires sont les pallasites qui montrent des monocristaux d'olivine noyés dans le métal. On pense qu'elles proviennent de l'interface noyau/manteau à l'intérieur de protoplanètes parentales.

Phénomènes qui accompagnent leur chute**La traversée de l'atmosphère**

Les météorites abordent la haute atmosphère à des vitesses comprises entre 12 et 70 km par seconde. Leur vitesse dépend de l'orientation de leur orbite par rapport à celle de la Terre. Leur entrée dans l'atmosphère provoque un échauffement considérable qui volatilise la partie externe de la météorite à raison d'un demi-centimètre par seconde environ et provoque à sa surface l'apparition d'une croûte de fusion de quelques millimètres d'épaisseur. Sur les grosses météorites métalliques, le frottement occasionne la formation de dépressions concaves, les **regma-glypts**, qui recouvrent toute leur surface.

La luminosité qui signale le passage d'un météore³ dans l'atmosphère peut être très intense. Les témoins parlent de «boule de feu» dont la luminosité est comparable à celle du Soleil. Quant



Météor Crater

Cratère d'impact situé en Arizona, provoqué par la chute d'une météorite géante tombée il y a environ 20000 ans. Le cratère mesure plus d'un kilomètre de diamètre. La météorite devait peser environ 100000 tonnes. Elle s'est volatilisée lors de l'impact. Divers fragments, arrachés au corps principal lors de l'entrée dans l'atmosphère, ont été retrouvés aux alentours du cratère. Il s'agit d'une météorite métallique baptisée «Cañon Diablo», du nom d'une petite rivière qui passe à proximité.

au bruit qui accompagne le météore, certains témoins parlent d'un bruit analogue à celui d'un train qui passe; d'autres parlent de chuintement et de sifflement. L'origine de ce bruit est probablement lié à l'ionisation intense de l'air le long du cheminement du bolide. Une trace de fumée due à la condensation des parties volatilisées peut persister plusieurs dizaines de minutes après le passage du météore.

Le freinage dû à l'atmosphère

Le freinage d'une météorite dépend de sa surface. Celle-ci est proportionnelle au carré de son rayon alors que sa masse est proportionnelle au cube de ce même rayon. Comme l'énergie renfermée par une météorite est proportionnelle à sa masse, on comprend que les petites météorites sont rapidement ralenties par le frottement de l'atmosphère alors que les météorites de grande taille ne sont que peu freinées.

Les cratères d'impact

L'énergie que renferme une météorite est égale à la moitié de sa masse multipliée par le carré de la vitesse:

$$E = \frac{M \times V^2}{2}$$

Les météorites de très grande taille possèdent donc une énergie colossale qu'elles dissipent instantanément au moment de leur impact, provoquant une gigantesque explosion qui volatilise la météorite, et forme un cratère. Une partie des roches est volatilisée

ou pulvérisée, alors que d'autres parties sont partiellement fondues et disloquées. Les très nombreux cratères qu'on observe sur la Lune, sur Mercure ainsi que sur la plupart des astres du système solaire ont été causés par des météorites.

La Terre a été également affectée par le bombardement de météorites, mais peu de cratères ont été conservés, car, très rapidement, ils sont effacés par l'érosion. Seuls ceux qui se sont formés récemment sont encore visibles. Le plus connu d'entre eux est le Meteor-Crater en Arizona. Il a été provoqué par la chute d'une météorite géante il y a environ 20.000 ans. Le poids de cette météorite a été estimé à 100.000 tonnes et son diamètre à 25 mètres.

La vitesse d'arrivée au sol a été estimée à 15 kilomètres par seconde. L'énorme énergie dissipée au moment de l'impact a été l'équivalent de 2 mégatonnes de TNT, soit 150 fois la puissance de la bombe atomique d'Hiroshima.

Sous l'effet du choc, la météorite a explosé et s'est volatilisée. Seuls des fragments arrachés au corps principal au moment de l'entrée dans l'atmosphère ont été suffisamment ralenties pour ne pas exploser. On en a récolté une trentaine de tonnes aux alentours du cratère, le plus gros d'entre eux atteignant 639 kg.

Il s'agit d'une météorite métallique qui a été baptisée «Cañon-Diablo», du nom d'une rivière proche du cratère.

Existe-t-il un danger de recevoir une météorite?

On estime à 500 le nombre de météorites de taille notable qui tombent chaque année sur la terre. La surface de notre planète étant d'environ 500 millions de km², la probabilité qu'une ville de 250.000 habitants (surf. ≈10 km²) reçoive une météorite est de une fois tous les 100.000 ans.

Pour une maison particulière de 200 m², un tel événement ne se produirait qu'une fois tous les 5 milliards d'années.

³ Le terme «météore» est réservé aux aspects du phénomène atmosphérique par opposition à «météorite» qui désigne l'objet.



Quant à un homme de 0.5 m², cette probabilité n'est que d'une fois pour 2000 milliards d'années environ ! Toutefois, avec une population de 5 milliards d'habitants, la probabilité qu'un habitant de la Terre soit frappé par une météorite est tout de même d'une fois tous les quatre siècles.

Une chute bien étudiée: la météorite de Sikhote-Alin

Le 12 février 1947, un météore dont la brillance surpassait celle du soleil traversait le ciel de la Sibérie orientale, laissant derrière lui une traînée de fumée visible encore plusieurs heures après son passage. Le phénomène lumineux ainsi que le grondement qui l'accompagnait furent perçus dans un rayon supérieur à 300 kilomètres.

A 10 h 38, la météorite qui était la cause de ce phénomène se fragmenta à environ 6 km d'altitude et ses débris s'écrasèrent aux alentours de Sikhote-Alin, formant de nombreux cratères dont le plus grand atteignait 26 mètres de diamètre.

Près de 23 tonnes de fragments ont été récoltés dont le plus gros atteignait 1745 kg. Il s'agit d'une météorite métallique composée de fer avec environ 6 % de nickel. Les nombreux témoignages recueillis ainsi que les diverses photographies qui ont été prises, ont permis aux scientifiques d'affirmer:

- 1° que la météorite devait peser près de 1000 tonnes avant son entrée dans l'atmosphère;
- 2° qu'elle a abordé l'atmosphère à une vitesse de 14.5 km par seconde avec un angle d'incidence de 41°;
- 3° qu'elle possédait une orbite extra-terrestre correspondant à celles qui caractérisent les objets appartenant à la ceinture des astéroïdes.

Une chute historique: la météorite d'Ensisheim

Discrète dans la plaine d'Alsace, la petite bourgade d'Ensisheim coule des jours paisibles à mi-distance entre Bâle et Colmar, un peu à l'écart du trafic autoroutier. Il y a un peu plus de cinq cents ans, en 1492, alors qu'à des milliers de kilomètres de là, Christophe Colomb foulaient depuis quelques jours les rivages de l'Amérique, un événement extraordinaire et incompréhensible secouait la torpeur des habitants d'Ensisheim.

Le 7 novembre de cette année-là, entre 11 heures et midi, un vacarme intense ressemblant à un immense coup de tonnerre fit sursauter tous les habitants de la région et une grosse pierre (env. 120 kg) s'abattit dans un champ de blé au voisinage de la bourgade. Les circonstances de la chute sont bien connues grâce à de nombreux témoignages qui ont été fort heureusement conservés jusqu'à aujourd'hui.

Les chroniques nous apprennent même que le grondement dû au passage de la météorite avait sérieusement alerté les habitants de Lucerne et que dans beaucoup d'autres endroits le fracas avait été si important qu'on avait cru que des maisons avaient été renversées. Elles rapportent aussi que le roi Maximilien, de passage à Ensisheim le lundi 26 novembre, se fit apporter la pierre à son château, en prit deux morceaux dont il en garda un et fit

envoyer l'autre au Duc Sigismond d'Autriche. Enfin il ordonna aux gens d'Ensisheim de la prendre, de la suspendre dans l'église et défendit qu'on en préleva d'autres fragments.

La météorite a été parfaitement conservée et on peut la voir aujourd'hui au musée d'Ensisheim. Il s'agit d'une chondrite composée essentiellement d'olivine et de pyroxènes, minéraux ferromagnésiens qu'on trouve aussi en abondance dans les roches terrestres. C'est la plus ancienne météorite conservée en Europe. (cf. ORION 252, oct. 1992, p. 222)

Les tectites

Ce sont des fragments de verre fondu ressemblant à de l'obsidienne, distribués en vastes essaims dans diverses régions de notre planète. Certains savants pensent que les tectites sont constituées de matériel terrestre vitrifié par l'impact d'une météorite géante et projeté – comme des «giclures» – à des centaines de kilomètres de leur point de départ.

Les formes particulières qui les caractérisent, larmes, boutons, poires, ainsi que les cupules qui recouvrent leur surface sont dues à l'échauffement qu'elles ont subi en traversant l'atmosphère à très haute vitesse.

Elles portent des noms qui indiquent la région où elles ont été récoltées: moldavites, indochinites, ivoirites, australites, bédiasites...

Les quatre champs de tectites connus sont différents par l'étendue de leur aire de répartition et par l'âge de leur chute. Pour deux d'entre eux le cratère d'origine a pu être identifié. Le cratère du Ries, près de Nördlingen, en Allemagne, est à l'origine des **moldavites** de Bohême et de Moldavie; le cratère de Bosumtwi, au Ghana, est à l'origine des tectites qu'on trouve en Côte d'Ivoire.

Les météorites tombées en Suisse

La plupart des chutes de météorites échappent à l'observation, soit qu'elles se produisent dans des régions inhabitées (océans, zones polaires), soit que la couverture nuageuse empêche d'observer les aspects visuels du phénomène. Les observations et témoignages récoltés en Suisse sur des chutes ou des trouvailles de météorites sont les suivants:

Météorite de Walkringen

Tombée le 18 mai 1698 entre 19 et 20 h. Probablement un aérolithe, remis alors à la bibliothèque de la Ville de Berne. Perdue par la suite.

Météorite de Lugano

Tombée le 15 mars 1826 près de Lugano, jamais retrouvée.

Météorite du Grauholz

Météore brillant dont le passage a été observé le 20 juin 1890 à Genève vers 17 h, puis à Bex, à Gryon, à Schönbühl et qui semble être tombée dans le Grauholz (canton de Berne). Elle n'a jamais été retrouvée.

Météorite de Rafriiti

Découverte en mai 1886 par un paysan qui labourait son champ. Longtemps assimilée à un ancien boulet de canon, ce n'est que vers

Les champs de tectites dans le monde

Groupe	Aire géographique	Nom	Epoque de la chute	Age (M.A.)
Australie	Australie du Sud Indochine Malaisie Philippines Indonésie	Australites Indochinites	Pleistocène tardif	0.7
Afrique de l'Ouest Europe Amérique du Nord	Côte d'Ivoire Tchécoslovaquie Texas, Géorgie	Ivoirites Moldavites Bédiasites	Pléistocène Miocène Oligocène	1.3 15 34



1900 qu'elle fut identifiée comme une météorite métallique. D'après certains témoignages, elle serait tombée en octobre 1856. Elle pesait 18,2 kg. On peut la voir au Musée d'Histoire naturelle de Berne.

La météorite de Chervettaz

Tombée le 30 novembre 1901 vers 14 h. Quelques heures plus tard, une pierre d'environ 750 g fut découverte dans le Bois de la Chervettaz (canton de Vaud). Il s'agit d'une chondrite à olivine et hypersthène. Elle est déposée au Musée géologique de Lausanne.

La météorite d'Ulmiz

Tombée le 25 décembre 1926, à 6 h 50, dans la cour de la ferme de la famille Eberhardt à Ulmiz (canton de Berne). La météorite s'est fragmentée en altitude. On a récupéré une dizaine de fragments totalisant 76,5 g. Il s'agit d'une chondrite à olivine et hypersthène. Les divers fragments sont déposés aux Musées d'Histoire naturelle de Berne et de Fribourg.

La météorite d'Utzenstorf

Tombée le 16 août 1928, vers 19 h près d'Utzenstorf (canton de Berne). Trois fragments totalisant 3,42 kg ont été retrouvés quelques jours plus tard au milieu d'un champ dans un trou profond de 25 cm. Il s'agit d'une chondrite à olivine et bronzite. Elle est conservée au Musée d'Histoire naturelle de Berne.

La météorite Twannberg

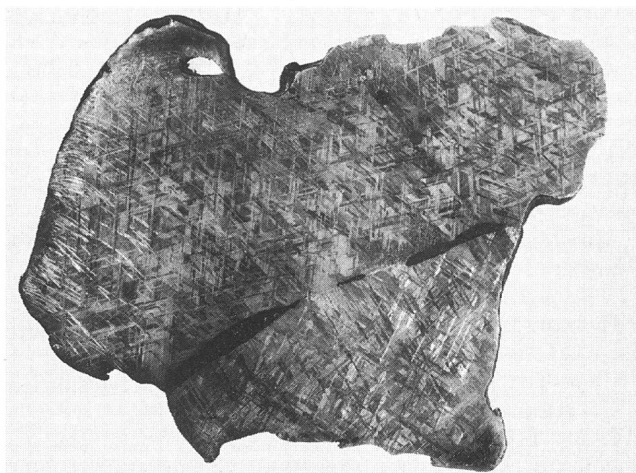
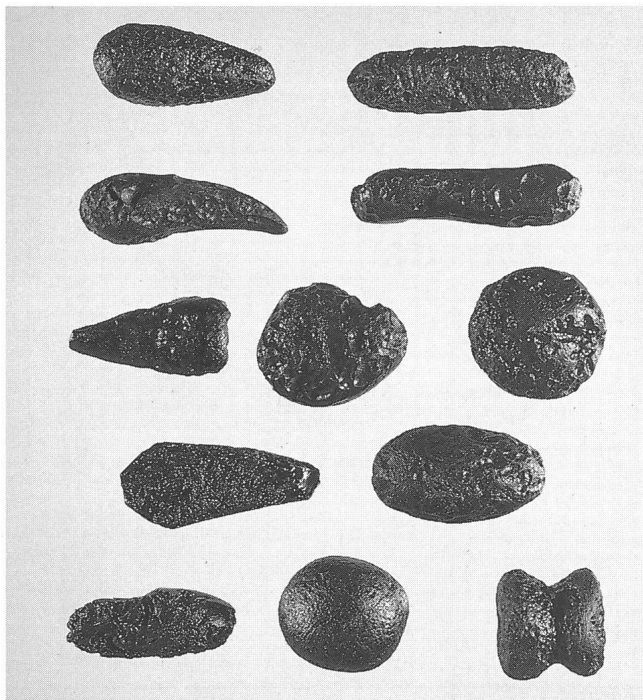
Trouvée dans un champ le 9 mai 1984 aux environs du lac de Biemme (canton de Berne). Identifiée deux mois plus tard comme une météorite métallique pesant 15,9 kg. Elle est déposée au Musée Bally à Schönenwerd (canton de Soleure). La date de sa chute est inconnue.

Météorite mixte ou pallasite

trouvée à Imilac, au Chili. Elle est constituée de cristaux d'olivine et de fer, en parts à peu près égales. ▶

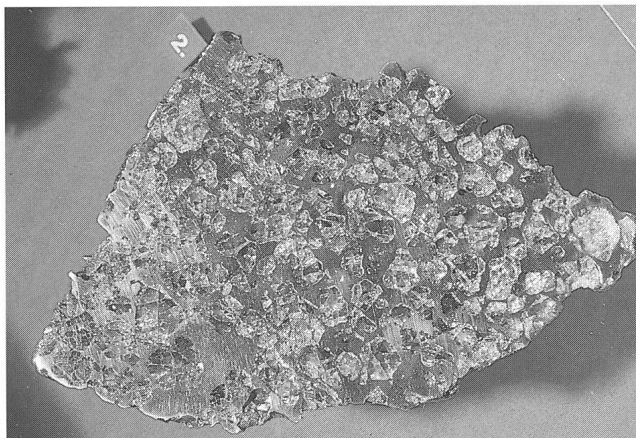
Tectites

La traversée de l'atmosphère à très haute vitesse façonne les tectites en leur donnant des formes très variées: haltères, gouttes, boutons, etc.. Celles-ci sont des Indochinites. ▼



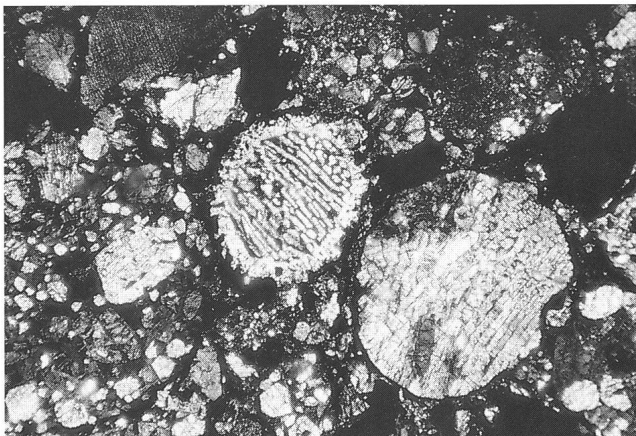
«Gibeon», Great Nama Land, Namibie

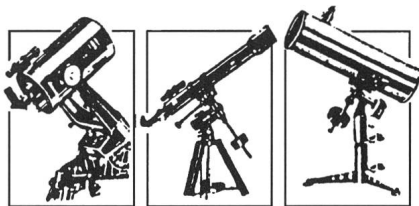
Il s'agit d'une météorite métallique, une octaédrite dont on a scié une tranche. Celle-ci a été polie, puis attaquée par de l'acide pour faire apparaître les lamelles de Widmanstätten. La rupture dans la continuité d'orientation des lamelles marque la limite entre deux cristaux métalliques différents. ▲



Météorite pierreuse vue au microscope

Il s'agit d'une chondrite renfermant des sphérules ou «chondres». Ce type de structure est inconnu dans les roches terrestres. On estime que les chondres sont les grains de la poussière originelle qui, associée à un gigantesque nuage d'hydrogène, a donné naissance au système solaire il y a quatre milliards et demi d'années. ▼



**Petit glossaire****Aérolithe:** Ancien nom des météorites pierreuses.**Astéroïde:** Fragment rocheux appartenant à la ceinture des astéroïdes. Les plus gros peuvent atteindre plusieurs centaines de km de diamètre.**Astéroïdes:** Ensemble de centaines de milliers de fragments rocheux qui gravitent sur des ellipses excentriques dont la partie haute (apogée) se situe entre Mars et Jupiter.**Ataxite:** Météorite métallique dépourvue de toute structure.**Bolide:** Terme général qui décrit une météorite qui parvient au voisinage de la terre sans être volatilisée.**Chondre:** Petite sphérule constituée de minéraux silicatés présentes dans les chondrites.**Chondrite:** Météorite pierreuse renfermant des chondres.**Cohenite:** carbure de fer et de nickel (Fe,Ni)₃C.**Etoile filante:** Phénomène lumineux provoqué par des micrométéorites qui sont entièrement vaporisées en entrant dans l'atmosphère.**Hexaédrite:** Météorite métallique pauvre en nickel, constituée de kamacite et ne présentant pas de figures de Widmanstätten. On aperçoit parfois les formes cubiques (hexaèdres) de la kamacite.**Kamacite:** Fer à faible teneur en nickel, cristallisant dans le système cubique (structure centrée).**Météore:** Ensemble des phénomènes lumineux et sonores qui accompagnent l'entrée d'une météorite dans l'atmosphère.**Météorite:** Fragment d'un corps céleste qui tombe sur la Terre.**Octaédrite:** météorite métallique caractérisée par des exsolutions de lamelles de kamacite dans la taenite qui se disposent parallèlement aux faces d'un octaèdre.**Olivine:** Silicate de fer et de magnésium (Mg,Fe)₂SiO₄.**Pallasite:** Météorite constituée de parts à peu près égales de cristaux d'olivine noyés dans du ferro-nickel.**Plagioclase:** Série de silicates calco-sodiques pouvant cristalliser en toutes proportions entre les termes extrêmes NaAlSi₃O₈ et CaAl₂Si₂O₈.**Protoplanète:** Planète hypothétique dans son stade de formation.**Pyroxène:** Famille de silicates ferro-magnésiens, dont les représentants les plus fréquents dans les météorites, sont l'énstatite, Mg₂Si₂O₆, la bronzite (Mg,Fe)₂Si₂O₆ et l'hyperssthène (Fe,Mg)₂Si₂O₆.**Regmaglypts:** Dépressions concaves qui recouvrent les météorites métalliques, provoquées par les turbulences du frottement de l'air.**Schreibersite:** Minéral quadratique qu'on trouve dans les météorites métalliques: c'est un phosphure de fer (Fe,Ni)₃P.**Sidérite:** Terme scientifique désignant les météorites métalliques.**Sidérolite:** Ancien terme désignant les météorites mixtes.**Taenite:** Fer à teneur élevée en nickel (Ni>25%), cristallisant dans le système cubique.**Tectite:** Objets vitreux présentant des formes singulières, qu'on peut récolter dans diverses régions du globe et qui sont des sortes de «giclures» provoquées par la chute de météorites géantes.**Troilite:** Sulfure de fer (FeS) cristallisant dans le système hexagonal et présent dans les météorites métalliques.**Widmanstätten:** Nom du savant qui a décrit le premier les structures lamellaires qui apparaissent dans beaucoup de météorites métalliques et auxquelles il a prêté son nom (figures de Widmanstätten).**TIEFPREISE für alle Teleskope und Zubehör / TIEFPREISE für alle Teleskope**

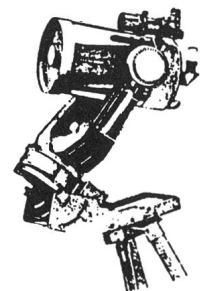
Tel. 031/711 07 30

E. ChristenerMeisenweg 5
3506 GrosshöchstettenGrosse Auswahl
aller MarkenJegliches Zubehör
Okulare, Filter

Telradsucher

Sternatlanten
Astronomische
LiteraturKompetente
Beratung!

Volle Garantie

PARKS**Tele Vue****Meade****Vixen****Celestron****TAKAHASHI****Carl Zeiss**



Galileo unterwegs zum Planetoiden-Gürtel:

Reparatur der Hauptantenne angelaufen

MEN J. SCHMIDT

Die amerikanisch/deutsche Jupitersonde Galileo ist zum zweiten Mal unterwegs in den Planetoidengürtel zwischen Mars und Jupiter. Im August dieses Jahres soll Galileo am Asteroiden Ida vorbeifliegen. Bis dahin hoffen die Verantwortlichen NASA Techniker, die blockierte Hauptantenne der Sonde reparieren zu können. Gelingt dies nicht, müsste mit einer Einbusse von rund 40% der wissenschaftlichen Daten vom Zielplaneten Jupiter gerechnet werden.

Am 8. Dezember 1992 wurde die Galileo-Sonde bei ihrem Vorbeiflug an der Erde in 304 Kilometern Distanz durch die Erdschwerkraft beschleunigt und auf den endgültigen Kurs zum Planeten Jupiter gesteuert. Ende August dieses Jahres soll sie zum zweiten Mal an einem Kleinplaneten, dem Asteroiden Ida, vorbeifliegen und dabei Bilder und andere Daten zur Erde übertragen. Bereits im Oktober 1991 flog die Raumsonde an einem Kleinplaneten vorbei und lieferte die ersten Daten aus der Nähe dieser bisher unerforschten Himmelskörper.

VEEGA-Bahn spart Treibstoff

Die Galileo Raumsonde war am 18. Oktober 1989 mit einer Raumfähre erfolgreich gestartet worden. Die Oberstufe vom Typ IUS hatte aber nicht Energie genug um das Raumfahrzeug auf einer direkten Bahn zum Jupiter zu schießen. Wegen der "Challenger" Katastrophe im Januar 1986 konnte die NASA nicht wie vorgesehen eine Centaur-Oberstufe benutzen, die stark genug gewesen wäre um Galileo auf die gewünschte Bahn zu bringen. Die mit Flüssigsauerstoff und -wasserstoff arbeitende Oberstufe erwies sich als zu gefährlich. So wurde die viel schwächere IUS-Stufe benutzt. Dabei flog die Sonde zunächst zur Venus, überflog den Planeten im Februar 1990 und gelangte nach einer Sonnenumkreisung am 9. Dezember 1991 in Erdnähe. Dabei wurde die Sonde durch die Schwerkraft der Erde erstmals beschleunigt, so dass sie bis hinaus zum Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter gelangte. Am 29. Oktober 91 konnte dadurch zum ersten Mal der Planetoid Gaspra aus der Nähe fotografiert und erforscht werden. Ein weiterer Sonnenumlauf brachte die Sonde am 8. Dezember 1992 erneut in Erdnähe. Die NASA hat diese eigenartige Flugbahn als VEEGA (Venus-Earth-Earth-Gravity-Assist) bezeichnet. Dabei wird während des Vorbeiflugs der Sonde am Planeten ein winziger Teil der Bewegungsenergie der Erde auf die Sonde übertragen (ähnlich wie bei einem Hammerwerfer, der dem Wurfkörper seine eigene Energie beim Wegschleudern überträgt), so dass für die Sonde ein Geschwindigkeitszuwachs hervorgeht.

Erd- und Mondbeobachtung

Der Nachteil der VEEGA-Bahn ist die lange Flugzeit der Sonde zum Zielplaneten Jupiter. Der Vorteil besteht darin, dass bei den Vorbeiflügen an Erde und Venus die beiden Planeten von der Sonde aus erkundet werden konnten. Dies

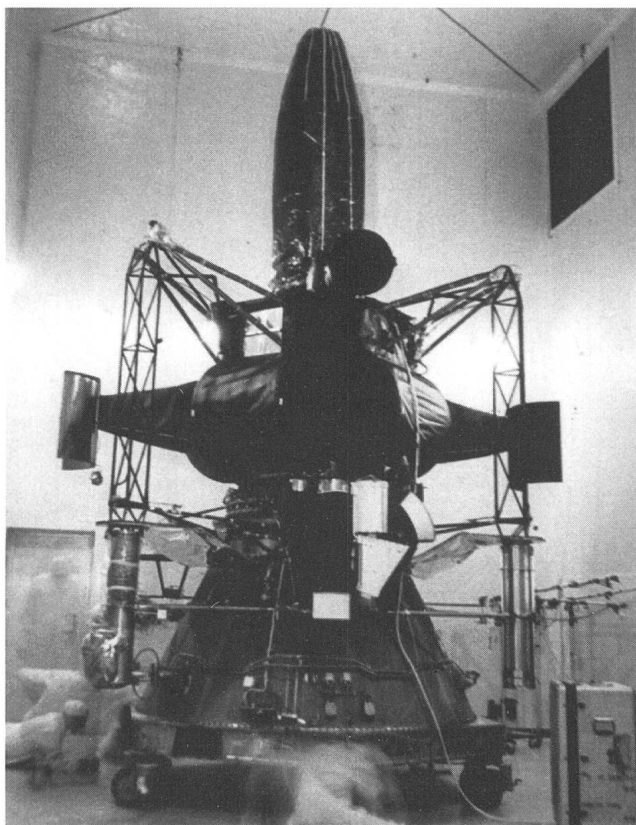


Bild 1: Die Galileo Raumsonde bei der Montage Die Hauptantenne ist – nach dem Regenschirmprinzip – entfaltet. Deutlich sind die einzelnen Rippen zu erkennen. Bild : NASA-JPL/Archiv Schmidt

dient nicht zuletzt auch der Überprüfung, ob alle wissenschaftlichen Instrumente programmgemäß funktionieren. Sowohl die Erde wie auch der Mond wurden dabei eingehend fotografiert. Beim Mond wurden zum Teil Gebiete auf der Rückseite erfasst, die bislang nicht erforscht wurden. Beim jetzigen Vorbeiflug hatte die Sonde unter anderem die Aufgabe, mit ihren Sensoren nach Wasser respektive Eis auf dem Mond Ausschau zu halten. Über 900 Bilder der Erde im An- und Wegflug können zu einem Film zusammen montiert werden, welcher die Rotation unseres Planeten im Zeitraffer zeigt.

Defekte Hauptantenne

Trotz der bislang erfolgreichen Mission bereitet die Sonde den Wissenschaftlern einiges Kopfzerbrechen. Die Hauptantenne von 4,8 Metern Durchmesser konnte bislang nicht entfaltet werden. Vermutlich drei Rippen der regenschirmförmigen Antenne sind verklemmt. Dies geht indirekt aus den

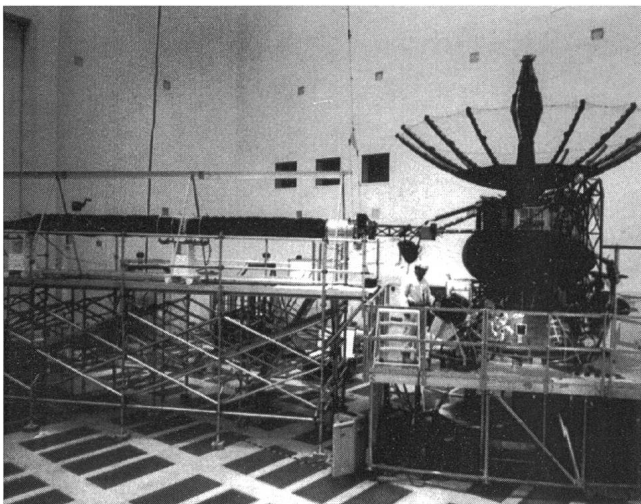


Bild 2: Beim Start ist die Hauptantenne zusammengefaltet. Beim Entfaltungsmanöver konnten offensichtlich drei der Rippen sich nicht von der Haltestruktur lösen und dadurch kann die Antenne nicht wunschgemäß entfaltet und benutzt werden.

Bild: NASA-JPL/Archiv Schmidt

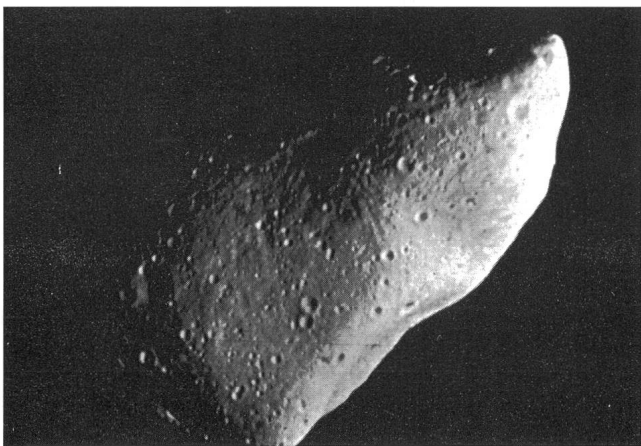


Bild 3: Hochaufgelöste Aufnahme des Planetoiden Gaspra, welcher am 29. Oktober 1991 von der Raumsonde Galileo aus der Nähe erforscht wurde. Im August dieses Jahres soll die Sonde den Planetoiden Ida aus der Nähe untersuchen.

Bild: JPL-RPIF-DLR/Archiv Schmidt

Daten hervor, die von den Technikern am NASA Jet Propulsion Laboratory in Pasadena (Kalifornien) untersucht wurden. Festgestellt wurde nämlich, dass der Sonnensensor der Sonde durch die Rippe 2 der Antenne verdeckt wird. Die genannte Antennenrippe ist bei rund 35° ausgefaltet. Während des vergangenen Jahres haben die Ingenieure mit verschiedenen Versuchen angestrebt, dass sich die Blockierung der Rippen löst. Dabei wurde die Sonde zeitweise in die Sonne gedreht um die Antennenstruktur aufzuheizen. Danach wurde die Sonde wieder von der Sonne weggedreht um die Struktur stark abzukühlen. Durch die grossen Temperaturunterschiede und die damit verbundene unterschiedliche Ausdehnung der Antennenstruktur hätte sich die Verklemmung lösen sollen. Leider waren diese Versuche bislang ohne Erfolg.

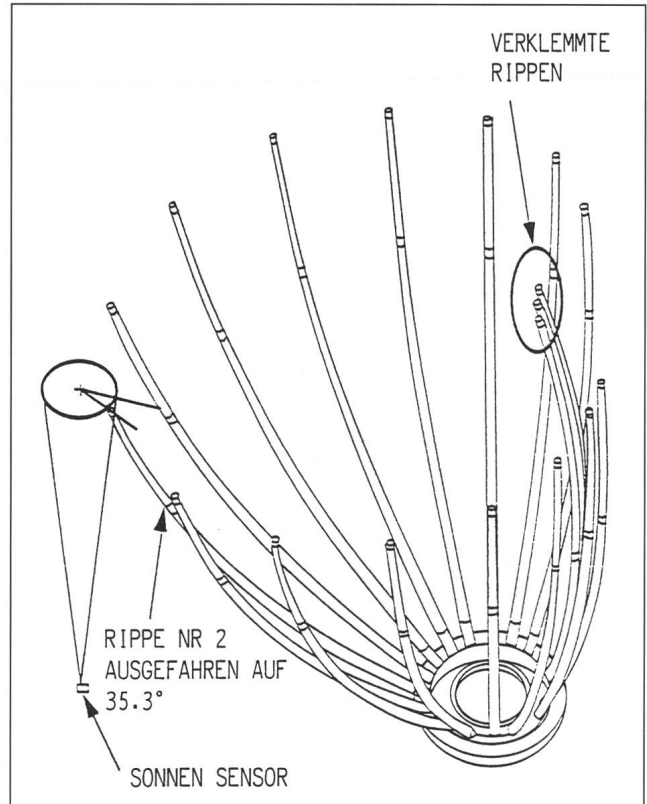
Motor erzeugt Schläge

Seit dem 28. Dezember 1992 wurde eine weitere Reparaturmassnahme eingeleitet. Die Antenne wird mit Hilfe eines Motors regenschirmartig ausgefahren. Dieser Motor zum Entfalten der Struktur wurde nun eingeschaltet um die Antenne so weit wie möglich aufzustossen. Anschliessend wurde mit Hilfe von Telekommandos der Motor intervallweise abgeschaltet und eingeschaltet. Dadurch wirkt er wie ein kleiner Presslufthammer auf die Struktur. Durch das ununterbrochene "Hämmern" erhoffen sich die Fachleute, dass sich die verklemmten Rippen mit der Zeit lösen. Gegenüber der ersten Methode mit Heizen und Kühlen, hat das jetzige Verfahren den Vorteil, dass kein Treibstoff für die Lageregelung der Sonde verbraucht werden muss. Das Hämmern des Motors kann über eine beliebig lange Zeit fortgesetzt werden. Die Einsatzmöglichkeit der Hauptantenne ist für die Mission der Sonde am Planeten Jupiter von entscheidender Bedeutung. Nur über die Hauptantenne können alle Daten in der gewünschten Menge und Qualität übertragen werden. Kann die Antenne aber nicht wie vorgesehen entfaltet und benützt werden, können die Daten vom Jupiter nur mit einem erheblichen Mehraufwand bei den Bodenstationen zum Teil gewonnen werden. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Einbusse zwischen 30 und 40% betragen würde.

MEN J. SCHMIDT

Die gegenwärtige Lage der unvollständig entfalteten Hauptantenne. Aufgrund der vorliegenden Daten nimmt man an, dass drei Rippen verklemmt sind. Dies geht aus einer Messung hervor, wo die Rippe Nr. 2 den Sonnensensor verdunkelt.

Bild: JPL-RPIF-DLR/Archiv Schmidt





Astrowerkstatt Planetentour

H. JOST-HEDIGER

Sommerzeit = Ferienzeit! Zeit, den Alltag zu vergessen, zu verreisen und Neues kennenzulernen. Auch wir wollen uns in diesen Monaten etwas entspannen und eine grössere Reise unternehmen. Als Reiseroute schlage ich eine Planetentour zu den äusseren Planeten vor. Bevor wir jedoch unsere Reise beginnen, ist es zweckmässig, Reisedauer, Reisedatum sowie Route und Transportmittel zu bestimmen.

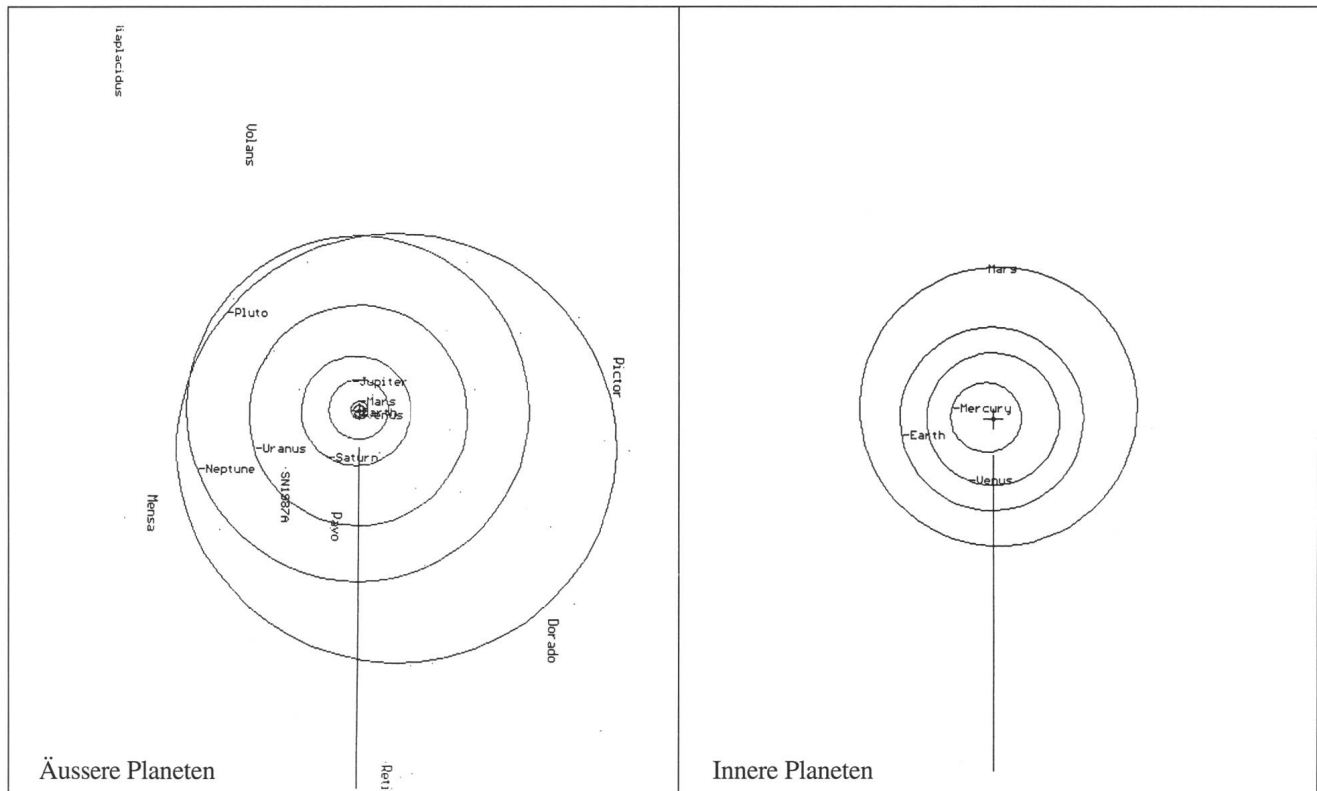
Schauen wir uns, um unsere Reise zu planen, vorerst einmal die Stellung der Planeten am 1. Juli 1993 an. Am besten gelingt uns dies in der heliozentrischen Darstellung von weit ausserhalb der Ebene des Sonnensystems.

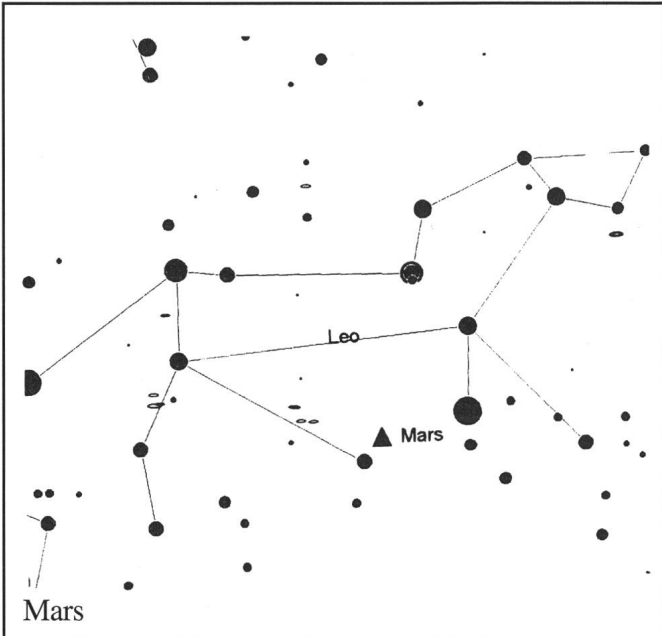
Aufgrund der grossen Distanzen stellen wir sofort fest, dass eigentlich eine Reise mit konventionellen Mitteln (chemische Raketen) sowohl an den Kosten als auch an der mehrjährigen

Planet	1.7.93				12.7.93			
	AE	Licht Minuten	Aufgang	Untergang	AE	Licht Minuten	Aufgang	Untergang
Merkur	0.63	5	07h26	22h09	0.58	5	06h31	20h59
Venus	0.87	7	03h03	17h36	0.95	8	03h03	17h54
Mars	2.00	17	10h30	00h01	2.07	17	10h22	23h31
Jupiter	5.42	45	13h18	01h05	5.58	46	12h40	00h24
Saturn	9.14	76	23h53	10h02	9.02	75	23h09	09h16
Uranus	18.6	155	22h01	06h34	18.58	155	21h16	05h49
Neptun	29.18	242	21h52	06h37	29.17	242	21h07	05h52
Pluto	29.05	241	16h43	04h08	29.14	242	15h59	03h24

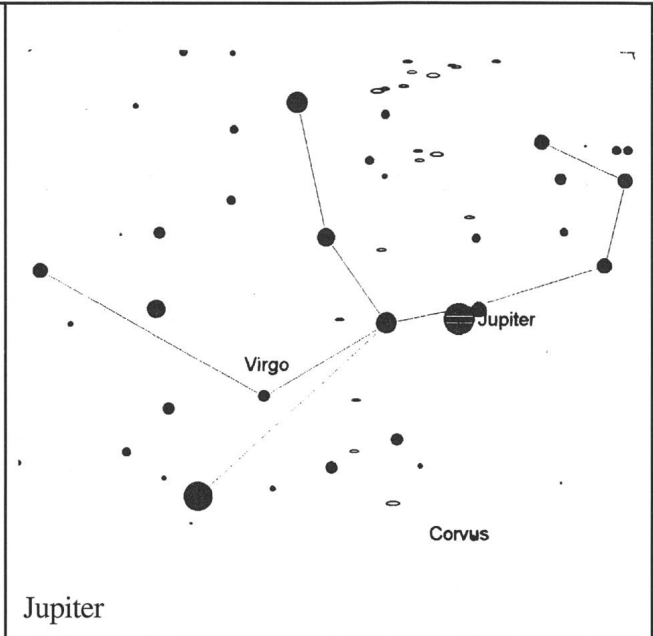
Tabelle 1: Auf-/Untergangszeiten, Entfernungen

Nautische Dämmerung ca. 23.00 Uhr bis 04.00 Uhr

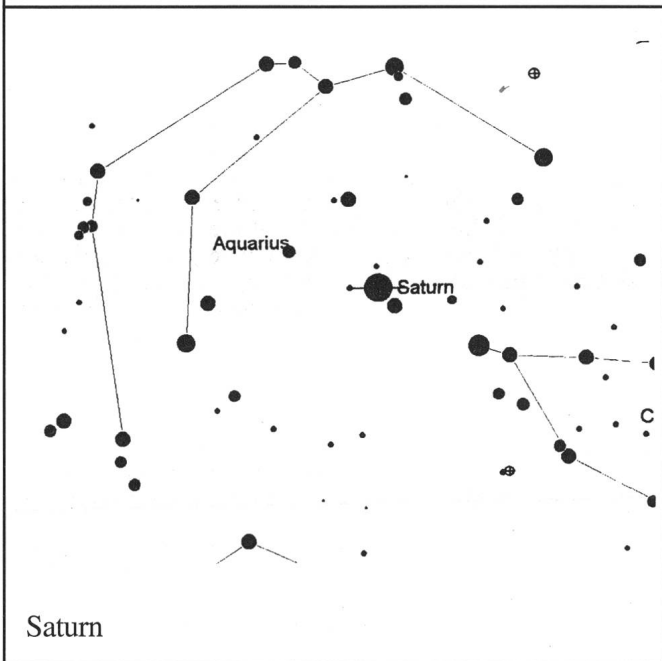




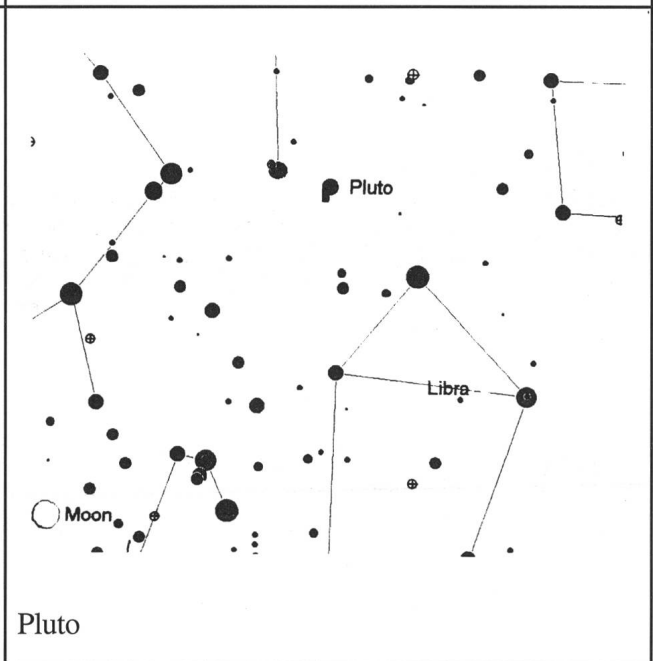
Mars



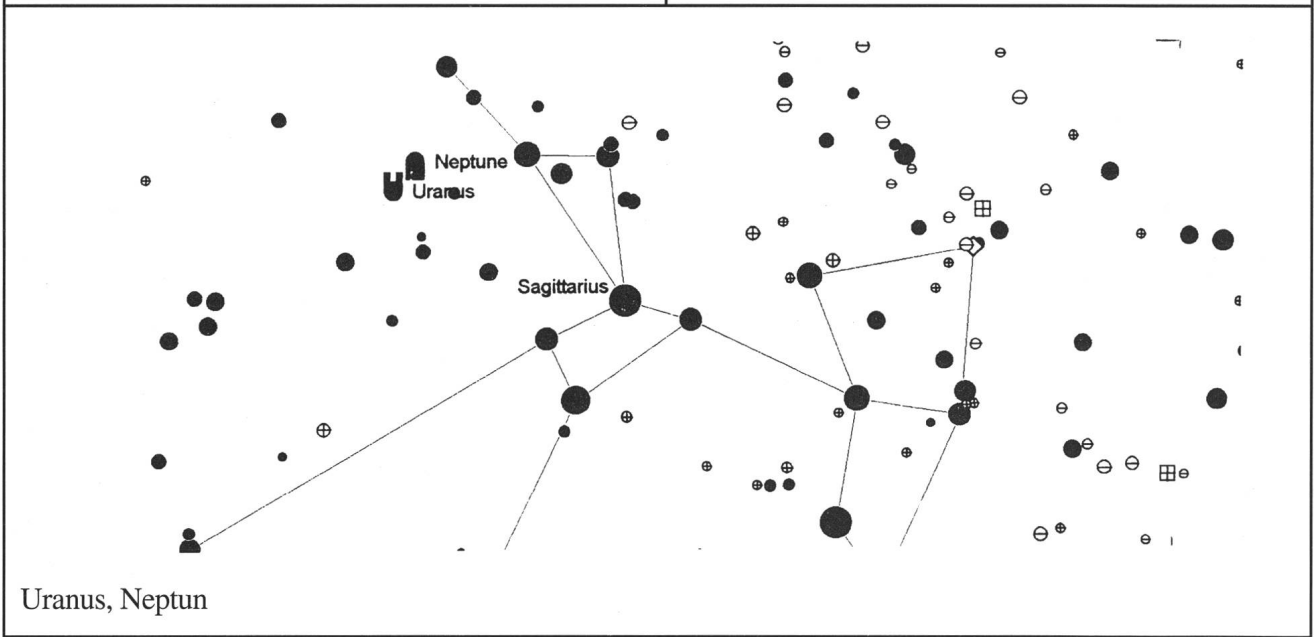
Jupiter



Saturn



Pluto



Uranus, Neptun



Reisedauer scheitern wird. Bequem wäre natürlich eine Reise mit annähernd Lichtgeschwindigkeit, aber auch das liegt weit ausserhalb der heutigen und wohl auch der zukünftigen Möglichkeiten. Aber es geht ja auch anders: sitzen wir doch bequem hinter dem Teleskop und lassen das Licht von den Planeten die weite Reise zu uns machen. Dabei wollen wir unsere Beobachtungszeit so einteilen, dass wir einerseits in der Nacht beobachten können und andererseits alle Planeten so sehen, wie sie um 2300 Uhr aussahen. Die Aufsuchkarten sollen uns dabei behilflich sein, unsere Planeten am Himmel auch zu finden.

Nun denn, rüsten wir uns mit Feldstechern und Teleskopen aus, vergessen wir Kaffee und Sandwich nicht und machen uns auf, die Reise zu beginnen.

1. Juli 1993, 2300 Uhr: Start

Die Photonen machen sich von allen äusseren Planeten auf den langen Weg zu uns, vom nur 17 Lichtminuten entfernten Mars ebenso wie vom 4 Lichtstunden entfernten Pluto. Wir wollen uns jetzt darauf konzentrieren, alle Planeten so zu sehen, wie sie um 2300 Uhr tatsächlich waren.

1. Juli 1993, 2317 Uhr: Mars

Das Licht von Mars, dem ersten Planeten jenseits der Erdbahn erreicht uns. Mars, der Kriegsgott in den Sagen, war bereits im Altertum bekannt und erscheint selbst dem unbewaffneten Auge rötlich. Seine Bahn hat eine grössere Exzentrizität als jene der Erde und umkreist unsere Sonne in 687 Tagen. Dank der geduldigen und mit sehr grosser Genauigkeit beobachteten und aufgezeichneten Bewegungen des Mars durch Tycho Brahe gelangte schliesslich Johannes Kepler zur Formulierung seiner 3 grundlegenden "Keplerschen Gesetze". Sie waren der Höhepunkt von 2000 Jahren Beobachtungen mit dem blossen Auge und lieferten die wesentlichen Grundlagen, auf denen Newton und andere in den folgenden Jahren aufbauen konnten.

Mars erscheint uns im Feldstecher nur als rötlicher Punkt. In grösseren Instrumenten können wir jedoch ansatzweise die Polkappen erkennen, wenn auch im Moment die Marsdistanz von 2 Astronomischen Einheiten für weitergehende Beobachtungen zu gross ist.

1. Juli 1993, 2345 Uhr: Jupiter

Nach nur 45 Minuten erreichen uns die ersten Lichtstrahlen vom riesigen Gasplaneten Jupiter mit seinen 4 "Galileischen Monden". Er ist der grösste Planet des Sonnensystems und wird durch seine rasche Rotation wie alle Gasplaneten abgeplattet. Obwohl er sehr hell ist, erscheint er von der Erde aus nicht als der hellste Planet. Die Beobachtung des Jupiter mit dem Spiel der 4 grössten Jupitermonde durch eines der ersten Linsenfernrohre führte 1610 Galileo Galilei, entgegen der damaligen Lehrmeinung der Kirche, zur Überzeugung, dass, wie die Monde des Jupiter um Jupiter, die Planeten um die Sonne kreisen. Es dauerte dann immerhin rund 380 Jahre, bis die katholische Kirche die damalige Verurteilung von Galileo Galilei wegen Verbreitung einer Irrlehre als ungerichtet aufhob. 1675 dann bestimmte Olaf Römer aus der exakten Beobachtung der Verfinsterungszeitpunkte der Jupitermonde (Verzögerung bei zunehmendem Erde-Jupiter-Abstand) die Lichtgeschwindigkeit zu 227000km/sec (heutiger Wert 299790km/sec). Dies war der erste Hinweis auf die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit.

Jupiter erscheint uns im Feldstecher schon fast als Scheibchen und je nachdem, wie weit die Monde auseinander stehen, sind auch sie zu sehen. In einem grösseren Instrument sehen wir dann die ganze Pracht von Jupiter mit dem Spiel seiner Monde, den Wolkenbändern und, wenn wir Glück haben, sehen wir sogar den "roten Fleck". Verweilen wir aber nicht zu lange beim immer wieder faszinierenden Jupiter, denn schon bald erreicht uns das Licht von Saturn.

2. Juli 1993, 0016 Uhr: Saturn

Saturn ist erst vor ca. 20 Minuten tief im Osten aufgegangen und eben erreicht uns das Licht vom äussersten im Altertum bekannten Planeten. Er wurde zu Ehren des Vaters von Jupiter, dem Herrscher des Olymp, benannt. Das Licht ist seit 2300 Uhr bereits 5/4 Stunden unterwegs bis es uns zeigt, wie Saturn um 2300 Uhr ausgesehen hat. Das Besondere des Saturn liegt an seinem Ringsystem, das den Planeten zum schönsten am Himmel macht. Für Galilei war der Saturn rätselhaft. Sein Fernrohr hatte zwar nur 32 fache Vergrösserung, das reichte aber aus, um zu erkennen, dass der Planet eine ungewöhnliche Form hatte. Im Jahre 1610 hatten die Ringe eine geringe Neigung zur Erde, so dass Galilei sie nicht in ihrer wahren Gestalt sehen konnte. Er berichtete: "Der Planet Saturn ist nicht allein, sondern besteht aus 3 (Körpern), die sich gegenseitig fast berühren und sich niemals gegenseitig bewegen oder ihre gegenseitige Lage verändern". Galilei löste das Rätsel nie, obwohl im Jahre 1616, als er Saturn wieder beobachtete, die Ringe weiter geöffnet waren. Die richtige Erklärung wurde erst 1659 von Christian Huygens in seinem berühmten Werk "Systema Saturnium" gegeben. Huygens hatte 1655 Beobachtungen mit einem Fernrohr mit 50facher Vergrösserung begonnen und schrieb: "Der Planet ist von einem dünnen, flachen Ring umgeben, der nirgends (den Körper des Planeten) berührt und gegen die Ekliptik geneigt ist". Im Jahre 1675 fand der italienische Astronom G.D. Cassini eine dunkle Linie im Saturnring, die sich als Folge als Lücke im Ring erwies (Cassinische Teilung).

Erfreuen wir uns in Musse am Anblick des Saturn mit seinem herrlichen Ringsystem und versuchen wir auch, seinen grössten Mond, Titan zu beobachten. Wir haben dazu, nebst einem Kaffee zum Aufwärmen, reichlich Zeit, denn das Licht von Uranus braucht noch weitere 1 1/2 Stunden, um zu uns zu gelangen.

2. Juli 1993, 0135 Uhr: Uranus

Die Photonen vom ersten, von blossen Auge nicht zu beobachtenden Planeten, der deshalb im Altertum noch nicht bekannt war, erreichen uns jetzt nach einer Reise von 2 Stunden 35 Minuten. Uranus wurde 1781 von William Herschel während einer teleskopischen Himmelsdurchmusterung entdeckt. Er entdeckte sofort, dass es sich bei ihm nicht um einen Fixstern handelt, glaubte aber zuerst an einen Kometen. Der neue Planet wurde später Uranus genannt, der in der griechischen Mythologie die Personifikation des Himmels und der Beherrscher der Welt war. Uranus ist ein Gasplanet wie Jupiter und wegen seiner grossen Entfernung ist es schwierig, ihn zu erforschen. Uranus hat auch ein Ringsystem, welches aber erst 1977 bei der Bedeckung des Sterns SAO158678 entdeckt wurde. Die Entdeckung erfolgte völlig überraschend.

Uranus zeigt sich dem unbewaffneten Auge nicht und selbst im Feldstecher erscheint er nur als Punkt. Erst grössere Instrumente mit grossen Vergrösserungen lassen ihn als blassblaues Scheibchen erkennen.



2. Juli 1993, 0301 Uhr: Pluto

Eigentlich würden wir jetzt, 4 Stunden nach Beginn unserer Beobachtung, das Licht von Neptun erwarten. Aber Achtung: da die Plutobahn sehr stark exzentrisch ist, ist Pluto von 1979-1999 innerhalb der Neptunbahn und somit nicht der äusserste Planet. Mit der Entdeckung von Neptun 1846 wurde das Sonnensystem wieder als vollständig betrachtet. Es gab aber immer noch kleinere Störungen in den Bahnbewegungen der äusseren Planeten, die erklärt werden mussten; die Existenz eines Transneptun konnte nicht ausgeschlossen werden. Vorläufige Positionsberechnungen des unbekanntes Planeten wurden durch Percival Lowell gemacht und am Lowell Observatorium in Flagstaff wurde eine entsprechende Suchaktion unternommen. Sie verlief negativ und als Lowell 1916 starb, war "sein" Planet noch nicht gefunden. 1929 wurde das Problem von Astronomen des Lowell Observatoriums unter der Leitung von Vesto Slipher mit einem 33cm Refraktor wieder aufgegriffen. Während des Jahres 1930 machte Clyde Tombaugh Photos des Sternfeldes Gemini, deren sorgfältige Prüfung im folgenden Monat zum Auffinden des Planeten Pluto führte. Trotz der Entdeckung von Pluto bleiben in den äusseren Planeten immer noch unerklärliche Abweichungen die zur Vermutung eines Planeten X verleiten können. Die Suche dürfte aber, sofern ein solcher Planet überhaupt existiert, äusserst schwierig sein.

Pluto erscheint uns selbst in grossen Instrumenten nur wie ein unscheinbarer Stern. Betrachten wir ihn aber trotzdem in Ehrfurcht, ist er doch der bis heute äusserste Planet des Sonnensystems, der bisher entdeckt wurde.

2. Juli 1993, 0302 Uhr: Neptun

Jetzt endlich, 1 Minute nach Pluto und 4 Stunden und 2 Minuten nachdem sich das Licht von Neptun zu uns auf den Weg gemacht hat, können wir Neptun so erkennen, wie er um 2300 Uhr am Vortag ausgesehen hat. Neptun, der achte Planet des Sonnensystems, war der erste Planet, der mit Hilfe mathematischer Formeln entdeckt wurde. John Couch Adams in England sagte 1845 die Position des neuen Planeten aufgrund der von ihm bei anderen Planeten verursachten Bahnstörungen voraus. Er fand jedoch keine Anerkennung und eine Suche wurde nicht unternommen. Später machte Le Verrier in Frankreich die gleichen Berechnungen, die mit Begeisterung aufgenommen wurden. 1846 wurde dann der Planet von Johann Galle und Heinrich d'Arrest in Berlin aufgefunden. Sowohl Adams und Le Verrier gelten nun als die Entdecker des Neptun.

Auch Neptun erscheint uns im Feldstecher als kleines Pünktchen und selbst in grösseren Instrumenten sehen wir nur eine sehr kleine, blasse Scheibe, der einzige Anhaltspunkt für uns, dass es sich nicht um einen Fixstern handelt.

2. Juli 1993, 0302 Uhr bis 1. Juli 2002, 0302 Uhr

Nichts als Leere und Dunkelheit! erst jetzt erreicht uns das Licht von Sirius, des uns am nächsten liegenden Sterns auf der Nordhalbkugel der Erde. Erst jetzt sehen wir, wie Sirius am 1. Juli 1993, 2300 Uhr aussah.

Bibliographie

Sternkarten und Berechnungen wurden mit Hilfe des Programmes "The Sky" hergestellt

Die Zeichnungen und Berechnungen der Planetenstellungen erfolgten mit dem Programm "Dance of planets"

Als Literatur wurde vor allem das Buch "Atlas des Sonnensystems, Herder Verlag", verwendet

H. JOST-HEDIGER
Lingeriz 89, 2540 Grenchen

Militäroptik – Sofortverkauf

NEUE LIEFERUNG

					DM
• WF Okular	2"	F 50	Leitz	NP 2.200.-	300.-
• WF Okular	2"	F 32	Zeiss Oberc.	NP 1.400.-	240.-
• WF Okular	2"	F 35	Steinheil	NP 1.200.-	200.-
• WF Okular	2"	F 30	Steinheil	NP 1.280.-	200.-
• WF Okular	1 1/4"	F 16	russ. 6-linser		150.-
• Präz. Okular	1 1/4"	F 22	Zeiss Oberc.	NP 700.-	130.-
• Zenit Prisma	2"		Zeiss Oberc.	NP 650.-	150.-
• Zenit Gehäuse	2"				85.-
• Amici Prisma	1 1/4"		Leitz	NP 410.-	85.-
• Zenit Prisma	3" m. Geh.		Zeiss Oberc.	NP 3.000.-	550.-

• über 200 weitere Restposten •

Russisches Forschungs-Stereomikroskop, original verpackt, neu professionelle Qualität, Baujahr 1992, 5 Stück, Stückpreis DM 560.- Neupreis ca. DM 1700.-. 5 Stück Maksutov 100/1000/MC/MTO Bauj. 92 original verpackt, Anschluß M42 + Adapter M42 1 1/4-Zoll erstklassige Abbildungsgüte, komplett Stck. DM 450.-. **BW Optik Versand LANGNER VOSS**, Lindenstr. 52, 4650 Gelsenkirchen, West-Deutschland

Telefon 0049 209 39 47 45

Zürcher Sonnenfleckenzahlen

Februar 1993 (Mittelwert 91,2)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R	19	42	81	83	117	122	128	140	122	116
Tag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R	97	96	93	88	79	100	73	80	81	98
Tag	21	22	23	24	25	26	27	28		
R	98	96	100	89	87	80	76	73		

Nombres de Wolf

HANS BODMER, Burstwiesenstr. 37, CH-8606 Greifensee

März 1993 (Mittelwert 73,3)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R	77	77	92	105	114	89	83	85	84	85
Tag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R	81	91	77	72	64	62	53	69	77	73
Tag	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
R	82	68	67	58	50	48	57	50	58	61

Neuerungen bei der Sonnenbeobachtergruppe SoGSAG

H. BODMER

Die Sonnenbeobachtergruppe ist eine Arbeitsgruppe der SAG, welche zurzeit aus rund 20 aktiven Beobachtern besteht. Die Verteilung der einzelnen Beobachter erstreckt sich ausser auf die Schweiz auch nach Deutschland, Oesterreich, Frankreich und sogar nach Amerika. Dank diesem weit gespannten Netz und dem unermüdlichen Einsatz der Sonnenbeobachter ist es möglich, die Sonnenfleckenzahl praktisch für jeden Tag lückenlos zu bestimmen. Die grosse Flut an Daten wird an einer zentralen Stelle gesammelt und in einem Computer gespeichert. Diese Daten der einzelnen Beobachter bestehend aus Datum und Uhrzeit, Anzahl der Gruppen und Anzahl der Einzelflecken aus welchen sich die Wolfsche Zahl berechnen lässt, werden in einem Datenbank-Programm erfasst. Im weitem wird die Fleckenklassifikation nach Waldmeier berücksichtigt. Pro Jahr ergeben sich insgesamt über 2000 Datensätze, wobei die Zürcher Relativzahl und die Adressdatei zusätzlich erfasst werden müssen. Die Zürcher Sonnenfleckenzahl dient als Referenz zum Bestimmen des k-Faktors jedes einzelnen Beobachters. Die Adressdatei, in welcher auch die verwendeten Beobachtungsinstrumente jedes Beobachters abgelegt sind, wird zum Versand der monatlichen Bulletin verwendet. Mit Hilfe all dieser Programme und den Computeranlagen können somit ohne grosse Mühe Statistiken und Berechnungen für die Monatsbulletins erstellt werden. Ein Monatsbulletin enthält die Zürcher Sonnenfleckenzahl und im Vergleich dazu diejenigen Relativzahlen, welche von der SoGSAG ermittelt wurden. Im weitem werden den Beobachtern die jeweiligen k-Faktoren und die Standardabweichungen ihrer beobachteten Relativzahlen bekanntgegeben. Die Daten werden auf Disketten gesichert und an zwei verschiedenen Orten aufbewahrt. Ferner wird ein Jahreskatalog angelegt, in welchem alle Beobachtungen pro Tag sortiert aufgeführt werden. Dieser Katalog enthält auch einige Anga-

ben über die monatliche mittlere Relativzahl der SoGSAG und dient zur Aufzeichnung des Verlaufes des Sonnenfleckenzyk-
klus.

Neu ist in der Sonnenbeobachtergruppe auch, dass die bisherige Koordinationsstelle nun durch ein mehrköpfiges Team gebildet wird, wie dies in andern Gruppen gemacht wird. Nach einer eingehenden Diskussion an der letztjährigen Sonnenbeobachtertagung in Carona wurde die bisherige Programmpalette wie folgt gestrafft:

Relativzahl**SoGSAG – Marcel Bissegger – SoGSAG-Auswertung****Klassifikation****SoGSAG – Marcel Bissegger – SoGSAG-Auswertung****Pettiszahl**

SONNE – Siegfried Gonzi, Hauptstrasse 45, A-9470 St.Paul

Inter-Sol-Index

Reinhard Wiechoczek, Postfach 1142, DW4790 Paderborn

A-Flecken

SONNE – H.U. Keller, Kolbenhofstrasse 33, CH-8045 Zürich

Erfreulicherweise hat sich für die Auswertung der Relativzahl und der Klassifikation Herrn Marcel Bissegger aus Safnern zur Verfügung gestellt. Für die Aufbereitung des Archivs 1986 bis 1990 konnte Herr Kurt Niklaus aus Liebefeld bei Bern gewonnen werden.

Koordinator der SoGSAG ist wie bis anhin:

Thomas K. Friedli, Plattenweg 32, CH-3098 Schliern

SoGSAG-Auswertung:

Marcel Bissegger, Gasse 52, CH-2553 Safnern

HANS BODMER

Technischer Leiter SAG

Burstwiesenstrasse 37, CH-8606 Greifensee

Robert A. Naef Preis 1992

Auf Antrag der Jury verleiht der Zentralvorstand den Robert A. Naef Preis für 1992 an

Herrn Ivan GLITSCH,

in Wallisellen, für seinen Artikel

Zeichnungen der Sonne im H-Alpha- und Weisslicht
im ORION Nummer 249 (Februar 1992), Seite 62.

Die Jury hebt besonders die gekonnte Ausführung der Zeichnungen und die genaue Beschreibung der beobachteten Erscheinungen hervor, eine Arbeit, die grosse Aufmerksam-

Prix Robert A. Naef 1992

Sur proposition du Jury, le Comité central de la SAS attribue le Prix Robert A. Naef pour l'année 1992 à

Monsieur Ivan GLITSCH,

à Wallisellen, pour son article

Zeichnungen der Sonne im H-Alpha- und Weisslicht
ORION no 249 (février 1992), page 62.

Le Jury relève l'exécution magistrale des dessins et la description précise des phénomènes observés, travail qui nécessite une attention soutenue, de la persévérance et

keit, Ausdauer und viel Geduld erfordert. Der prämierte, wie auch weitere Artikel des Preisträgers (ORION 230 [1989], Seite 10, 252 [1992], 229) sind Beispiele für den möglichen Beitrag eines Amateurs zur astronomischen Forschung.

Herr Glitsch, geboren 1926, war während 35 Jahren wissenschaftlicher Zeichner in der Universitäts-Augenklinik in Zürich. Während mehrerer Jahrzehnte, bis 1986, hat er die Zeichnungen für das 1941 von Robert A. Naef gegründete Jahrbuch *Der Sternenhimmel* ausgeführt. Er ist auch im Ausland als erfolgreicher Sonnenbeobachter anerkannt.

Der Preis, mit 500 Franken dotiert, wurde 1984 in Würdigung des Wirkens von Robert A. Naef geschaffen. Naef war Gründungsmitglied der SAG und langjähriger Redaktor des ORION, er verstarb 1975. Der Preis wird jährlich an den Verfasser eines ORION-Artikels verliehen, der von der Jury aufgrund seiner Qualitäten (Inhalt, Darstellung, Interesse für den Amateur etc.) ausgewählt wird. Er soll auch Anreiz für potentielle Autoren und Beitrag zur Ausstrahlung unserer Zeitschrift sein.

Die Jury besteht aus den Herren Hans-Rudolf BRUGGER, Schiers, Sergio CORTESI, Locarno-Monti, Rene DURUSSEL, Vevey, Fritz EGGER, Peseux, und Gerhart KLAUS, Grenchen. Sie dankt der Redaktion des ORION für ihre grosse – ehrenamtliche – Arbeit und für die interessante Auswahl der veröffentlichten Beiträge.

FRITZ EGGER

beaucoup de patience. L'article primé, comme d'ailleurs ceux publiés par le lauréat dans d'autres numéros de notre revue (230 [1989], page 10, 252 [1992], 229), sont autant de modèles de la contribution scientifique que peut apporter un amateur, et un exemple à suivre.

Monsieur Glitsch, né en 1926, a été dessinateur scientifique à la clinique ophtalmologique universitaire de Zürich. Pendant plusieurs décennies, et jusqu'en 1986, il a exécuté les dessins de l'annuaire *Le ciel étoilé* (Der Sternenhimmel) créé en 1941 par Robert A. NAEF. Il est connu, également à l'étranger, comme étant un observateur chevronné du soleil.

Le Prix, doté de 500 francs, a été institué en 1984 pour honorer l'activité de Robert A. Naef, membre fondateur de la SAS, rédacteur d'ORION pendant de longues années, décédé en 1975. Il est attribué chaque année à l'auteur d'un article paru dans ORION sélectionné par le Jury en fonction de ses qualités (contenu, présentation, intérêt pour l'amateur etc.). Il est aussi censé stimuler et encourager les auteurs potentiels et contribuer au rayonnement de notre revue.

Le Jury est composé de MM. Hans-Rudolf BRUGGER, Schiers, Sergio CORTESI, Locarno-Monti, René DURUSSEL, Vevey, Fritz EGGER, Peseux, et Gerhart KLAUS, Grenchen. Il tient à remercier la rédaction d'ORION pour son travail - bénévole - et le choix des contributions.

FRITZ EGGER

Treffen Komet Schoemaker-Levy 1911 a1 mit dem Eulennebel

J. KEERS

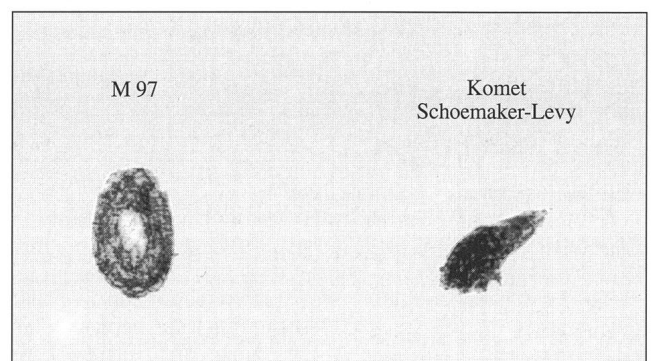
Es ist Montagabend, den 13. Juli 1992 etwa 23.00 Uhr. Ich befinde mich in der Sternwarte des Astronomischen Vereins auf dem Gelände des Astronomischen Instituts der Uni Basel. In dieser Nacht ist es Vollmond. Trotzdem versuchte ich den Komet Shoemaker-Levy mit dem 30 cm Newton-Cassegrain Teleskop aufzustöbern, was mir nach kurzer Zeit, trotz störendem Mondlicht, auch gelang, weil die Luft gut durchsichtig und der Komet etwa M 6,5 hell war. Der Komet befand sich zu diesem Zeitpunkt im Grossen Wagen nahe M 97, gemäss der Sternkarte mit der Kometenbahn eingezeichnet. Danach schraubte ich ein Kometenfilter (Swanbandfilter) auf das Okular, um festzustellen, ob diese Massnahme eine Kontrastverbesserung ergibt.

Als ich dann ins Okular hineinschaute meinte ich, ich sehe doppelt, denn gleich neben dem Kometen, nur wenige Minuten davon entfernt, sah ich noch einen anderen diffusen Fleck. Zu meinem grossen Erstaunen stellte ich fest, dass das andere Objekt der M 97 oder Eulennebel war. Dann entfernte ich das Kometenfilter, und als ich wieder ins Okular hineinschaute, sah ich ausser einigen Sternen nur noch den Kometen. Der Eulennebel war wegen des störenden Mondlichtes mit dem besten Willen nicht zu erkennen. Somit konnten nur diejenige Sternfreunde diese Begegnung beobachten, die über ein entsprechendes Filter verfügen. Mich würde es interessieren, ob noch jemand diese Begegnung beobachtet hat.

Obwohl bei der Werbung bei Nebelfiltern oft übertrieben wird, erbringen sie doch erstaunliches, weil besonders bei schmalbandigen Filtern wie UHC oder O III auch das störende Mondlicht und Dämmerungslicht grösstenteils weggefiltert werden. Dies funktioniert allerdings nur bei Objekten die in gewissen Emissionslinien leuchten, wie Gasnebel und Planetarische Nebel, nicht bei Objekten mit kontinuierlichen Spektren, wie Galaxien und Sternhaufen. Die Nebelfilter sind besonders hilfreich an Beobachtungsorten mit viel Fremdlicht.

J. KEERS

Leimenstrasse 21 4051 Basel



Videotex- Veranstaltungskalender / Calendrier des activités vidéotex

13. Juni 1993, 10.00 Uhr

Sonnenparty der Astronomischen Vereinigung St. Gallen.
Verschiebungsdatum: 20. Juni. Auskünfte: H. Raymann, 071/
94 25 21. Sternwarte Brand, St. Gallen.

15. Juni 1993, 19.30 Uhr

"Der Weltanfang", Vortrag von H. Bieri. Astronomische
Gesellschaft Bern. Naturhistorisches Museum, Bernastr. 15,
Bern.

21. bis 23. Juni 1993

3. astro sapiens-Teleskoptreffen Langis auf dem Glaubenberg
bei Sarnen/OW, Beobachtungen, Workshops, Kurzvorträge.
Verschiebungsdatum: 25. bis 27. Juni. Anmeldung: J. de
Lignie, 01/767 16 95.

17. bis 24. Juli 1993

3. Internationale Astronomie-Woche in Arosa: Beobachtungen,
Referate etc. Volkssternwarte Schanfigg Arosa, Postfach,
7029 Peist.

16. bis 20. August 1993

"Woche des offenen Daches" der Sternwarte Bülach in
Eschenmosen. Astronomische Gesellschaft Zürcher Unter-
land, Bülach.

13./14. August 1993

"Sternenschau 93" in Zürich, Demonstration von Teleskopen,
Beobachtung, Info-Stand. astro sapiens, G. Schwarz,
01/840 19 42.

24. August 1993, 19.30 Uhr

"Entdeckung des Moleküls C60 und seine Bedeutung für die
Astronomie", Vortrag von Dr. M. Schär, Bern/Spiegel. Astro-
nomische Gesellschaft Bern. Naturhistorisches Museum,
Bernastr. 15, Bern.

30. August bis 3. September 1993

8. Generalversammlung der Internationalen Union der Ama-
teur-Astronomen IUAA / 1. Generalversammlung der Euro-
päischen Sektion der IUAA in Wolverhampton (GB). Mr. M.
Astley, "Garwick", 8 Holme Mill, Fordhouses, Wolver-
hampton, England/GB.

17. bis 19. September 1993

5. Starparty in den Freiburger Alpen. Anmeldung: P. Stuessi,
01/937 38 47.

21. September 1993, 19.30 Uhr

"Sonnenfleckenbeobachtung von blosser Auge", Vortrag von
A. Tarnutzer, Luzern. Astronomische Gesellschaft Bern.
Naturhistorisches Museum, Bernastr. 15, Bern.

23. bis 26. September 1993

International Meteor Conference der International Meteor
Organisation in Puimichel (F). P. Roggemans, Pijnboomstraat
25, B-Mechelen.

12. Oktober 1993, 19.30 Uhr

"Sonnenobservatorien der INKA", Vortrag von Dr. Bernard du
Mont. Astronomische Gesellschaft Bern. Naturhistorisches
Museum, Bernastr. 15, Bern.

HANS MARTIN SENN, Püntstrasse 12, 8173 Riedt-Neerach

5. Starparty 1993

**17,18,19. September:
Starparty in den Freiburger Voralpen.**

Zufahrt über Düdingen, Richtung Schwarzsee, Zollhaus.
Ab Zollhaus wird der Weg beschildert.

Sie soll dem Erfahrungsaustausch und dem gemeinsa-
men Beobachten dienen. Es sind alle Amateurastrono-
men herzlich eingeladen. Bitte nehmt Eure Fernrohre
mit! (Für Vergleiche und Tests). Bitte auch an schlechtes
Wetter denken. Also Bücher, Photos, Zeitschriften
mitnehmen.

Unterkunft im Chalet. (Massenlager, ev. Schlafsack
mitnehmen)

Hüttentelefon während der Starparty: 037/32 11 34

Anmeldung nur für Essen erforderlich: Abend- und
Morgenessen.

Für Einzelheiten und bei Fragen wendet Euch an uns.

See you soon Peter and Peter

Peter Stüssi

Breitenried, 8342 Wernetshausen, Tel. 01/937 38 47

5^e Starparty 1993

**17, 18 et 19 septembre:
Starparty dans les Préalpes Fribourgeoises**

Voie d'accès par Fribourg-Nord, Giffers, Planfayon,
Zollhaus, Sangernboden (signalisations) et le Hohberg.

Elle est destinée à un échange d'idées et d'observation
en commun. Sont invités tous les astronomes amateurs.
Apportez tous vos instruments (tests et comparaisons).
Pensez aussi au mauvais temps. (livres, photos et
revues). Possibilité de dormir dans le chalet (couchettes,
év. emporter un sac de couchage).

Inscriptions pour les repas du soir et du matin sont
nécessaires.

Téléphone de la cabane pendant la Starparty:

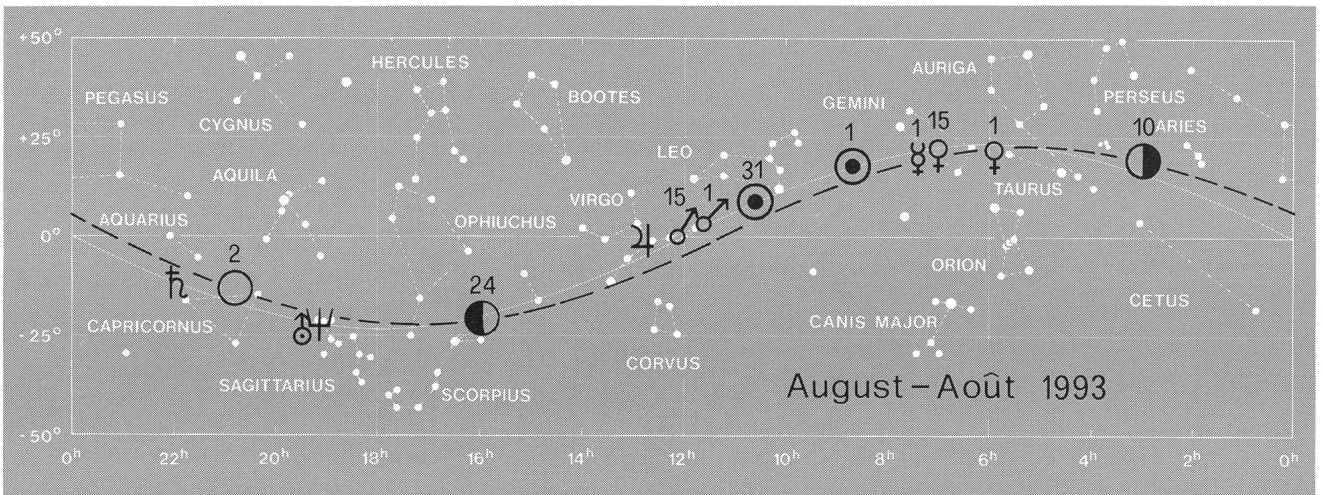
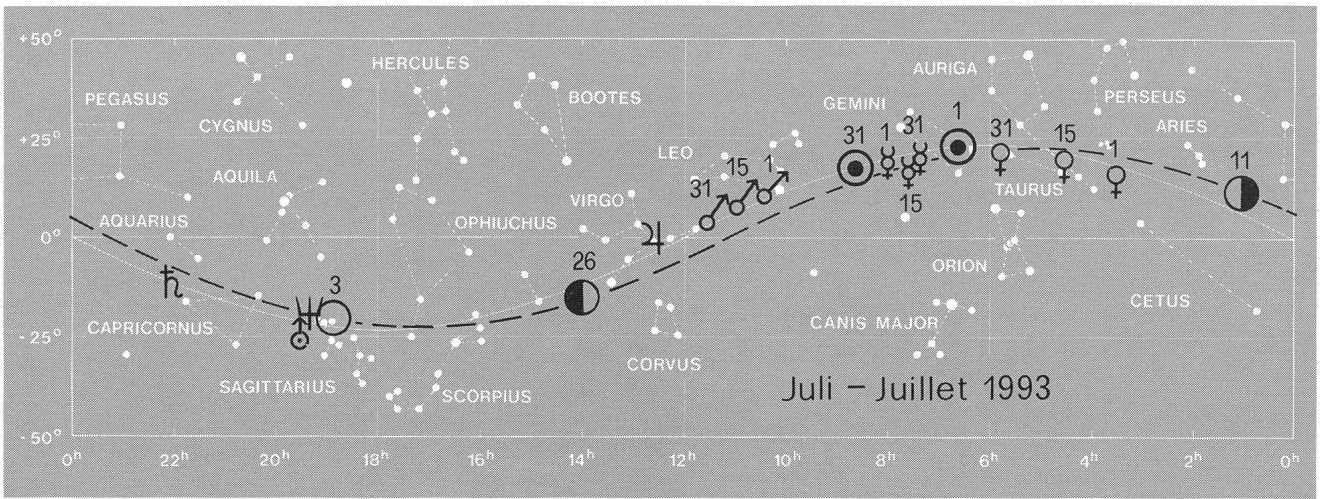
037/32 11 34

Pour tous renseignements:

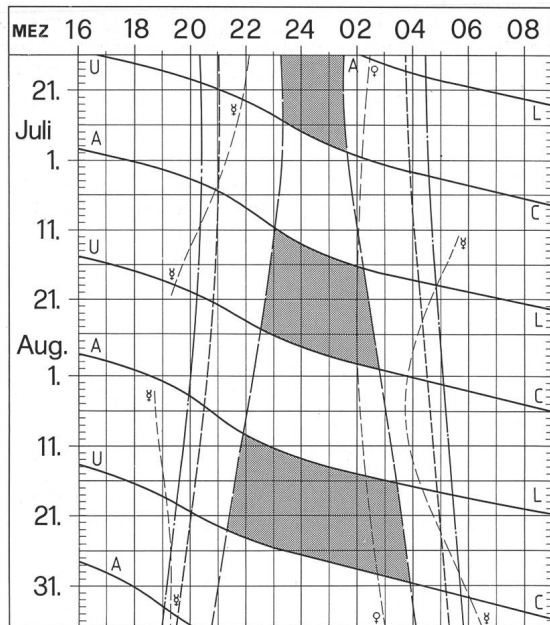
See you soon Peter and Peter

Peter Kocher

ufem Bärq 23, 1734 Tentlingen, tél. 037/38 18 22



Sonne, Mond und innere Planeten



Grundmuster D Juli/Aug. ORION Nr.

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 die hellsten Sterne – bestenfalls bis etwa 2. Größe – von bloßem Auge sichtbar. Nur zwischen Ende und Beginn der astronomischen Dämmerung wird der Himmel von der Sonne nicht mehr aufgehellt.

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

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

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

- — — — — Sonnenaufgang und Sonnenuntergang
Lever et coucher du Soleil
- - - - - Bürgerliche Dämmerung (Sonnenhöhe -6°)
Crépuscule civil (hauteur du Soleil -6°)
- — — — — Astronomische Dämmerung (Sonnenhöhe -18°)
Crépuscule astronomique (hauteur du Soleil -18°)
- A L Mondaufgang / Lever de la Lune
- U C Monduntergang / Coucher de la Lune
- Kein Mondschein, Himmel vollständig dunkel
Pas de clair de Lune, ciel totalement sombre



Eine astronomische Deutung des keltischen (gallo-lateinischen) Mond- und Sonnenkalenders von Coligny (Frankreich)¹

H.-R. HIRTZ

1. Einführung

Die Entdeckung des wichtigsten Zeugnisses, das wir in keltischer Sprache besitzen, erfolgte 1897 in der Nähe von **Coligny** im Departement Ain, Frankreich. Beim Pflügen eines Ackers kamen einige hundert Fragmente aus Bronze zutage, die von Dissard, dem Konservator am Museum von Lyon, in Verwahrung genommen wurden. Ihm gelang es, mit den einen Stücken die Statue einer Gottheit zu rekonstruieren, die er für BEL, den keltischen Apollo, hielt. Weitere um die 150 bronzene Bruchstücke waren mit Linien und Buchstaben versehen und konnten in Kolonnen angeordnet zu einer Tafel zusammengesetzt werden (Fig. 1). Im Namen von Dissard verfasste Héron de Villefosse drei aufeinanderfolgende Veröffentlichungen über diese Tafel zuhanden der "Académie des Inscriptions", und Seymour de Ricci äusserte sich über die Inschrift in der "Revue celtique". Beide Forscher kamen zur Ansicht, dass es sich dabei um einen in **lateinischer Schrift verfassten keltischen Kalender** handeln müsse, der in der Epoche um 200 bis 100 v.Chr. entstanden sein musste. Das Gebiet, in dem der Coligny-Kalender gefunden wurde, bewohnten damals die keltischen Ambarri, deren Nachbarn im Osten die Sequaner waren.

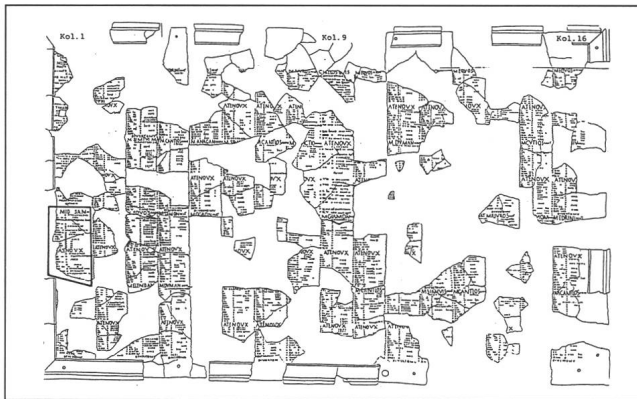


Fig. 1: Der gallo-lateinische Mond- und Sonnenkalender von Coligny. (Rahmen siehe Fig. 2)

In den folgenden Jahren interessierten sich weitere Experten für die Anordnung der Inschrift von Coligny, und so publizierte Espérandieu seine Ansicht eines Kalenders zu fünf Jahren. Viel diskutiert wurde auch über die Sprache des Textes, bis Loth 1909 darin das damalige Idiom des Gebiets, das **keltische Gallisch**, nachweisen konnte. In den Jahren 1920-1930 erfolgten vorerst typographische Verbesserungen des Kalen-

ders, so durch Rhys, de Ricci und Mac Neill. Dadurch konnten Unklarheiten des Texts bereinigt und Irrtümer aufgedeckt werden. Weitere Ausgaben des Kalenders lieferten Whatmough und Le ROUX, letztere besonders für die ersten sieben Monate. Doch in all diesen Entzifferungsversuchen konnte das Rätsel des Kalenders nicht gelüftet werden.

Das war der Grund, weshalb sich 1961 eine Gruppe von Forschern unter Duval und Pinault die Aufgabe stellte, in einer grossangelegten Untersuchungskampagne der Wahrheit auf den Grund zu kommen. 1986 erschien in den "Recueil des Inscriptions Gauloises" ein Werk von über 400 Seiten mit vielen Uebersichtstabellen und Fotografien, das aber den Kalender in seiner Gesamtheit auch nicht zu deuten vermochte.

2. Der Ablauf des Coligny-Kalenders

Aufbau des Kalenders: Betrachtet man den Coligny-Kalender etwas genauer, so fällt sogleich seine Strukturierung auf. Der Kalender enthält 60 Mond-Monate oder Lunationen, die entweder 30 Tage (MAT) oder 29 Tage (ANM) enthalten; dazu kommen 2 Schalt-Monate zu 30 Tagen.

Von vielen Autoren wird MAT mit "gut", ANM(ATV) jedoch mit "schlecht" übersetzt, und es wird wiederholt von "hellen = guten" und "dunkeln = schlechten" Tages- und Monatsabschnitten gesprochen.

Nun bezeichnet AN- auf irisch jedoch nicht nur die Verneinung, sondern heisst ebenso "sehr", was ich bevorzuge. Denn neben einer Lunation zu 30 Tagen musste es eine solche von 29 Tagen geben, damit ein Mittel von 29.5 Tagen überhaupt zustandekommt.

Der Kalender umfasst also 60 Mondmonate plus 2 Schaltmonate, in denen 5 Sonnenjahre enthalten sind, und stellt somit einen *luni-solaren* Ablauf dar. Ingesamt entspricht der Kalender 1831 Tagen (Fig. 4). Aus 62 Monaten errechnet sich eine mittlere Lunation zu 29.532 Tagen, was vom heutigen Wert zu 29.530 Tagen praktisch nicht abweicht.

Ein Mondjahr besteht aus 12 Monaten zu 30 oder 29 Tagen – im Mittel 29.5 Tage – und enthält 354 Tage. Es ist um 11 Tage kürzer als das Sonnenjahr zu 365 Tagen, was in 5 Jahren eine Differenz von 55 Tagen ergibt. Mit dem Einschleichen von **2 Schaltmonaten** zu je 30 Tagen wurde im Kalender dieser Unterschied korrigiert, doch musste nach Ablauf von 5 Jahren ein Kalendersprung von 5 Tagen durchgeführt werden. Die *Sonnenjahre* begannen jeweils mit dem Frühlings Aequinoxtium, wenn die Sonne genau im Osten aufgeht und genau im Westen untergeht.

Die *Mondmonate* begannen jeweils mit dem Erscheinen der 1. Mondsichel. Dann folgt das 1. Mondviertel, in der Mitte findet sich der Ausdruck ATENOVX, der Vollmond, dann folgt das 3. Drittel, und beim Neumond steht in den Monaten zu 29 Tagen DIVERTOMV (Fig. 2, Fig. 6).

¹ Vortrag gehalten im Astronomischen Verein Basel, am 2. Dezember 1992.

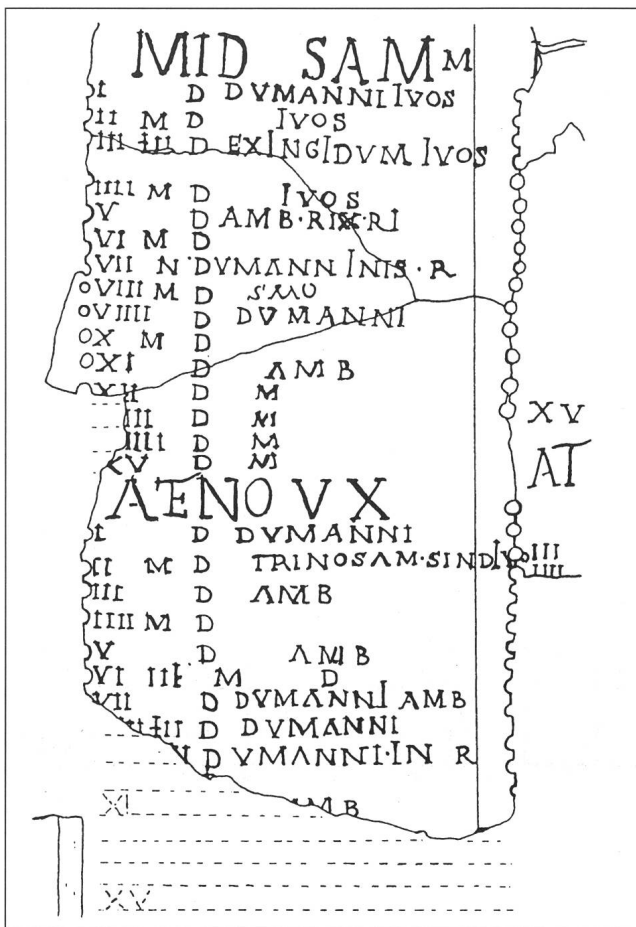


Fig.2: Der Mondmonat L1 SAMON mit dem Hinweis TRINO SAM.SINDI. (Ausschnitt aus Fig.1)

Die Mond-Monate tragen gallische Namen und heissen SAMON - DVMAN - RIVROS - ANAGAN(TIO) - OGRON - CVTIOS - GIAMON- SIMIVI - EQVOS - ELEMB - EDRINI - CANTLOS.

Die beiden Schaltmonate heissen MID X und CIALLOS'IS.

Markierung der Sonnenstände: Der Kalender von Coligny war primär in 8 Abschnitte des Sonnenlaufs geteilt, wenn die Sonne die folgenden Stände erreichte, wobei für die 4 keltischen Feiertage eine Deklination von +/-16° - also bei rund 2/3 des jährlichen Sonnenlaufs - zugrunde gelegt wurde (Fig. 4):

		Deklination:
Frühlings-Aequinoctium/FAEQ	21. März	0°
BELTENE/BEL	06. Mai	+16°
Sommer-Solstitium/SSOL	21. Juni	+23.5°
LUGNAS/LUG	06. August	+16°
Herbst-Aequinoctium/HAEQ	23. September	0°
HALLOWEEN/SAMHAIN/HAL	06. November	-16°
Winter-Solstitium/WSOL	21. Dezember	-23.5°
IMBOLG/IMB	06. Februar	-16°

Sonnenlauf und Sonnenstand-Marker: Den Schlüssel für meine Entzifferung fand ich schliesslich im Ausdruck **TRINO SAM . SINDI**, bzw. **TRIN VX SAMO**. TRINO SAM . SINDI steht in SAMON (L1/AII), und TRIN VX SAMO ist in SAMON (L13/AI) anzutreffen. Der zeitliche Abstand zwi-

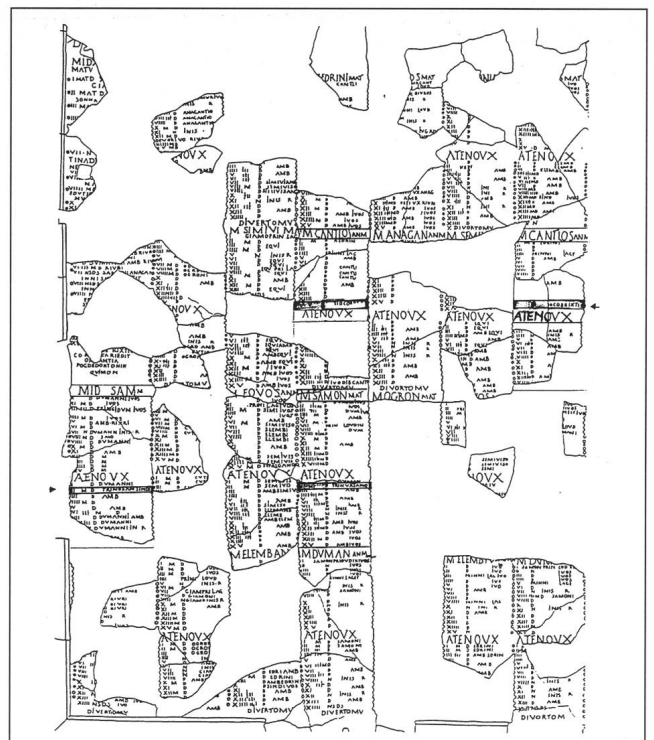
schen diesen beiden Ausdrücken beträgt genau 12 Lunationen oder 354 Tage, also 1 Mondjahr, wofür der Ausdruck SINDI gesetzt wurde (Fig. 2, Fig. 3, Fig. 5).

Die Übersetzung von TRINOTRIN VX leitete ich aus **irisch tri nocha = 93** ab. Die Zahl 93 ist in der Astronomie bestens bekannt, stellt sie doch die **93 Tage-Abschnitte** zwischen dem Frühlings-Aequinoctium und dem Sommer-Solstitium einerseits sowie dem Sommer-Solstitium und dem Herbst-Aequinoctium andererseits dar. Ich bezeichnete diese Markierungen im Kalender mit dem Ausdruck "**primäre Sonnenstandmarker**".

Der Kalender der Kelten war bekanntlich in 8 Abschnitte des Sonnenlaufs geteilt, denn als keltische Kalendertage gefeiert wurden auch BELTENE, LUGNAS, HALLOWEEN (SAMHAIN) und IMBOLG zu Beginn der Monate Mai, August, November und Februar. Und es zeigt sich im Kalender, dass Perioden zu 93 Tagen auch zwischen BELTENE und LUGNAS sowie HALLOWEEN und IMBOLG vorkommen.

Beginnt man den Kalender mit dem Frühlings-Aequinoctium, so findet sich nach 47 Tagen - praktisch der Hälfte von 93 - das 1. BELTENE genau bei der Markierung TRINO SAM . SINDI in SAMON (L1/AII). Von hier aus gelangt man durch Abzählen von 93 Tagen direkt zum 1. LUGNAS (L4/AVII). Zählt man vom 1. Frühlings-Aequinoctium (L1/I) 93 Tage, so trifft man auf das 1. Sommer-Solstitium (L3/III), und von hier gelangt man nach 93 Tagen zum 1. Herbst-Aequinoctium (L6/X). Gleichartig findet man von HALLOWEEN (L7/AVIII) aus auch IMBOLG (L10/AXIII) nach 93 Tagen. Damit war das Abzählssystem TRINO/TRIN VX zu 93 Tagen für den *Sonnenlauf* im Kalender festgelegt (Fig. 3, Fig. 4).

Fig.3: TIOCOBREXTIO beim Vollmond (ATENO VX) in den Monaten L12 CANTOLOS und L24 CANTLOS (vgl. Fig.4), TRINO SAM. SINDI in L1 SAMON und TRIN VX SAMO in L13 SAMON (vgl. Fig.2 und Fig.5).





Ein weiterer wichtiger Mond-Marker ist **DIVERTOMV**, der jeweils am 30. Tag der Monate mit 29 Tagen vermerkt ist (Fig. 6). **DIVERTOMV** hat wohl nichts mit der Anzahl von 29 Tagen des Monats zu tun – was schon durch **ANM** ausgedrückt wird – sondern weist auf den kommenden **Neu-Mond** hin; der Hinweis wurde in den **MAT**-Monaten nur aus Platzgründen nicht angebracht.

3. Astronomische Datierung des Coligny-Kalenders

Finsternisse: Bei meiner Entzifferung des Kalenders von Coligny war ich von der Voraussetzung ausgegangen, dass er – gemäss unserer Kalendereinteilung – beim Frühlings-Aequinoxtium am 21. März 154 v.Chr. seinen Anfang nahm. Die Gründe für diese Überlegung waren die folgenden:

Am 15. März 162 v.Chr. hatte sich in Coligny eine **totale Sonnenfinsternis** ereignet, und nur 2 Wochen später, am 30. März 162 v.Chr., fand dort auch eine **partielle Mondfinsternis** statt. Somit geschahen beide Eklipsen um die Zeit des Frühlings-Aequinoxtiums, am 21. März 162 v.Chr.

Diese Himmelserscheinungen dürften für die Bewohner der Gegend den Anstoss gegeben haben, einen Sonnen- und Mond-Kalender aufzustellen, damit in Zukunft solche Geschehnisse vorausgesagt werden könnten. Zu diesem Zwecke brauchte es einmal gute Kenntnisse des Mond- und Sonnenlaufs, mithilfe derer die für einen Kalender notwendigen Daten zu errechnen waren.

Und weil gemäss Voraussage zwei Mondfinsternisse im Abstand eines Mondjahres beim, bzw. kurz vor dem Frühlings-Aequinoxtium, nämlich am

21. März 153 v.Chr. sowie am
09. März 152 v.Chr. zu erwarten waren,
liess man den Kalender am
21. März 154 v.Chr. beginnen.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass sich für den Kalenderbeginn das Frühlings-Aequinoxtium aus astronomischen Gründen in vielen Kulturen eingebürgert hatte, da zu diesem Zeitpunkt der aufsteigende Sonnenlauf den Himmels-Aequator kreuzt.

Die anfangs vorhandenen astronomischen Ungereimtheiten im Kalender konnten erst geklärt werden, als ich mithilfe der im Mikro-Planetarium vorhandenen Daten die Vorkommnisse zu überprüfen begann (Lohr, 1991). Dieses hervorragende Hilfsmittel erlaubt eine äusserst präzise Darlegung der tatsächlichen Ereignisse in dieser Zeit. So stellte ich fest, dass die Mondsichel schon 4 Tage vor dem Erreichen des Frühlings-Punkts der Sonne erschienen war, nämlich am

17. März 154 v.Chr.,
so dass der Mond-Kalender dem Sonnen-Kalender um 4 Tage vorging.

Die Datierung des Kalenders von Coligny: Betrachten wir im Coligny Kalender die einzelnen Mondmonate, so befindet sich in der Mitte jedes Monats jeweils die Bezeichnung **ATENOVX** (Fig. 2). Ich ging nun von der Voraussetzung aus, dass im Kalender von Coligny der Mondmonat jeweils mit dem Erscheinen der **ersten Mondsichel am Abendhimmel** – kurz vor dem *Untergang* der Sonne im Westen – begann. Astronomisch gesehen ist dieser Moment viel eindeutiger erfassbar als etwa das genaue Festlegen des Vollmonds oder

Fig.5: L13 Samon mit den Hinweisen PRIN, LOVDIN, TRIN VXSAMO und N INIS R (vgl. Text).

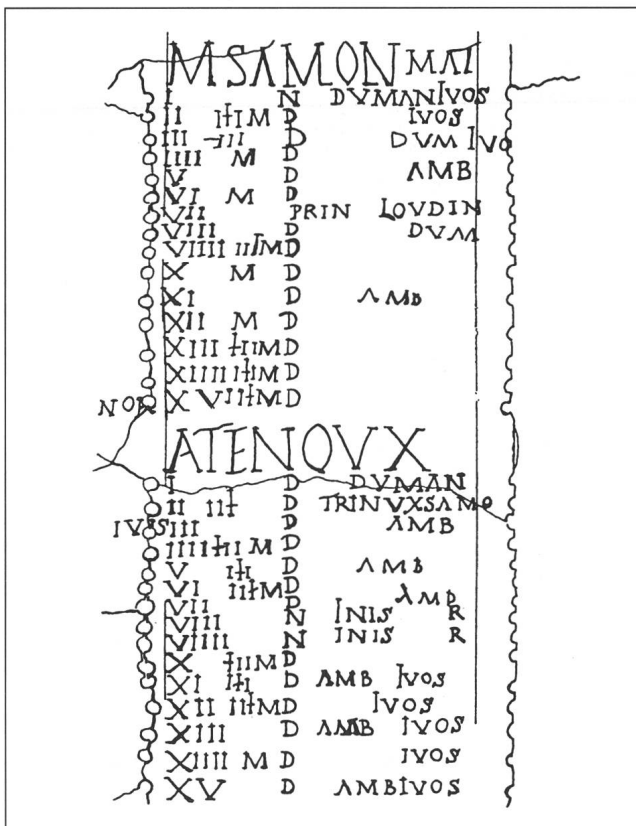
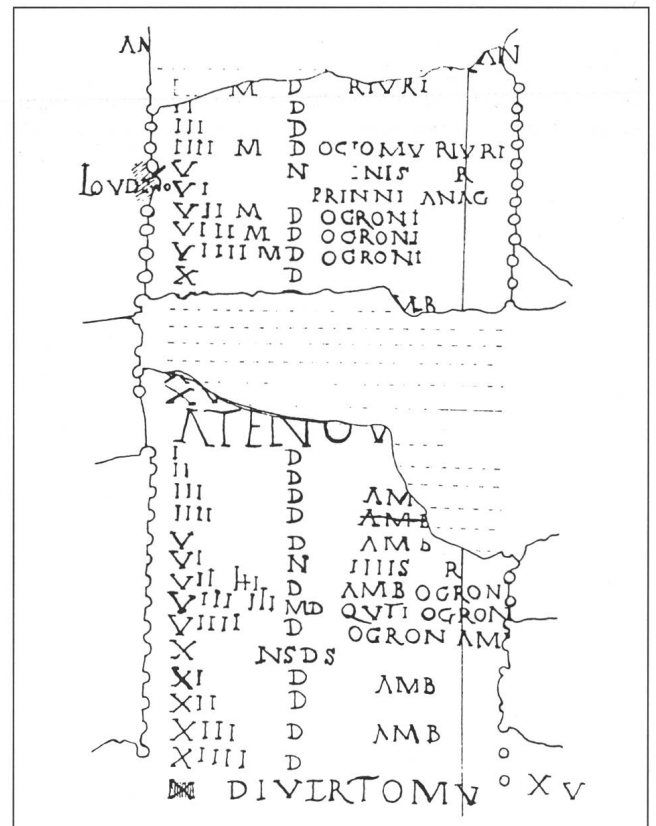


Fig.6: L41 ANAGANTIO mit den Hinweisen OCIVMV, NSDS, N INIS R, PRINNI und DIVERTOMV (vgl. Text).





eines Mondviertels. Das bedeutete aber für den Coligny-Kalender, dass mit **ATENOVS** in der Mitte jedes Monats der **Vollmond** gemeint war.

Nun war mir beim genaueren Studium des Kalenders aufgefallen, dass in den Monaten L12 CANTLOS und L24 CANTLOS zwei Markierungen vorkommen, die den Vermerk **TIOCOBREXTIO** tragen, dabei direkt bei **ATENOVS**, dem Vollmond, stehen, und genau 354 Tage, also **1 Mondjahr**, auseinanderliegen (Fig. 3). Als Arbeitshypothese vermutete ich darin den Vermerk für "Mondfinsternis", da diese stets beim Vollmond vorkommen.

Auf der Suche nach zwei aufeinanderfolgende und nur um ein Mondjahr voneinander getrennte Mondfinsternisse fand ich schliesslich in den astronomischen Angaben tatsächlich zwei in Coligny sichtbare Mondeklipsen für den **21. März 153 v.Chr.** sowie den **9. März 152 v.Chr.**

Daraus schloss ich für den Vermerk TIOCOBREXTIO auf die Bezeichnung für "Mondfinsternis".

Im Kalender mussten dann die beiden Mond-Monate L12 CANTLOS und L24 CANTLOS, in denen TIOCOBREXTIO beim Vollmond vorkommt, den Jahren 153 v.Chr. und 152 v.Chr. entsprechen, wodurch ich den Kalender mithilfe von zwei Mondfinsternissen datieren konnte.

Davon ausgehend liess sich auch der **Beginn** des Coligny-Kalenders beim 1. Schaltmonat mit dem **21. März 154 v.Chr.** bestimmen, wo die Sonne beim **Frühlings-Punkt, dem Frühlings-Aequinoktium**, stand. Und da die **Mondsichel** bereits am **17. März 154 v.Chr.** aufgetaucht war, bestand zwischen Mond- und Sonnenlauf eine Differenz von nur 4 Tagen.

Mond-Wenden: Schliesslich sei hervorgehoben, dass auch die **Mond-Extreme** (Mond-Wenden) eine besondere Rolle spielen, da zu dieser Zeit **Finsternisse** eintreten. Weil die Mondbahn gegen die scheinbare Sonnenbahn um rund 5° geneigt ist, verläuft die Mondbahn zeitweise *über*, und dann wieder *unter* der Sonnenbahn. So erreicht der Mond nach 9.3 Jahren seine Grosse Wende und nach wiederum 9.3 Jahren seine Kleine Wende.

Der Kalender beginnt zwar *nicht* mit einer Grossen Mondwende, doch befinden sich die ersten Mondwenden im Kalender rund einen Monat nach der

Mondfinsternis am 21. März 153 v.Chr.

zu Beginn des 2. Sonnenjahrs in L13 SAMON:

die Grosse Mondwende/Süd beim Marker TRINVS SAMO und **die Grosse Mondwende/Nord** 13 Tage später unmittelbar beim 2. BELTENE (fig. 3, Fig. 4).

4. Die Sprache des Coligny-Kalenders

Gallisch: Wenn ich zu Beginn meiner Entzifferung geglaubt hatte, dass das Vokabular des Kalenders aus einem reinen *Gallisch* bestand, so sah ich mich am Ende diesbezüglich eher enttäuscht. Wenn aus meiner Uebersetzung heraus auch ein recht beträchtlicher Beitrag zur gallischen Sprache resultiert, so hege ich einige Zweifel an der *Einheitlichkeit* der Sprache des Kalenders. Dies dürfte am ehesten durch eine gegenseitige Beeinflussung der keltischen Sprachen erklärt werden, was uns jedoch recht wenig bekannt ist.

Einige Vokabeln des Kalenders betrachte ich als typisch gallisch, so etwa MATIS = gut, CANTLO = Gesang oder GAMOS = Schnee. Andere Wörter sind schwierig zu klassieren, so beispielsweise SONNOCINGOS. Während CINGO = gehen ein gallischer Ausdruck sein dürfte, betrachte

ich SONNO = Sonne eher als ein keltisches Lehnwort, vielleicht aus dem Germanischen. Auf gallisch heisst Sonne = SAULO.

Was für eine Sprache stellte also letzten Endes Gallisch dar? Dieses vielleicht ursprüngliche aller keltischen Idiome öffnet uns auch im Kalender von Coligny nicht all die erhofften linguistischen Zusammenhänge.

Und zum Schluss möchte ich beifügen, dass die Entzifferung nicht zuletzt auch wegen der vielen Lücken im Kalender noch verschiedene ungelöste Probleme mit sich bringt und noch viele Fragen offen lässt.

Literatur:

DUVAL, P.M. und G. PINAULT, Recueil des Inscriptions Gauloises, (1986) Vol. III Les Calendriers. Paris.

HITZ, H.R., H. SCHILT, Archaeo-astronomische Betrachtungen.

W. KNAUS und H. JAEGER, (1987/88) zur Fundstätte Glözel in Frankreich. ORION Nr. 223, 224, und 225. Locarno.

LOHR, A. (1991) Mikro Planetarium. Schallstatt.

MOSCATI, S. et al. (1991) The Celts. Milano.

von OPPOLZER, Th. (1887) Canon der Finsternisse. Wien.

Titel des Buches:

Der gallo-lateinische Mond- und Sonnen-Kalender von Coligny – Eine neue Deutung des längsten keltischen Dokuments. Juris-Verlag (1991), CH-8953 Dietikon/Zürich.

DR. HANS-RUDOLF HITZ
Guntengarten 23, CH-4107 Ettingen.

Dance of the Planets™

Die beste Computersimulation des Sonnensystems (Sky&Telescope) können Sie ab sofort direkt in der Schweiz kaufen!
DOS-Version, 3,5" 720K Diskette.
Demoversion Fr. 10.– (wird beim Kauf der Vollversion angerechnet)



jru soft, J. Rutishauser
Euelstrasse 41
8408 Winterthur
Tel: 052/222 25 74
Fax: 052/222 24 71

Jetzt auch mit "Star 8.0" und "Observer's Companion" erhältlich!



Eine Primarschulklasse und die Sonne

Gedanken nach einer Tagesführung

J. ALEAN

Am Freitag, den 18. September besuchte eine 4. Primarschulklasse die Schul- und Volkssternwarte Bülach, um über Mittag die Sonne zu beobachten. Die Vorgeschichte und die eigentliche Führung verliefen ungewöhnlich, und veranlassen mich zu den weiter unten skizzierten Gedanken.

Seit dem Frühjahr 1991 offeriert die Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland Tagesführungen zum Thema «Sonne». Zunächst fanden diese jeweils am ersten Sonntag des Monats zweimal am späten Vormittag statt, neuerdings jeden Sonntag, dafür nur einmal ab 10h30. Den Zeitpunkt am späten Vormittag wählten wir unter anderem, weil im Sommer auch bei schönem Wetter nachmittags häufiger Bewölkung aufkommt als vormittags. Für sogenannte «geschlossene» Führungen während der Woche für angemeldete Schulklassen wurde mit Rundschreiben geworben. Wir hofften, dass der Sternwartenbesuch tagsüber attraktiv sei, da er während der Unterrichtszeit erfolgen kann. Leider war das Echo bisher enttäuschend klein. Ob eine «Sonnenwarte» schlicht nicht zur gängigen Vorstellung von Astronomie passt?

Zwei Stunden Sonnenschein

Am Abend des 17. September meldete sich schliesslich Herr Thun, seines Zeichens Primarlehrer aus Winkel, einer Bülacher Nachbargemeinde, und bewarb sich um ein Datum für sich und seine Klasse. Da der Schreibende für die folgenden beiden Wochen nicht-astronomische Kapazitätsengpässe voraussah und zudem die Wetterprognosen «ab morgen nachmittag» denkbar schlecht waren, entschloss man sich zu ungewöhnlich spontanem, um nicht zu sagen überstürztem Handeln: Morgen über Mittag, während zweier unterrichtsfreier Stunden des Autors (der ansonsten an der Kantonsschule Bülach unterrichtet) jawohl, das sei noch möglich, da Schülerinnen und Schüler mittels Telefon alarmiert werden könnten.

Tags darauf folgt für mich nach den Vormittagslektionen die wie üblich schweisstreibende Velofahrt von der «Kanti» auf unseren Hausberg. Vor der Sternwarte finde ich die junge Schar bereits versammelt, die von Winkel zu Fuss angereist ist – eine sportliche und gleichzeitig besinnliche Annäherung an das Thema «Sonne» also. Auch ein Vertreter der Schulbehörden gibt sich die Ehre.

Das Wetter kooperiert geradezu unglaublich: Eine Stunde zuvor hatte noch Morgennebel über dem Zürcher Unterland gelegen, und kurz nach der Führung werden die Zirrostratuswolken der angekündigten Front aufziehen.

Zwei Mädchen bitte ich, mir beim Einrichten zu helfen. Bei technischen Dingen berücksichtige ich aus pädagogischen Gründen normalerweise das weibliche Geschlecht. Sie öffnen per Knopfdruck das Schiebedach, während ich den Coelostaten in Betrieb nehme (vergleiche [1]).

Nach einer kurzen Ansprache vor der Haustüre zum Themenbereich «bitte nichts anfassen» schauen wir uns gemeinsam das Instrumentarium an, das von der Beobachtungsterrasse das Licht in den Schulungsraum führt. Etwas enttäuscht ist man allerseits, dass nicht mit dem riesigen

Hauptteleskop beobachtet werden soll, doch leuchtet ein, dass es der Sonne ja nicht gerade an Helligkeit mangle, und dass die Coelostatenlinse sicher auch ihren Dienst tun werde.

Fast eine Sonnenfinsternis

Anschliessend begeben wir uns in den Schulungsraum, wo das prächtige Projektionsbild im Weisslicht und darauf allerhand Sonnenflecken grosse Beachtung finden. Noch mehr Aufsehen erregt aber die Tatsache, dass man die Erdrotation sehen kann, wenn man den Nachführungsmotor abschaltet (kaum zu glauben, dass die Sonne so schnell über den Himmel geht!) und dass sich mit einem Zweifränker Sonnenfinsternisse simulieren lassen (das Geldstück wird beim Primärfokus in den Strahlengang gehalten).

Bei meinen Erklärungen bin ich mit Fakten und Zahlen zurückhaltend und versuche, die kleinen Besucher selber mitdenken zu lassen. Zum Beispiel: Die Sonnenflecken verändern sich dauernd. Was sagt uns das über die Sonne als Himmelskörper? Es kommen Vergleiche mit Wetter und Wolken, womit vielleicht wenigstens ein wenig vorstellbar wird, dass die Sonne nicht fest, sondern gasförmig ist. Dass die Flecken von links nach rechts wandern erstaunt die wenigsten – ganz einfach doch: die Sonne dreht sich! Oder wandern wir um die Sonne? Hier eröffnet sich spannender Diskussionsstoff!

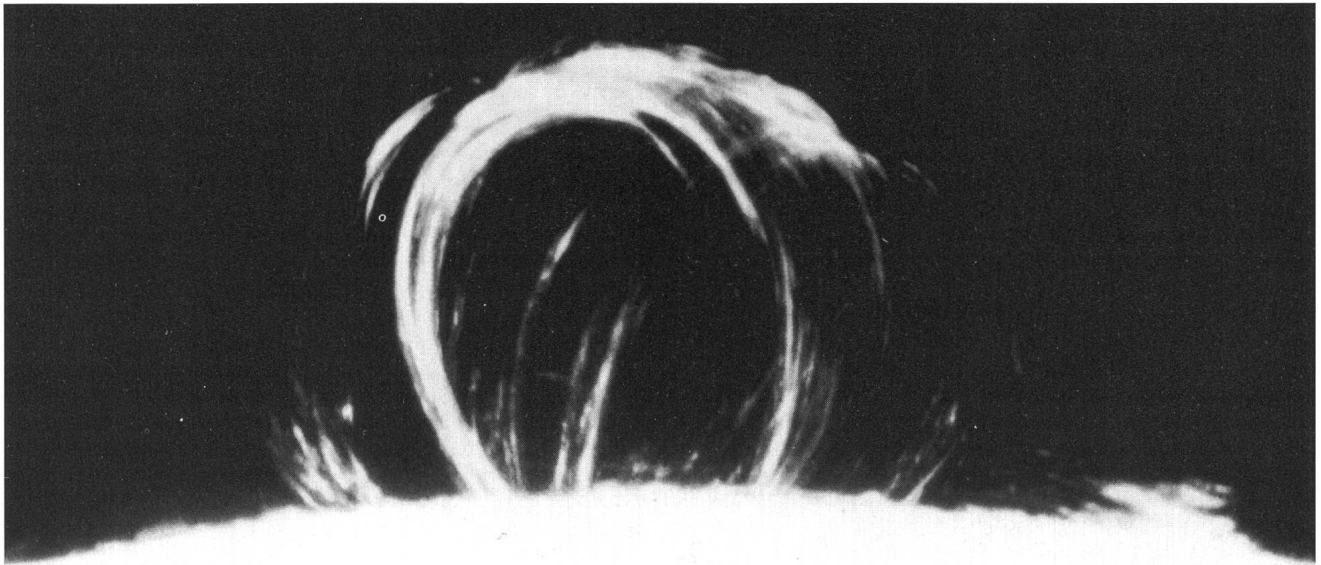
Es folgt das Beobachten im H-alpha-Licht, wozu die Besucherinnen und Besucher einzeln durch das Okular blicken müssen. Wie üblich bereitet das Finden des Sonnenbildes einige Schwierigkeiten, doch ist an der Reaktion der oder des Beobachtenden leicht zu erkennen, ob das Richtige gesehen wird. Aufsehen erregt mein ehrlich gemeinter Hinweis, man hätte mit dem heutigen Datum grosses Glück. Tatsächlich ist eine rund 150'000 km hohe und 200'000 km breite, ruhige Protuberanz zu sehen (nein, kein Ausbruch, sondern Material, das auf die Sonne herunterströmt!).

Abschliessend weckt das Spektroskop mit seinem wunderbaren Farbenspiel Reminiszenzen an früher gesehene Regenbögen. Was wäre die Astronomie ohne Farben (jawohl, auch als Astrophotograph weigere ich mich nach wie vor, irgend etwas anderes als Farbfilme anzuwenden. Wer will schon einen weissen Orionnebel auf schwarzem Fotopapier anschauen?).

Schauen, staunen und fragen

Nur eineinviertel Stunden später muss ich die Schülerschar und ihre beiden Begleiter verlassen. Nach rasanter Abfahrt zur Schule warten dort weitere Lektionen zu buchstäblich näherliegenden Themen auf mich. Das Mittagessen entfällt. Es bleiben einige intensive Eindrücke, und da sie sich von früher gemachten Erfahrungen mit älteren Schülerinnen und Schülern oder gar Erwachsenen unterscheiden, möchte ich sie kurz festhalten:

Beeindruckend war, wie genau und konzentriert die Kinder beobachteten. Nachdem ich sie zum Beschreiben des weissen Sonnenbildes aufgefordert hatte, entdeckten sie nebst den



Grosse Bogenprotuberanz vom 15. August 1989, 11h03 MESZ. Aufnahme mit dem 50cm-Teleskop der Sternwarte Bülach. Freie Teleskopöffnung 20cm, Brennweite 10 Meter. H-alpha-Filter mit 0,5 Ångström Halbwertsbreite. Originalaufnahme 1/4 Sekunde auf Kodachrome 64. Höhe der Protuberanz über dem Sonnenrand 120'000 km. Dank gutem Seeing sind Details von nur etwa 2 Bogensekunden Durchmesser sichtbar.

natürlich augenfälligen Flecken ohne weitere Hilfe die Randverdunkelung, die photosphärischen Fackeln, und gleich auch noch die Granulation!

Bei der Einzelbeobachtung (H-alpha) blickten die meisten von ihnen ruhig und gebannt durch das Okular. Viele schauten und staunten so lange, dass ich sie schonend auf die vorrückende Zeit aufmerksam machen musste. Gerade Erwachsene begnügen sich vielfach damit, das Bild zu finden, es zur Kenntnis zu nehmen und wenden sich dann ab. Erfahrene Beobachter wissen natürlich, dass man minutenlang schauen muss, bis sich einem kontrastschwache Details eröffnen, ja bis man sich nur im Gesichtsfeld einigermaßen orientiert hat. Genau das taten aber die Schüler ohne besondere Aufforderung. Was wird falsch gemacht, dass diese Geduld und Ruhe mit späteren Jahren verloren geht?

Schliesslich stellten die Kinder derart intelligente Fragen, dass man nur staunen konnte. Zum Beispiel: Woher «wissen» die Planeten, wie sie die Sonne umkreisen müssen? (also, weshalb kommen sie nicht von ihrer Bahn ab?). Oder zum Thema Spektrallinien: Woher wissen die Astronomen denn, dass diese Linien wirklich zu den (von mir genannten) Elementen gehören? Hatte die Sonne diese Stoffe von Anfang an, oder macht sie diese? Schliesslich war man nach dem vielen Geschauten und Gehörten erstaunt, dass diese Vorführung gratis ist, und erkundigte sich, wie denn das möglich sei!

Faszination der Zahlen

Einige Wochen später erhielt ich von einigen Schülerinnen und Schülern Berichte über den «Sonnenwarten»-Besuch. Hier ist natürlich interessant zu sehen, was bleibenden Eindruck hinterlassen hat. Christian stellt fest «Die Sternwarte Bülach hat ein sieben Tonnen schweres Dach». Auch Fränzi war beeindruckt, dass sie als Assistentin wirken konnte: «Nicola und ich durften mit Herrn Alean in das Haus und mussten ein siebeneinhalb Tonnen schweres Dach nach hinten schieben. Alle durften auf die Terrasse. Dort hat es ein zwei

Tonnen schweres Fernrohr». Daniel findet das grosse Fernrohr schlicht «toll». Roger erklärt den Coelostaten: «Einige Spiegel brachten das Licht auf das Vergrösserungsgerät, welches die Sonne auf eine Wand projizierte. Die Sonnenflecken haben mir Eindruck gemacht und dass die Sonne weiss ist (statt gelb, Anmerkung). Man darf nie die Sonne mit einem Fernrohr anschauen. Nun durfte ich mit einem Filter die Sonne anschauen, das war super! Man sah eine Protuberanz. Das ist ein Einbruch auf die Sonne (also keine Eruption, Anmerkung)». Dazu auch Christian: «Bei Sonnenprotuberanzen werden Gasmassen von der Sonne weggeschleudert und anschliessend wieder angezogen. Durch das Teleskop sieht die Sonne viel eindrücklicher und schöner aus, als von blosserem Auge betrachtet».

Eine Sonnenführung ermöglicht offenbar einen emotionalen Zugang zum Tagesgestirn. Es gibt schöne Phänomene zu sehen, es ist spektakulär, gefährlich, wenn man es falsch macht. Die Sinne sind durch Fremdartiges stimuliert, sind weit offen, stehen «auf Empfang». Man kann mit dem Sonnenlicht experimentieren, man kann als Gruppe beobachten und arbeiten, was bei den Abendführungen weniger gut möglich ist. Ist man durch die neuen Eindrücke verunsichert, bietet Näherliegendes Halt: die greifbaren Instrumente, das fahrbare Dach, der Demonstrator, der zu erkennen gibt, dass auch ihm die Beobachtung Freude macht. Sonnenführungen sind also auch für aufgeweckte Primarschüler ein Erlebnis. Es bleibt zu hoffen, dass in Zukunft mehr von ihnen von der neuen Möglichkeit Gebrauch machen werden.

Literatur:

[1] Alean J., *Coelostat und Zusatzgeräte der Sternwarte Bülach*, ORION 242, S. 30-32

Adresse des Verfassers:
DR. JÜRGEN ALEAN
Rheinstrasse 6, 8193 Eglisau



Comètes et variables

J. G. BOSCH

Comètes périodiques

Comète P/ Schaumasse (1992x)

La magnitude de la comète caractérisée par une forte dépendance de la distance au soleil s'est maintenue aux environs de magnitude 10 en janvier. En février à l'approche du périhélie qui c'est produit le 4 mars à $q = 1.2$ UA, la comète a brillé à magnitude 8.5 mais semble rapidement avoir perdu de son éclat après le passage au périhélie, magnitude 9-9.5 dès la mi-mars. La comète a gardé son aspect très diffus (DC 1-2) et donc peu contrasté sur le fond du ciel, une légère condensation centrale est perceptible durant cette époque. Aucune trace de queue n'a été signalée à cette date, elle n'a d'ailleurs été observée qu'en 1952, ou la comète eut un sursaut qui la porta à magnitude 4.9, la longueur de la queue atteignit 1° .

Comète P/Tempel 1 (1993c)

Redécouverte par J.V. Scotti à l'aide du Spacewatch télescope de 0.9m. à Kitt Peak. La magnitude lors de la découverte était de $m_2 = 21$. L'objet est essentiellement d'apparence stellaire.

Découverte le 3 avril 1867 par William Tempel (France), alors qu'il était très justement à la recherche de comètes. Il découvrit l'objet de magnitude 9 se déplaçant lentement dans la Balance. Il décrit la comète comme faible et diffuse avec une coma de 4 à 5'. Le périhélie survint le 6 mai, la comète était alors à 0.56 UA de la Terre, la magnitude était proche de 8.5.

L'objet fut identifié comme une comète à courte période, en effet la rotation autour du soleil s'effectuait lors de son retour en 1873, en 5.7 ans.

Lors d'une approche de Jupiter à 0.55 UA en 1881, la période de la comète augmenta passant de 5.7 à 6.5 ans. La distance au périhélie s'accrut également et fut portée à 2.1 UA, faisant de la comète un très faible objet même comme lors des retours favorables, une des conséquences fut que l'on ne la retrouva pas en 1898 et 1905.

B.G. Marsden en 1963 s'intéressa à la comète perdue, mit en évidence, que lors de deux approches à Jupiter, en 1941 à 0.41 UA et en 1953 à 0.77 UA, la période et la distance au périhélie avaient décliné et devenaient plus petites que lors de la découverte de la comète. Des éphémérides furent établies pour les retours de 1967 et 1972. Plusieurs photos furent prises durant 1967 mais la comète ne fut pas retrouvée. A fin 1968, E. Roemer identifia une image de la comète sur une plaque exposée en août 1967, la magnitude était de 18 et la position très proche des prédictions; depuis, la comète a toujours été retrouvée.

En 1972, le passage fut très favorable et porta la comète à magnitude 11, de faibles traces de queue mesurant 2' furent également aperçues

Actuellement, la distance au soleil lors du périhélie est de $q = 1.50$ et la période de 5.5 ans.

Kometen und Veränderliche

Periodische Kometen

Komet P/Schaumasse (1992x)

Die Helligkeit des Kometen, die stark von der Distanz zur Sonne abhängt, ist im Januar bei ungefähr 10 geblieben. Im Februar, bei der Annäherung ans Perihel, welches am 4. März bei $q = 1.2$ AE stattfand, war der Komet 8.5m hell, schien aber nach dem Periheldurchgang rasch an Glanz verloren zu haben; Mitte März war die Helligkeit 9-9.5. Der Komet hat seinen sehr diffusen Anblick (DC 1-2) beibehalten, hat also wenig Kontrast zum Himmelshintergrund; eine schwache zentrale Kondensation war während dieser Zeit zu beobachten. Keine Spur eines Schweifes war zu dieser Zeit gemeldet worden; ein solcher wurde übrigens nur 1952 beobachtet als der Komet einen Ausbruch hatte, der die Helligkeit auf 4.9 ansteigen liess. Die Länge des Schweifes erreichte 1° .

Komet P/Tempel (1993c)

Wiederentdeckt durch J.V. Scotti mittels des Spacewatch-Teleskopes von 0.9m von Kitt Peak. Bei der Entdeckung war die Helligkeit $m_2=21$. Das Objekt hat einen hauptsächlich sternförmigen Anblick.

Entdeckt wurde der Komet am 3. April 1867 durch William Tempel (Frankreich) als er nach Kometen suchte. Er entdeckte das Objekt mit Helligkeit 9 als es sich langsam durch die Waage bewegte. Er beschrieb den Kometen als schwach und diffus, mit einer Koma von 4 bis 5'. Das Perigäum fand am 6. Mai statt, als der Komet 0.56 AE von der Erde entfernt war; die Helligkeit war nahe von 8.5.

Das Objekt wurde als ein Komet von kurzer Periode identifiziert; bei seiner Rückkehr im Jahre 1873 fand der Umlauf um die Sonne in 5.7 Jahren statt.

Während einer Annäherung von 0.55 AE an Jupiter im Jahre 1881 stieg die Periode von 5.7 auf 6.5 Jahre. Die Periheldistanz stieg ebenfalls und erreichte 2.1 AE und machte aus dem Kometen ein sehr schwaches Objekt, selbst bei günstigen Rückkehren. Die Konsequenz war, dass man ihn in den Jahren 1898 und 1905 nicht fand.

Im Jahre 1963 interessierte sich B.G. Marsden für den verlorenen Kometen und hob hervor, dass während zwei Annäherungen an Jupiter, 0.41 AE im Jahre 1941 und 0.77 AE in 1953, die Periode und die Periheldistanz abgenommen haben und kleiner geworden sind als bei der Entdeckung. Ephemeriden für die Rückkehr des Kometen im Jahre 1967 und 1972 wurden aufgestellt. Mehrere fotografische Aufnahmen wurden 1967 gemacht, aber der Komet wurde nicht wiedergefunden. Ende 1968 identifizierte E. Roemer den Kometen auf einer Aufnahme vom August 1967; die Helligkeit war 18 und die Position nahe der Voraussage. Seither wurde der Komet jedesmal wiedergefunden. 1972 war der Durchgang mit Helligkeit 11 sehr günstig; schwache Spuren eines Schweifes von 2' Länge wurden ebenfalls beobachtet.

Gegenwärtig ist die Periheldistanz $q=1.50$ und die Periode 5.5 Jahre.



Comète Mueller (1993a)

La magnitude en janvier est restée aux alentours de 13.5-14, une queue en forme d'éventail de 5' a été signalée par H. Mikuz au foyer d'un instrument de 20 cm + CCD + filtres.

Rappelons que cette comète pourrait atteindre magnitude 7 aux alentours du périhélie qui aura lieu en janvier 1994.

Comète Swift-Tuttle (1992t)

Très australe, -47° en mars, la magnitude de la comète a évolué en février de 9 à 9.5. La magnitude devrait tomber en avril à 11.5.

Etoiles variables

SW Ursae Majoris

Cette éruptive bien rare, un modèle du genre, était en éruption à partir du 16 février, sa dernière apparition date de mars 1992.

L'éclat est très spectaculaire, magnitude 16 au repos, et montée aux environs de magnitude 9 lors de l'éruption. Les maximums sont relativement longs (10 à 15 jours) et très espacés, la périodicité étant de 459 à 500 jours.

L'étoile est une nova naine; un tel astre est composé d'au moins deux éléments. C'est une étoile double serrée dont les deux composantes sont à la limite de Roche et proche de l'effondrement. Une naine blanche gravite autour d'une géante plus froide. Des échanges de matière se produisent provoquant un jet qui entraîne des tourmentes très fortes avec apparition d'un point chaud très lumineux et capable de multiplier l'éclat du système par 2000.

Quand son éclat est au maximum, SW est aisément visible aux jumelles, dans un champ entre des étoiles de sixième magnitude et proche d'un alignement de trois étoiles. Les coordonnées sont: RA 08h 36m 46s DE $+56^\circ 29'$.

Une carte de la région de SW UMA et de U GEM à été publiée par M. Kohl, dans la circulaire Orion 308.

date: février	magnitude
16.1	13.5
16.8	10.7
17.1	10.9
17.8	11.2

U Geminorum

U Gem, le prototype des novae naines, était en sursaut en mars. Le dernier sursaut de cette étoile date du 30 août 1992 atteignant magnitude 9.3, elle est restée plus brillante que magnitude 11 pendant 12 jours.

Elle est la première variable de ce type découverte en 1855. L'état habituel de l'étoile est son minimum à magnitude 15, mais les éruptions l'amènent à magnitude 9.

L'intervalle entre 2 maximums peut varier beaucoup, de 60 à plus de 200 jours.

L'étoile présente en alternance des maximums longs, c'est à dire que l'étoile reste plusieurs jours au voisinage du maximum d'éclat, ce qui leur donne une forme arrondie, et des maximums courts, dont le déclin commence sitôt après le maximum ce qui confère à ceux-ci une forme pointue.

Komet Mueller(1993a)

Im Januar ist die Helligkeit um 13.5-14 geblieben; ein fächerförmiger Schweif von 5' wurde von H. Mikurz im Brennpunkt eines Instruments von 20 cm + CC + Filter gemeldet. Beigefügt sei, dass dieser Komet während seines Perihels im Januar 1994 die Helligkeit 7 erreichen könnte.

Komet Swift-Tuttle (1992t)

Sehr südlich, -47° im März, sank die Helligkeit des Kometen von 9 auf 9.5; sie sollte im April auf 11.5 fallen.

Veränderliche Sterne

SW Ursa Majoris

Diese seltene Zwergnova, ein Muster ihrer Art, brach am 16. Februar aus; der letzte Ausbruch datiert vom März 1992. Der Ausbruch ist sehr spektakulär: Helligkeit 16 im Ruhezustand und Steigerung auf 9 während des Ausbruchs. Die Maxima sind relativ lang (10-15 Tage) und haben grosse Abstände; die Periode beträgt 459 bis 500 Tage. Der Stern ist eine Zwergnova, ein enger Doppelstern, wobei die beiden Komponenten die Roche-Limite erreicht haben und nahe dem Zusammenbruch stehen. Ein weisser Zwerg kreist um einen kälteren Riesenstern. Ein Austausch von Materie entsteht, wobei sich ein Lichtstrahl entwickelt. Am Ort wo die Materie den Zwerg erreicht, bildet sich ein sehr heisser Punkt, welcher die Gesamthelligkeit des Systems um das 2000-fache verstärkt.

Wenn die Helligkeit von SW das Maximum erreicht, ist der Stern gut im Feldstecher sichtbar, in einem Feld zwischen Sternen der 6. Grösse und nahe bei einer Gruppe von drei Sternen in Linie. Eine Karte der Region um SW UMA und auch um U GEM wurde durch M. Kohl im Orion-Zirkular 308 veröffentlicht.

Februar-Daten	Helligkeit
16.1	13.5
16.8	10.7
17.1	10.9
17.8	11.2

U Geminorum

U Gem, der Prototyp einer Zwergnova, hatte im März einen Ausbruch. Der letzte dieses Sterns datiert vom 30. August 1992 und erreichte die Helligkeit 9.3; diese blieb während 12 Tagen heller als 11m.

U Gem, der erste Veränderliche dieser Art, ist im Jahre 1855 entdeckt worden. Im Ruhezustand hat der Stern die Helligkeit 15, aber die Ausbrüche bringen in rasch auf 9m. Der Abstand zwischen zwei Maxima variiert stark, von 60 bis mehr als 200 Tagen.

Der Stern zeigt abwechselungsweise lange Maxima, wobei er während mehrerer Tage nahe beim Maximum bleibt, was diesem eine runde Form gibt, und kurze Maxima wo der Abstieg sofort nach dem Höhepunkt beginnt. Diese Maxima haben eine spitze Form.



date: mars	magnitude	März-Daten	Helligkeit
12.1	14.6	12.1	14.6
16.8	14.4	16.8	14.4
18.8	13.3	18.8	13.3
19.2	12.9	19.2	12.9
19.3	11.2	19.3	11.2
19.5	11.1	19.5	11.1
19.7	9.0	19.7	9.0
19.8	9.5	19.8	9.5

Références:

Les étoiles variables M. Petit
Pulsar octobre 1990 SW UMA M. Verdenet
Comets G. Kronk
Circulaires UAI

JG. BOSCH
80, Bd Carl-Vogt, Genève

(Uebersetzung: W. MAEDER)

An- und Verkauf / Achat et vente

Zu verkaufen

LICHTENKNECKER Multi Purpose Telescope MPT200 in den Versionen Schmidt Cassegrain 12,8/2560, Flatfield 4/760 und Flatfield 30/6000. Div Zubehör. Neuwertig, z.T. ungebraucht Preis SFr.7500.- (NP 10200.-). Nur Gesamt- abnahme. H.Künzli, Im Späten 25, 8906 Bonstetten, Tel. 01/701 16 72

Gesucht

Refraktor 80-100 mm/ max 700 mm. Für 32 mm Okulare Hans Müller, Dietlikerstr.68, 8302 Kloten Tel. 01/813 01 97

Zu verkaufen

VIXEN Refraktor 102L F15 Auf SPDX – Montierung mit Motoren in beiden Achsen, inkl. 1 Okular (Plössl) 17 mm. Zusätzlich einiges Zubehör. NP Fr.4600.- VB Fr.3000.-. Nur Optik mit Tubus. VB Fr. 750.-. T. Pederlunger, Fabrikstr 41, 3286 Muntelier. Tel 037/71 43 25

Zu verkaufen

CELESTRON C8 Powerstar mit Zent.Spiegel, 1 1/4" Polsucherfernrohr 8x50. Okulare 30mm eudi. Baader 7mm, Ortho Cel. Dekl.Motor. Holzkoffer sehr stabil. VP Fr.2250.- Tel. 034/45 40 58 abends

Zu verkaufen

PROTUBERANZEN-FILTER, Model T-Scanner, 0,9Å. Durchlass mit 2" Gew. 31,8 Steckhülse. Deckel-Fassung 180 mm mit ERF – Lumikon Wärmeschutz-Vorfilter 75 mm. Sehr guter Zustand. NP Fr.2290.- VP Fr.800.- Tel. 055/95 22 51

Zu verkaufen

SPIEGELSCHLEIFMASCHINE für Spiegel bis zu 30 cm Durchm. Mit Elektromotor 220 Volt. Preis Fr. 400.-. A. Margraf, Goldermattenstr 37, 6312 Steinhausen, Tel. 042/41 27 71

Zu verkaufen

VIXEN Reflektor New Polaris (Spiegel 114mm, Brennweite 900mm) Polarisierung, Alustativ, Okulare 12,5 & 8mm und Sucherfernrohr 6x30. Zubehör: div.Okulare, Barlowlinse,

4 Filter, Polarsucherfernrohr und diverses photographisches Zubehör. Alles in bestem Zustand. NP: Fr.2'600.- VP: Fr.1'600.- Tel. 057/24 30 80 (ab 18.00)

Zu verkaufen

4m Observa-Dome-Kuppel mit Unterbau SFr. 30'000.-
Newton 450/1600mm mit Korrektor SFr. 15'000.-
Newton 300/1800mm mit Rohrschellen SFr. 2'800.-
Montg. mit 160mm-Achsen und beidachs. Steuerung (750kg) SFr. 13'000.-
Lichtenknecker FH 200/4200mm-Refraktor mit viel Zubeh. SFr. 11'000.-
Vixen 102/1500mm Refraktoren SFr. 1'100.-
Lichtenknecker AK 125/1300mm Refraktor mit Baader-**Protuberanzenansatz** und sehr viel Zubehör SFr. 4'300.-
Astrophysics 150/1800mm Vollapochromat SFr. 5'500.-
Celestron 8 Schmidt-Kamera mit Leitrohr SFr 4'000.-
Baader Binokular SFr. 600.-
Celestron Tiefkühlkamera SFr. 800.-
Komplete **Vixen LV-Okularreihe** SFr. 2'000.-
Celestron 14 Tubus mit sehr viel Zubehör SFr. 9'500.-
Andreas Philipp, Heerweg 15. D-W-7201 Hausen ob Verena Deutschl. Tel. 0049 7424 502514 – Fax 502513

Zu verkaufen

CELESTRON C5 Schmidt-Cassegrain Telescope (Occasion) 5" Spiegel 1250 mm Nur Fr. 890.-.
NEWTON Cassegrain Telescope (Doppelfernrohr) mit solider Montierung. RA + Decl. Motor. 25 cm Spiegel. "Sekundärspiegel für Umrüstung in ein Cassegrain Telescope. Preis weit unter Listenpreis. Auskunft Tel. 031/711 07 30 (Christener)

Zu verkaufen

NEWTON TELESKOP, Eigenbau, Spiegel 200mm Brennweite 1270mm, Kunststoffrohr. 1 Okular SPF 20mm und 1 Okular 12.4mm, beide Super Plössl, multicoated, 52 Grad, 5 linsig. 1 sucher Fernrohr 8x50. 31,8mm 90 Grad Prisma. 1 Doppelring zu 8x50 Sucher zu Schmidt-Cassegrain. Stabile Holz-Montierung. Preis Fr. 1000.-. Auskunft Tel. 061/311 78 84

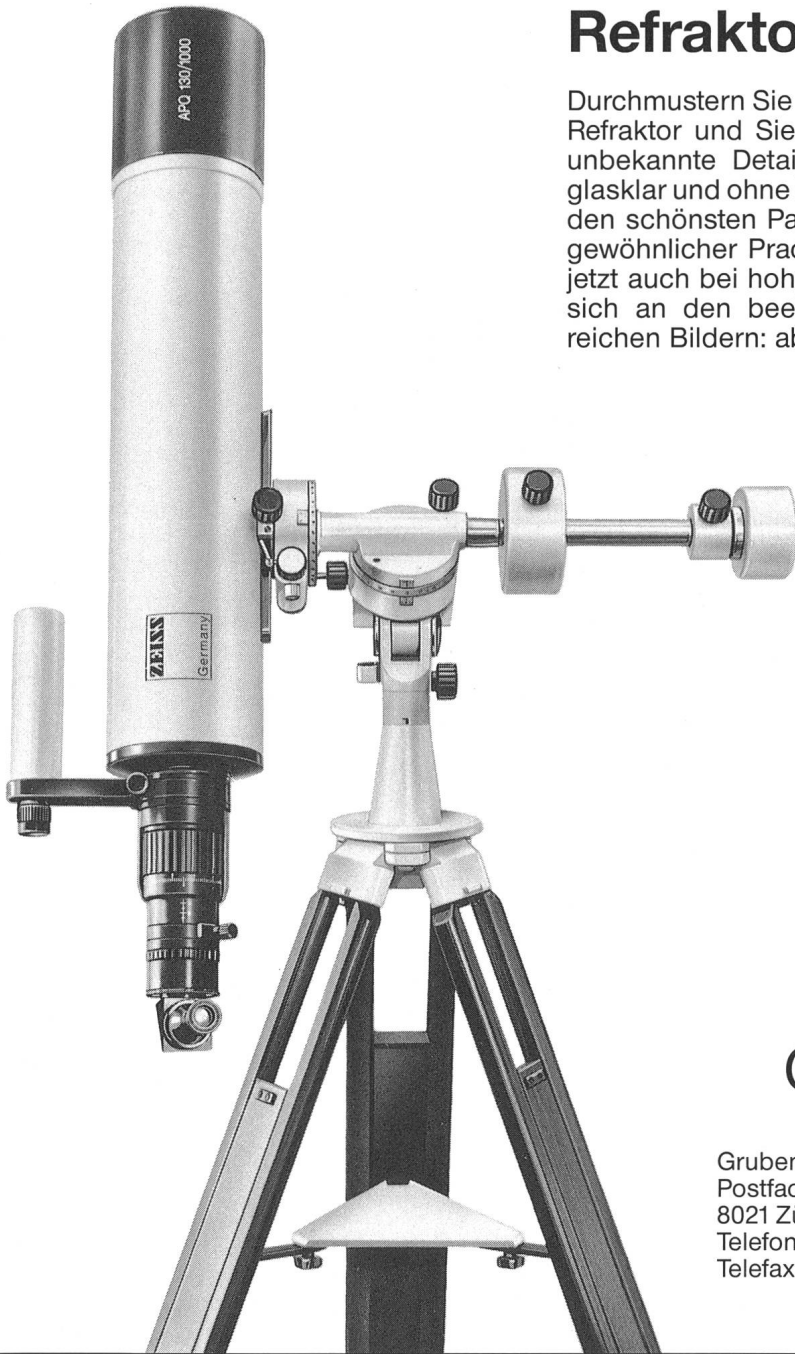
Aussergewöhnliche Beobachtungserfolge

APQ heissen unsere Fluorid-Objektive mit höchster apochromatischer Qualität.

Für Beobachtungserlebnisse von unbeschreiblicher Schönheit.

Refraktor APQ 130/1000

Durchmustern Sie den Himmel mit dem neuen APQ-Refraktor und Sie entdecken eine neue Welt: eine unbekannte Detailfülle auf dem Mond, die Venus glasklar und ohne Farbsaum, Jupiters Atmosphäre in den schönsten Pastelltönen, den Orionnebel in ungewöhnlicher Pracht. Feinste lichtschwache Details jetzt auch bei hohen Vergrößerungen. Erfreuen Sie sich an den beeindruckend hellen und kontrastreichen Bildern: absolut farbrein und brillant.



Carl Zeiss AG

Grubenstrasse 54
Postfach
8021 Zürich
Telefon 01 465 91 91
Telefax 01 465 93 14

Av. Juste-Olivier 25
1006 Lausanne
Telefon 021 20 62 84
Telefax 021 20 63 14



Merkur-Periheldrehung (Nachtrag)

RENY O. MONTANDON

Im ORION Nr. 254 vom Februar 1993 stand am Ende des gleich betitelten Artikels folgende Anmerkung:

"Zum Abschluss bleibt aber doch eine offene Frage:

Seit 1984 gibt die C.d.T. die Ephemeriden von Sonne, Mond und Planeten nach den genauesten Theorien, die im Rechen- und Himmelsmechanik-Dienst des Bureau des Longitudes, Paris entwickelt wurden.

Für Merkur z.B. sind die Bahnelemente nach der Theorie V.S.O.P.82("Variations Séculaires des Orbites Planétaires") von Pierre Bretagnon und nicht mehr nach S. Newcomb, angegeben.

Wenn man, wie im ersten Teil unseres Artikels, mit diesen Elementen rechnet – dafür wurde die C.d.T. 1990 benutzt – ergibt sich

$$\Delta\tilde{\omega} = 5637,5 \text{ ''/100a bzw. } \Delta\tilde{\omega} = 607,2 \text{ ''/100a.}$$

Warum diese Abweichung zu den ersten ausgerechneten Werten besteht, kann ich nicht erklären.

Vielleicht hat ein anderer Leser diese Sachlage bereits untersucht und könnte eine Erklärung oder Begründung geben."

Fast unmittelbar nach Erscheinung dieser ORION-Nummer meldete sich Herr Martin Federspiel vom Astronomischen Institut der Universität Basel am 4.2.93.

Im Zusammenhang mit der erwähnten "Abweichung" hatte er erfreulicherweise bereits Untersuchungen angestellt und angekündigt, in dieser Grössenordnung sollte keine Abweichung auftreten.

Nach einigen Briefwechseln ist es Herrn Federspiel bereits am 5.3.93 gelungen, den unterlaufenen Fehler aufzudecken.

Bei der Berechnung der Polynome wurde das für die Computerauswertung vorteilhafte Horner-Schema eingesetzt.

Nun, bei negativen Vorzeichen der Koeffizienten sollen diese unmittelbar mit ihren Vorzeichen eingesetzt werden, sonst können die weiteren Glieder mit den falschen Zeichen belegt werden.

Genau das ist vorgekommen und verursachte das falsche Ergebnis.

Vollständigkeitshalber sei hier das Horner-Schema vorgestellt.

Bei der Berechnung von Polynomen wie z.B.

$$P_1 = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4 + Fx^5$$

wobei A, B, C, D, E und F, die Koeffizienten sind und x die Variable, formt man insbesondere bei Computerauswertungen mit Vorteil wie folgt um:

$$P_1 = A + x (B + x (C + x (D + x (E + x F))))$$

Damit sind jetzt anstatt Potenzen nur noch Multiplikationen und Additionen durchzuführen. Bei Vorkommen von negativen Vorzeichen, wie z.B.

$$P_2 = A + Bx - Cx^2 + Dx^3 - Ex^4 - Fx^5$$

sei die Umformung (man ist geneigt zu sagen selbstverständlich) wie folgt vorzunehmen

$$P_2 = A + x (B + x (-C + x (D + x (-E - xF))))$$

oder anders geschrieben

$$P_2 = ((((-Fx - E)x + D)x - C)x + B)x + A$$

Nachdem nun die Korrektur der Berechnung, wie oben geschildert, vorgenommen wurde, bekommt man für die tatsächliche Periheldrehung nach der Theorie VSOP 82

$$\begin{aligned} \text{im Zeitraum 1900 bis 2000: } \Delta\tilde{\omega} &= 5602'',3 \\ \text{und} \\ \text{im Zeitraum 2000 bis 2100: } \Delta\tilde{\omega} &= 5604'',4 \end{aligned}$$

also praktisch denselben Wert, und ausserdem in guter Übereinstimmung mit dem Wert nach S. Newcomb, im Zeitraum 1900 bis 2000: $\Delta\tilde{\omega} = 5600'',8$, wenn man noch den Unterschied zwischen alter und neuer Präzessionskonstante berücksichtigt (Newcomb: $p = 5025,64''/100a$, neu: $p = 5029,0966''/100a$).

Die entsprechenden Werte auf dasselbe Äquinoktium bezogen sind nun

$$\begin{aligned} \text{im Zeitraum 1900 bis 2000: } \Delta\tilde{\omega} &= 571'',96 \\ \text{und} \\ \text{im Zeitraum 2000 bis 2100: } \Delta\tilde{\omega} &= 571'',86 \end{aligned}$$

Damit ist dieser Punkt soweit abgeklärt.

Bei dieser Gelegenheit möchte der Verfasser Herrn Martin Federspiel für seine Bemühungen den besten Dank aussprechen.

Auch möchte ich speziell Herrn Hans Roth, Schönenwerd, für seine Mühe danken, sowohl den Hauptartikel, wie diesen Nachtrag zu durchlesen.

RENY O. MONTANDON
Brummelstrasse 4, 5033 Buchs/AG

Supernova 1993 J dans M81

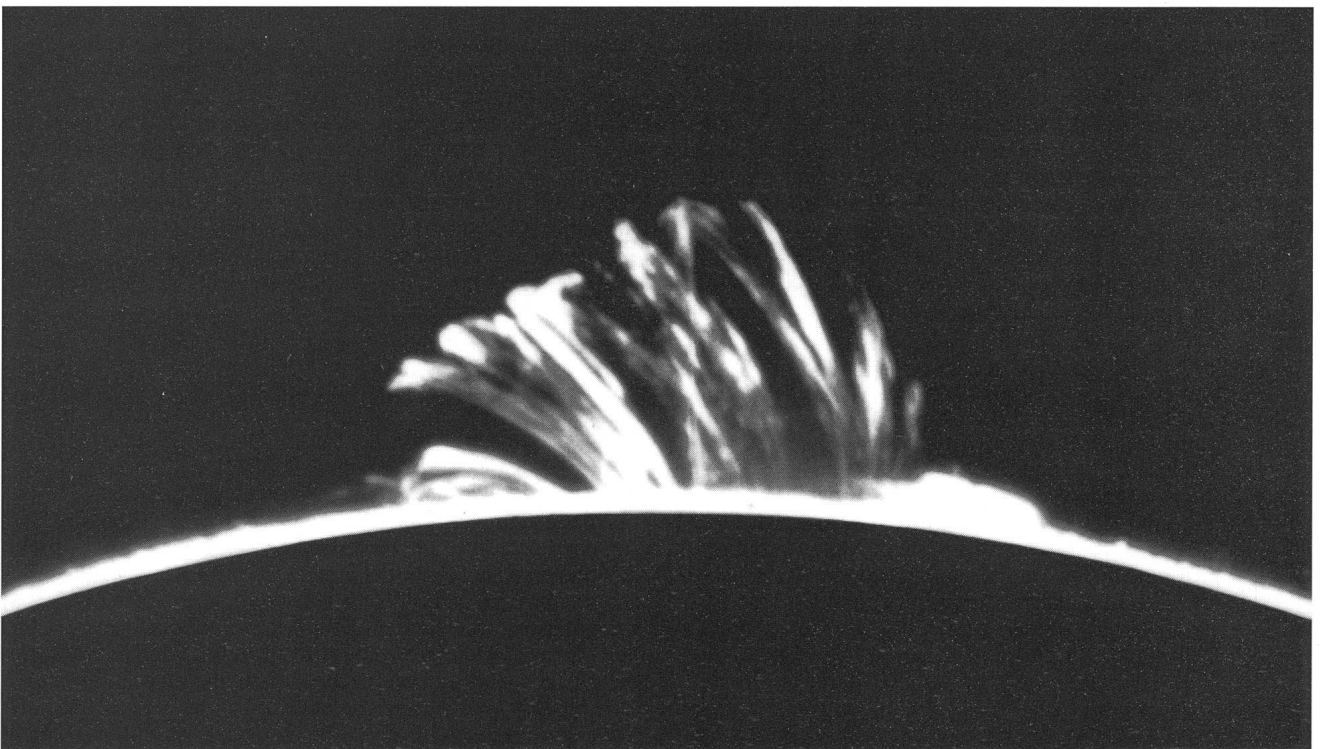
La flèche indique cette très brillante supernova de magnitude 10,5. Même un petit télescope permet de distinguer facilement cette nouvelle étoile, dont l'explosion remonte à 11 millions d'années. La ligne (à peine perceptible sur l'original) est la trace d'un satellite artificiel. Photo réalisée le 21.4.1993 avec le télescope de 35 cm de l'OMG en 40 minutes de pose par ciel brumeux (cirrus).

Photo: A. Behrend

Protubérances ayant suivi le violent flare du 15 juin 1991

C14 + rejection filter 116 mm; - H-alpha 0.6Å; - F/D = 34; - 2415; 1/50 sec.

Photo: J. Dragesco





Die Jurasternwarte¹

H. Jost-Hediger

Gründung

Die Jurasternwarte Grenchen wurde im Jahre 1976 aufgrund der Initiative der Herren E. Wolf und G. Klaus erbaut. Namhafte Spenden von Kanton und Stadt, Industrie und Gewerbe ermöglichten den Bau und erlaubten eine beachtliche Instrumentierung, welche im Laufe der Zeit dauernd erweitert und modernisiert wurde. Den Baugrund stellte die Bürgergemeinde gratis zur Verfügung und die Stadt Grenchen sichert mit ihrem jährlichen Beitrag den Betrieb. Die vielen Gönner aus der ganzen Schweiz geben das finanzielle Rückgrat für Unterhalt und Ausbau des Instrumentariums.

Rechtsträger ist eine Stiftung. Sie bezweckt: Bau und Betrieb einer Sternwarte; Förderung und Verbreitung astronomischen Wissens in der Öffentlichkeit; Durchführung von Kursen.

Öffentlichkeitsarbeit

Vom Beginn an war die Öffentlichkeitsarbeit ein besonderes Anliegen der Stiftung Jurasternwarte. So wurde in den ersten 10 Jahren nach der Gründung der Jurasternwarte weitgehend alle Führungen durch die Herren Klaus und Wolf bestritten.

Von 1976-1992 wurden in der Jurasternwarte ca. 500 Führungen mit ca. 15000 Besuchern durchgeführt. Weiter führten wir ca. 10 Kurse mit total rund 150 Kursteilnehmern durch. Besonders freut es uns, dass die Jugendwochenenden der SAG nun schon seit einigen Jahren zur Tradition gehören.

Es verwundert eigentlich nicht, dass die grosse Zahl der Führungen schliesslich für die 2 Gründer zu viel wurde. Abhilfe fand aber schliesslich Erich Wolf: er notierte bei allen Führungen Personen, die "dumme Fragen" stellten und lud uns dann alle zu einer unverbindlichen Versammlung ein. Daraus entstand 1986 innerhalb von ca. 3 Monaten die

Astro-Gruppe der Jurasternwarte

Als recht kleine Sektion der SAG (16 Mitglieder) besteht unser Hauptzweck vor allem darin, für die Stiftung Jurasternwarte den Weiterausbau und Betrieb der Sternwarte sicherzustellen sowie die Führungen durchzuführen. Gleichzeitig befassen wir uns natürlich ernsthaft mit Astronomie, wobei die klassische Astrophotographie sowie neuerdings die CCD-Astronomie einen grossen Raum einnehmen.

Sonnenbeobachtung

Von allem Anfang an räumten wir bei den Führungen der Sonne den ihr gebührenden grossen Raum ein, ist sie doch unser eigentlicher Lebensspender. Für Demonstrationen steht uns ein Coelostat, der das Sonnenlicht in das verdunkelte Sonnenlabor wirft, zur Verfügung. Mit Hilfe des dort montierten Refraktors von 225 cm Brennweite wird das 1m grosse Projektionsbild der Sonne mit den Sonnenflecken erzeugt. Es hat noch jeden Besucher beeindruckt. Auch das Sonnenspektrum mit den Fraunhoferlinien kann mit einem Gitterspektrographen demonstriert werden und mit Hilfe des Day-Star-Filters lassen sich die Protuberanzen zeigen.

Nachthimmelbeobachtung

Auch bei uns in der Jurasternwarte bedienen wir uns zuerst des wichtigsten und hochkomplexen Instrumentes, das jeder Besucher selber mitbringt: des Auges. Damit können ohne weitere Hilfsmittel so interessante Dinge wie die Sternbilder sowie die Bewegungen der Planeten wie schon seit tausenden von Jahren auch heute noch eindrücklich beobachtet werden. Für weiterführende Beobachtungen stehen dann verschiedene Feldstecher zur Verfügung, mit denen sich schon wesentlich mehr beobachten lässt, als man gemeinhin meint, lassen sich doch nebst offenen Sternhaufen und Nebeln selbst Kugelsternhaufen recht schön zeigen. Deep-Sky-Beobachtungen schliesslich wurden während der ersten 10 Jahre mit einem Newton-Teleskop von 160cm Brennweite und 30cm Öffnung durchgeführt. Die alterschwache Verspiegelung führte dann nach längeren Diskussionen 1986 zum Totalersatz dieses Teleskops durch ein Cassegrain-Teleskop von 5m Brennweite und 50cm Öffnung. Dieses Instrument wurde, um bei Führungen rascher arbeiten zu können, mit einer computergesteuerten Nachführhilfe versehen. Die Beobachtung des Mondes, von Planeten, Galaxien und anderen deep-sky Objekten befriedigt selbst verwöhnte Amateurastronomen.

Photographische Beobachtungen

Photographische Beobachtungen nehmen in der Jurasternwarte seit der Gründung einen grossen Raum ein. Vor allem das Gründungsmitglied Gerhart Klaus ist durch seine hervorragenden Aufnahmen nicht nur in Grenchen bekannt. Unser wichtigstes Instrument ist die Schmidt-Kamera von Dr. Vehrenberg, mit welcher der Grossteil der Aufnahmen im "Atlas der schönsten Himmelsobjekte" gewonnen wurden. Diese Kamera hat eine Brennweite von 1m, eine Öffnung von 30 cm und einen Kugelspiegel von 40cm Durchmesser. Sie liefert hervorragende Aufnahmen. Als weitere Aufnahmeoptik verwenden wir eine Lichtenknecker Flatfield-Kamera von 50cm Brennweite und einem Öffnungsverhältnis von 1/3,5. Auch der Cassegrain kann für Planetenaufnahmen sehr gut verwendet werden. Für Aufnahmen mit der LYNX2-CCD-Kamera verwenden wir je nach Objekt alle Instrumente, angefangen vom Sucher mit 30cm Brennweite bis zum Cassegrain in Okularprojektion mit 20m Brennweite.

Einsatz von Personal-Computern

Vor 3 Jahren begann auch in der Jurasternwarte das Computerzeitalter. Standen wir alle der Entwicklung am Anfang skeptisch gegenüber, so stehen heute schon 2 PC mit mehreren Bildschirmen in der Sternwarte und wir können uns die Amateurastronomie ohne Computer schon fast nicht mehr vorstellen. Nicht nur für die Positionierung der Instrumente, die vollautomatische Aufzeichnung der Daten der Wetterstation, nein auch für Demonstrationszwecke und für die Suche von Planetoiden auf Photos, kann man PC gut einsetzen. Es ist schon eine Selbstverständlichkeit, dass CCD-Astronomie, vor allem die Bildverarbeitung, ohne leistungsfähige Computer nahezu unmöglich ist.

H. JOST-HEDIGER

Lingeriz 89, 2540 Grenchen

¹ Kurzvortrag an der GV 1993



Der natürliche Horizont, Hilfe und Hindernis bei astronomischen Beobachtungen¹

E. LAAGER

Vorbemerkung:

Der Vortrag lebt zum Teil stark von den projizierten Dias. Für diejenigen Abschnitte, in welchen die Bilder für die Informationsvermittlung das Wichtigste sind, wird der Text in dieser Zusammenfassung knapp gehalten.

Der Titel des Vortrags ist eine Verlegenheitslösung. – Als ich von den Organisatoren der Generalversammlung angefragt wurde, ob ich bereit sei, einen Kurzvortrag zu halten, hatte ich zwar einige Einzelthemen im Kopf, von denen ich denke, dass sie interessieren dürften, aber keine «runde, einheitliche Sache». Hinter dem gewählten Thema verbergen sich eine Reihe von eigenen Beobachtungs- und Fotoserien, die zum Teil mit Hilfe des Computers ausgewertet wurden.

Die einzelnen Themen:

- Der abgehende Mond
- Die rechtläufige Venus
- Die störenden Bäume
- Die problematische Refraktion
- Die aufgehende Sonne

Der abgehende Mond

Angeregt zu dieser Bilderreihe wurde ich durch Aufnahmen, welche vor einigen Jahren im ORION publiziert wurden. Sie zeigen den Mond an drei aufeinanderfolgenden Tagen (bei gleichem Azimut) über dem Horizont im Gebirge.

Meine Bilderserie entstand in Südfrankreich an fünf aufeinanderfolgenden mussevollen Ferientagen. Ich hatte Zeit, zu warten, bis der Mond jeweils genau über einem Mast der elektrischen Freileitung stand. Von Tag zu Tag erfolgte dieser «Durchgang» in einer immer kleineren Höhe. Die Zusammenfassung der einzelnen Mondpositionen in einem Bild macht deutlich, was mit dem Begriff «abgehender Mond» gemeint ist.

Ein kleines astronomisches Rätsel dazu: Die Bilder entstanden zuerst am Morgen, dann am Vormittag. Die Blickrichtung war zwischen Süden und Südwesten. Der Mond war abgehend. In welcher Jahreszeit ist dies möglich?

Die rückläufige Venus

Vom gleichen Beobachtungsort aus gesehen läuft die Sonne am kürzesten Tag ziemlich genau einer Hügelflanke entlang nach unten ihrem Untergangspunkt entgegen. Im Herbst 1989 stand die Venus in der Abenddämmerung etwas oberhalb dieser Horizontlinie. Ich habe den Planeten zusammen mit dem Horizont innerhalb zweier Wochen an zwölf Abenden zur gleichen Sternzeit vom gleichen Ort aus aufgenommen, d.h. jeden Abend 3 Minuten 56 Sekunden früher. Den Zeitpunkt wählte ich so, dass bei der ersten Aufnahme der Horizont in der späten Dämmerung noch gerade sichtbar war, bei der letzten Aufnahme der Himmel jedoch bereits dunkel genug war, um die Venus zu erkennen.

Die Auswertung:

- Die Bilder wurden der Reihe nach auf ein Zeichnungspapier projiziert und die Position der Venus in Bezug auf den Horizont aufgezeichnet. Die Verbindungslinie zeigt einen Teil der rechtläufigen Bahn der Venus.
- Durch das Vergleichen der Untergangsorte (von Tag zu Tag immer weiter links am Horizont) konnte ich weiter feststellen, dass die Venus nicht nur rechtläufig, sondern zugleich «abgehend» war, d.h. ihre Deklination hat von Tag zu Tag abgenommen.
- Ein Stück der Horizontlinie läuft recht genau parallel zu den Deklinationskreisen des himmlischen Äquator-Koordinatensystems. Dies wusste ich aus der winterlichen Sonnenbeobachtung und aus Beobachtungen des Mondlaufes. So war es mir möglich, die richtige Schräglage des Koordinatennetzes für das Gebiet um die Venus angähert zu finden.
- Schliesslich verriet mir die Brennweite des verwendeten Teleobjektivs, wieviele Grad auf dem Dia abgebildet werden. So konnte ich ein einigermaßen richtig eingeteiltes Koordinaten-Gitternetz richtig orientiert auf meine Zeichnung legen und darauf ablesen, um wieviel sich die Venus in Rektaszension und Deklination verschoben hatte. Der Vergleich mit einer Ephemeridentabelle zeigt eine recht gute Übereinstimmung.

Die störenden Bäume

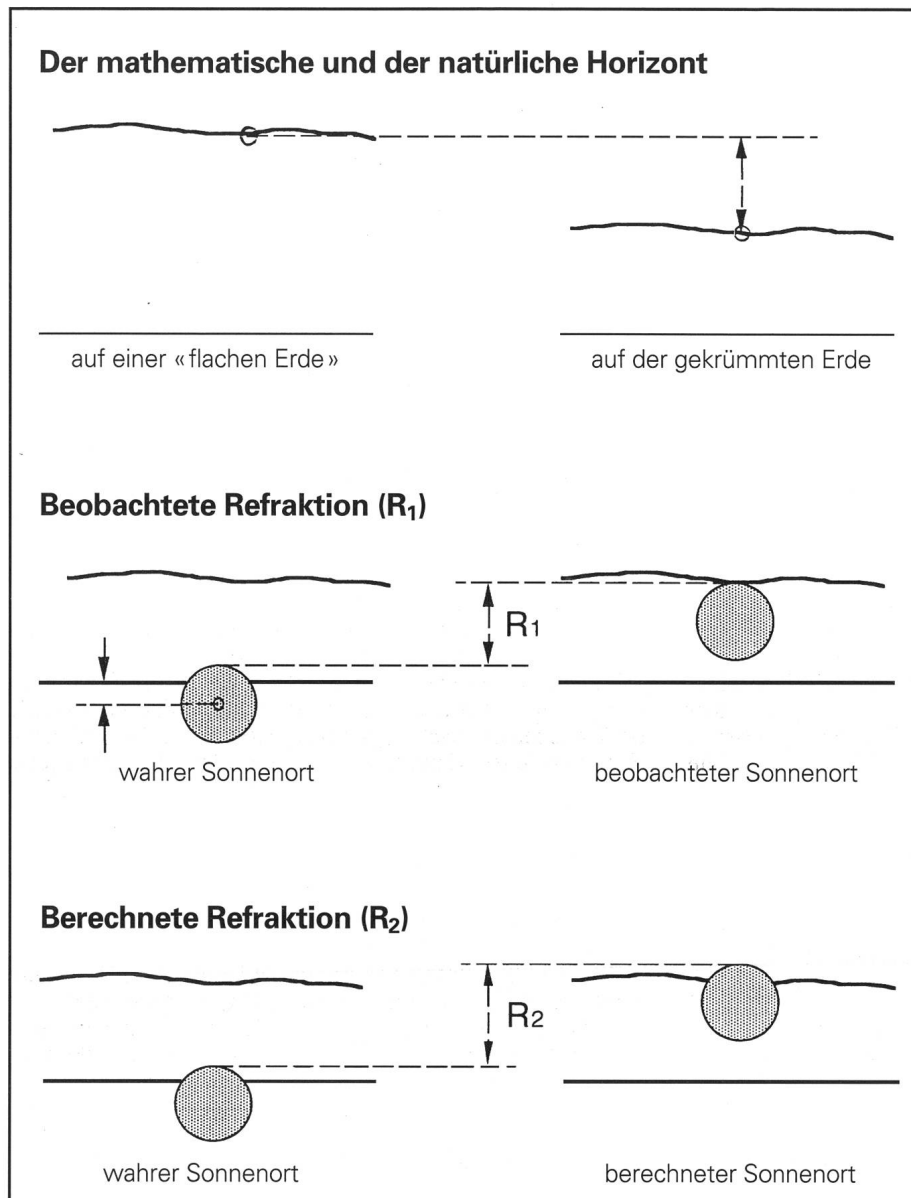
Damit sind die Bäume rund um unsere neue Schulsternwarte in Schwarzenburg gemeint. Der natürliche Horizont ist dort zwar recht niedrig, aber doch nicht ganz ideal. Es ist praktisch, wenn man den tatsächlich sichtbaren Himmelsausschnitt für einen bestimmten Beobachtungszeitpunkt zu Hause ermitteln kann. Zu diesem Zweck habe ich vor der Montage des Teleskops von dessen Fundamentsockel aus mit Hilfe eines Theodoliten den Horizont vermessen (62 Zahlenpaare für Azimut und Höhe).

Auf dieser Grundlage kann die Linie des natürlichen Horizontes ermittelt werden. Diese habe ich einerseits (nach traditioneller Methode) auf die drehbare Sternkarte übertragen, andererseits aber auch in ein Astronomieprogramm («Voyager» für Macintosh-Computer) übertragen. Mit einigen Bildern will ich zeigen, wie ich dieses Programm anwende. (Hinweis: Von diesem sehr leistungsfähigen und vielfältigen Programm kann damit nur ein ganz kleiner Teilaspekt vorgeführt werden!)

Die problematische Refraktion

Ein Kollege plant für seine Neuntklässler einen Maibummel, und zwar zum Schulabschluss etwas Besonderes: Bei Sonnenaufgang auf dem Guggershorn! (Dies ist ein bekannter Aussichtspunkt im Schwarzenburgerland). «Wann wird übermorgen dort die Sonne aufgehen?» Mit dieser Frage gelangt er an mich, und ich bemühe dazu mein «handgestricktes» (in BASIC selber geschriebenes) Astronomieprogramm. Der Arbeitsaufwand ist trotz Computer noch beträchtlich.

¹ Kurzvortrag an der GV 1993



Abbildungen zum Abschnitt «Die problematische Refraktion». Die ausgezogene, gerade waagrechte Linie stellt in allen Figuren den mathematischen Horizont dar, die gewellte, dickere Linie symbolisiert den natürlichen Horizont.

Oberstes Bildpaar. Durch die Erdkrümmung rutscht der wirkliche, natürliche Horizont scheinbar nach unten. Alle folgenden Überlegungen beziehen sich auf diesen «abgesenkten Horizont».

Mittleres Bildpaar. Links: Für die Beobachtungen am Jurahorizont liegt die Mitte der wahren (berechneten) Sonne zum Zeitpunkt des beobachteten Sonnenuntergangs jeweils etwas unterhalb des mathematischen Horizontes (dargestellt durch die Masspfeile links), der obere Sonnenrand liegt jedoch etwas darüber. Rechts: Bei Sonnenuntergang ist die scheinbare Horizonthöhe gleich dem beobachteten oberen Sonnenrand.

Unteres Bildpaar. Links: Gleiche Situation wie in der Mitte links. Rechts: Der berechnete Sonnenort liegt um die berechnete Refraktion höher als der wahre Sonnenort. R_2 ist für alle Beobachtungen grösser als R_1 . – Weshalb?

Der Reihe nach ist folgendes zu tun:

- Standort des Beobachters (Guggershorn) in der Karte ermitteln, geogr. Länge und Breite, Höhe über Meer notieren.
- Für diesen Ort und für eine vermutete Sonnenaufgangszeit das Azimut und die Höhe der Sonnenmitte berechnen.
- Die Höhe des oberen Sonnenrandes rechnen (Höhe der Sonnenmitte + scheinbarer Sonnenradius + «Anhebung der Sonne» durch die Refraktion).
- Das Azimut in eine Landkarte übertragen, die höchste Erhebung in dieser Richtung (also den Horizont) in Meter über Meer und die Entfernung vom Beobachter zu diesem Punkt aus der Karte herauslesen.
- Aus dieser Entfernung und der Höhendifferenz (Beobachter-Horizont) unter Berücksichtigung der Erdkrümmung die scheinbare Höhe des Horizontes (in Grad) berechnen.
- Die scheinbare Horizonthöhe mit der berechneten Höhe des oberen Sonnenrandes vergleichen. (Würden diese beiden übereinstimmen, hätten wir zufällig im ersten Anlauf den Zeitpunkt des Sonnenaufgangs gefunden. In der Regel wird dies nicht so sein).
- Eine neue, verbesserte Zeit für den Sonnenaufgang wählen, den ganzen Vorgang von vorne nochmals durchspielen. Man muss also mit einem neuen Azimut in der Karte neue Werte suchen, eine neue Horizonthöhe mit einer neuen Sonnenrandhöhe vergleichen usw., bis die gewünschte Genauigkeit erreicht ist. Dabei ändert auch – je nach Höhe – die Refraktion, welcher die Sonnenstrahlen unterworfen sind.

Der Kollege erhielt von mir die berechnete Sonnenaufgangszeit 06.03.39, er notierte beim tatsächlichen Sonnenaufgang 06.03.55. Andere Beobachtungen zeigen ähnliche, zum Teil noch grössere Abweichungen.

In einem Artikel mit dem Titel «Refraktion zeigt unerwartete Schwankungen» (Sterne und Weltraum 2/1991, S. 80) beschreibt der Autor Gerhard A. Hirth, wie durch genaue Messungen am Meereshorizont die Refraktion bestimmt wurde. Man erhielt Werte zwischen 0.234° und 1.678° . «Der Mittelwert aller Beobachtungen liegt bei 0.551° und kommt den Standardwerten von 0.590° (Allen, Astrophysical Quantities) und 0.567° (Astronomical Almanac) recht nahe. Dass aber die Abweichungen davon im Einzelfall so gross sein könnten, hatte niemand erwartet. Bemerkenswert sind die Konsequenzen, die sich aus dieser Beobachtung ergeben: die Auf- und Untergangszeiten der Sonne können nur auf wenige Minuten genau bestimmt werden.»



Ich plante, mit **eigenen Beobachtungen** Untersuchungen in dieser Richtung anzustellen. Von Schwarzenburg aus habe ich zwar keinen Blick aufs Meer (höchstens gelegentlich aufs Nebelmeer), im Sommer geht jedoch die Sonne hinter den Jurahöhen mit einer scheinbaren Höhe von etwa einem halben Grad in einer Distanz von rund 45 km unter.

Mein Beobachtungs- und Auswertungsprogramm umfasst folgende Schritte:

- Sekundengenaue Bestimmung der Sonnenuntergangszeit.
- Messen von Temperatur und Luftdruck für diesen Zeitpunkt.
- Berechnung von Azimut und Höhe der Sonnenmitte für diesen Zeitpunkt (Computerprogramm).
- Höhe Sonnenmitte + scheinbarer Sonnenradius = **wahre Höhe des oberen Sonnenrandes**
- Arbeit mit der Landeskarte: Bestimmen der Horizonthöhe und der Distanz (in Metern).
- Berechnung der **scheinbaren Horizonthöhe** (in Grad).¹⁾
- **Scheinbare Horizonthöhe = beobachtete Höhe des oberen Sonnenrandes** (zum Zeitpunkt des Sonnenuntergangs).
- **Beobachtete Höhe des oberen Sonnenrandes – wahre Höhe des oberen Sonnenrandes = beobachtete Refraktion (R₁).**
- Berechnung der Refraktion für den beobachteten oberen Sonnenrand. In der verwendeten Formel aus dem «Almanac for Computers 1983» (U.S. Naval Observatory, Washington D.C.) werden die beobachtete Höhe, der Luftdruck am Beobachtungsort und die Lufttemperatur als Parameter verwendet.²⁾ (**Berechnete Refraktion = R₂).**
- **Der Vergleich von R₁ mit R₂** beantwortet die Frage «Wie gut stimmt die berechnete mit der beobachteten Refraktion überein?» Damit kann letztlich auch abgeschätzt werden, wie genau die Refraktion überhaupt berechnet werden kann.

Die Beobachtungen:

An 14 Abenden vom 20. Mai bis 29. Juli 1991 wurde der Sonnenuntergang beobachtet. Der Beobachter ist 813 m über Meer.

Die Auswertung:

Die Azimute (ab Süden gezählt) liegen zwischen 118.14° und 125.68°. Auf die Landeskarte 1:500000 übertragen, gelangt man damit in die Jurakette südlich La-Chaux-de-Fonds in die Gegend von Mont Racine und Tête de Ran. Für genauere Ermittlungen verwende ich jetzt die Landeskarte 1:25000 Blatt Val de Ruz. Die Visierlinien werden gerechnet und mit Hilfe der Landeskoordinaten in die Karten eingezeichnet. Die Genauigkeit entspricht der Zeichnungs- und Messgenauigkeit, also etwa 10 bis 20 Meter horizontal. Ein Problem bieten die Höhen: Oft ist der Höhenzug, welcher den Horizont bildet, auf der Nordseite bewaldet. Ich rechne mit maximal 20 m Höhe für die Bäume. Für jede Beobachtung rechne ich mit einer minimalen und einer maximalen Horizonthöhe (Meter über Meer), um diese Unsicherheit erfassen zu können.

Die Ergebnisse:

Für sämtliche Beobachtungen ist die **Differenz R₁ – R₂ negativ**, d.h. die berechnete Refraktion ist durchwegs etwas grösser als die beobachtete Refraktion. Für die minimalen Horizonthöhen liegen die Differenzen zwischen 1.95 und 3.96 Bogenminuten. Im Durchschnitt sind es **3.03 Bogenminuten**. Für die maximalen Horizonthöhen liegen die Differenzen zwischen 0.75 und 3.70 Bogenminuten. Im Durchschnitt sind

es **2.27 Bogenminuten**. Das Auffällige ist, dass es bei den Differenzen keine Streuung um einen Mittelwert bei Null gibt, sondern eine Abweichung nach einer Seite.

Die Interpretation des Ergebnisses:

Diese fällt mir schwer. Beim Niederschreiben dieser Zeilen habe ich noch keine klare Vorstellung, wie die vorliegenden Ergebnisse zu deuten sind. Ich suchte nach einem systematischen Fehler in meinen Berechnungen, bisher jedoch erfolglos. Immerhin kann man sich die Frage stellen, welche Auswirkungen ungenaue Daten auf das Ergebnis haben. Dies sei hier noch getan:

- Eine Differenz in der tatsächlichen Horizonthöhe von 20 m (Unsicherheit wegen Bewaldung) bewirkt in meinen Beobachtungen eine Differenz von 1.5 Bogenminuten bei der scheinbaren Horizonthöhe.
- Untersuchungen im Zusammenhang mit der Refraktionsformel (die Beispiele beziehen sich auf die Messbereiche, in denen die Beobachtungen vorliegen):
 - a) Wird die scheinbare Horizonthöhe um 9 Bogenminuten vergrössert, nimmt die Refraktion um 1 Bogenminute ab.
 - b) Wird die Temperatur um 11 Grad erhöht, nimmt die Refraktion um 1 Bogenminute ab.
 - c) Wird der Luftdruck um 30 mm Hg gesenkt, nimmt die Refraktion um 1 Bogenminute ab.

Derart grosse Fehler gingen bestimmt nicht in die Berechnung der Refraktion ein. Man kann leicht abschätzen, dass die tatsächlichen Beobachtungs- und Messfehler insgesamt keinen Fehler erzeugen können, der so gross wäre wie die zunächst noch unerklärliche Differenz von knapp 3 Bogenminuten. Sollte es (zumindest für diese Beobachtungsserie) möglich sein, die Refraktion auf etwa 3 Bogenminuten genau zu berechnen, dann könnte man die Sonnenuntergangszeit auf rund 20 Zeitekunden genau vorhersagen. Diese Grössenordnung würde mit früheren Erfahrungen ganz grob übereinstimmen.

Die verwendeten Formeln:

(* ist ein Multiplikationszeichen, / ist ein Divisionsstrich; gemäss der üblichen Schreibweise in Computerformeln).

- 1) Formel zur Berechnung der scheinbaren Horizonthöhe (h in Grad) aus dem Erdradius (R), der Distanz zum Horizont (s) und der Höhendifferenz (d) zwischen Beobachter und dem Horizont. (Alle Längen in Meter).

$$d = s \cdot \tan(h) + (s \cdot s / (2 \cdot R)) \cdot (1 + 2 \cdot \tan^2(h))$$

- 2) Formel zur Berechnung der atmosphärischen Refraktion (R in Bogenminuten) aus der Zenitdistanz des Gestirns (z in Grad), der Temperatur (T in °C) und dem Luftdruck (p in Millibar). Zenitdistanz = 90° – beobachtete Höhe des Gestirns.

$$R = (p / (273 + T)) \cdot (3.430289 \cdot (z - \arcsin(0.9986047)) \cdot \sin(0.9967614 \cdot z)) - 0.01115929 \cdot z$$

Die aufgehende Sonne:

Von meinem Wohnort Schwarzenburg aus habe ich einen günstigen, d.h. recht niedrigen Osthorizont. Er lädt geradezu ein zur Beobachtung des Sonnenaufgangs. Im Laufe der Jahre entstanden dazu etwa 300 Dias, jedes versehen mit der Zeit des Sonnenaufgangs. Mit einigen wenigen Bildern möchte ich zeigen, welche Dinge sich aus derart elementaren Beobachtungen herleiten lassen.

E. LAAGER
Schlächtern 9, 3150 Schwarzenburg



Astronomie und Kalender¹

R. Montandon

Ausgehend vom Tag als natürlicher Grundeinheit jedes Kalenders wird die immer bessere Anpassung an Mondmonat und Sonnenjahr geschildert. Diese Anpassung wird aber erkaufte mit komplizierten Schaltregeln, die versteckte Fehlerquellen für alle Datums- und Ephemeridenrechnungen enthalten. So bildet die Tageszählung nach Scaliger die einfachste Methode für Kalenderrechnungen

Die durch die Erdrotation verursachte Abfolge von Helligkeit und Dunkelheit stellt für die Menschen die natürlichste Einteilung des Zeitablaufs dar. Dieser "wahre Sonnentag" kann zwar durch den "mittleren Sonnentag" zu einem für das Alltagsleben genügend regelmässig ablaufenden Grundstein der Zeitzählung angenähert werden. Probleme ergeben sich aber bei grösseren Einheiten. Diese sind notwendig, weil die reine Tageszählung zu umständlich grossen Zahlen führen würde.

Stellen Sie sich vor: am Telefon sagt Ihnen eine unbekannte Person, sie werde heute 8000 Tage alt. Wie lange brauchen Sie, um sich von der Vorstellung zu lösen, Sie sprächen mit einer Grossmutter? (Die Person ist knapp 22 Jahre alt).

Völlig unübersichtlich wäre ein Geschichtsbuch, in dem die Daten aller Ereignisse in einer Tageszählung angegeben wären.

Als grössere Zeiteinheiten bieten sich natürlicherweise der (*synodische*) Monat und das (*tropische*) Jahr an. Für uns, in den "gemässigten" geographischen Breiten, ist der Jahreslauf der Sonne mit dem Wechsel der Jahreszeiten viel wichtiger als die momentane Gestalt des Mondes (der ja oft genug durch Wolken verdeckt wird). Ganz anders in den äquatornahen Zivilisationen: abgesehen von Erscheinungen wie etwa die Nilüberflutungen in Ägypten merkt man meistens nicht viel von den Jahreszeiten (die Sonne steht immer um die 12 Stunden über dem Horizont, die Temperaturen schwanken nicht jahreszeitabhängig). So hat sich denn auch in vielen Kulturen zuerst ein Mondkalender herangebildet, der nur zum Teil später an den Sonnenlauf angeglichen wurde

Ein synodischer Monat (andere Bezeichnung: Lunation) ist das Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Neumondstellungen. Im Mittel dauert eine Lunation 29.530589 Tage. Im Zeitraum 1900 – 2100 war die längste Lunation 29.8299 Tage, die kürzeste nur 29.2743 Tage lang.

Ein tropisches Jahr ist das Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Frühlings- und Nachtgleichen. Es dauert 365.242199 Tage. Anschaulich ist es das Intervall zwischen zwei Tagen, an denen ein Stab am Mittag den kürzestmöglichen Schatten wirft. [Abb. 1]

Das Problem bei allen Kalenderentwürfen ist nun das "Ausfüllen" dieser Monats- und Jahresintervalle durch ganze Anzahlen von Tagen.

Mondkalender

Der Lichtwechsel des Mondes [Abb. 2] gibt eine Möglichkeit, mehrere Tage zu einer grösseren Einheit zusammenzufassen.

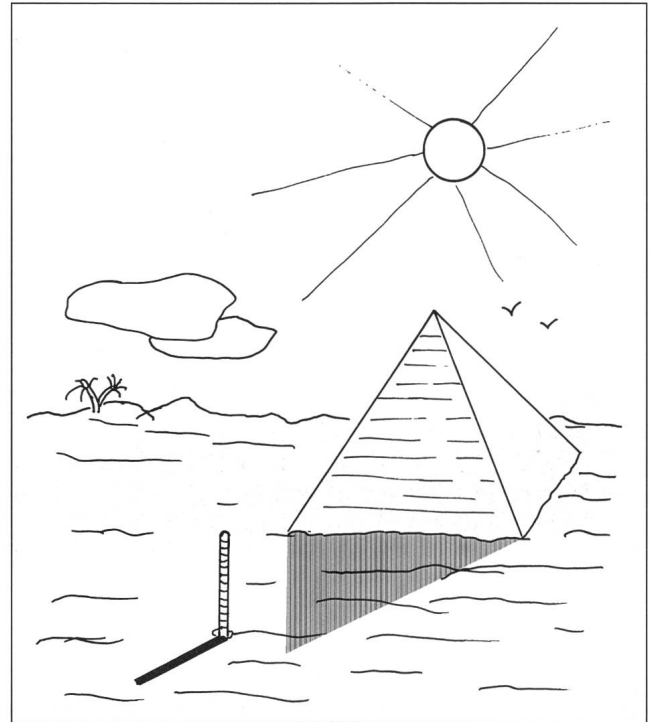


Abb. 1: Die Periode zwischen zwei Zeitpunkten, wo der Schatten des Stabes am kürzesten ist, gibt das Sonnenjahr wieder.

Von jeder Mondphase zur anderen dauert es ungefähr eine Woche, ein ganzer Zyklus (eine Lunation) im Mittel rund $29\frac{1}{2}$ Tage. Nun ist der Zeitpunkt des Neumondes nicht unmittelbar zu beobachten (ausser bei Sonnenfinsternissen). Gemeint war mit dem Ausdruck "Neumond" ursprünglich das erste Auftauchen des Mondes am Abendhimmel. Zur Vermeidung von Missverständnissen spricht man heute vom "Neulicht" [Abb. 3], wenn der Mond sich wieder zeigt. (Der Begriff "Leermond" für die Neumondphase scheint sich nicht durchsetzen zu können).

Die Mondphasen

Bei **Neumond** geht der Mond vor der Sonne durch. Der Mond ist dann nicht sichtbar. Normalerweise verläuft die Mondbahn über oder unter der Sonne, nur etwa zweimal im Jahr geht der Mond so exakt vor der Sonne durch, dass es zu einer Sonnenfinsternis kommt

Im **Ersten Viertel** steht der Mond von der Erde aus gesehen in einem rechten Winkel zur Sonne. Der Mond ist zur Hälfte beleuchtet (der Zeitpunkt der exakten Halbierung ist allerdings etwa 17 Minuten vorher).

Bei **Vollmond** steht der Mond in der zur Sonne entgegengesetzten Richtung. Etwa zweimal jährlich geht er dabei durch den Erdschatten hindurch, es ereignet sich eine Mondfinsternis.

Das **Letzte Viertel** ist erreicht, wenn der Mond in symmetrischer Stellung zum Ersten Viertel steht.

¹ Kurzvortrag an der GV 1993



Abb.2 :Der Mond mit seinen veränderlichen und markanten Phasen hat zum Mondkalender geführt.
(Bild aus *Astronomie Populaire* von Camille Flammarion)

Ein typischer Mondkalender ist der Mohammedanische Kalender. Die 12 Monate haben abwechselungsweise 30 und 29 Tage, was eine Jahreslänge von 354 Tagen ergibt. Die durchschnittliche Monatslänge von 29,5 Tagen ist etwas zu kurz, so dass Schalttage notwendig werden. In einer Periode von 30 Jahren wird 11mal der letzte Monat, Dsü'l-hedsche, um einen Tag verlängert. Allerdings sind das die "tabellarischen" Daten, die tatsächlichen Monatsersten können sich um einen Tag verschieben, je nach dem genauen Neumondzeitpunkt. Am 21. Juni 1993, bei Sonnenuntergang des vorhergehenden Tages beginnt (tabellarisch) das Jahr 1414 der Mohammedaner.

Die Schalttage führen zu einer mittleren Monatslänge von 29,530556 Tagen. Damit ist die Genauigkeit für einige Jahrhunderte gewährleistet.

Der Mohammedanische Kalender hat aber rund 11 Tage zu wenig, um mit der Sonne in Einklang zu stehen. Das führt dazu, dass der Jahresanfang des Mohammedanischen Kalenders (und mit ihm alle Monate) durch die Jahreszeiten wandern. Jahreszeitlich abhängige Ereignisse können also nicht fest in den Kalender aufgenommen werden.

Sonnenkalender

Die Schiefe der Erdbachse gegenüber der Achse der Erdbahn ist die Ursache der Jahreszeiten. Ein Kalender, der die Jahreszeiten fest enthalten soll, muss sich also nach dieser Achsenlage ausrichten. Nun dreht auch die Erdbachse sich im Laufe von rund 26'000 Jahren einmal. Aus diesem Grund muss für die Kalenderbestimmung das *tropische* Jahr berücksichtigt werden. Es unterscheidet sich um 20 Minuten von der

(physikalisch korrekten) Umlaufzeit der Erde um die Sonne. Nun hat das tropische Jahr ebensowenig eine ganze Anzahl Tage wie ein synodischer Monat. Der Ausgleich wird, wie in den Mondkalendern, mit Schalttagen angestrebt.

Typische Sonnenkalender sind der Julianische Kalender (mit einer Jahresdauer von 365,25 Tagen) und der daraus entstandene Gregorianische Kalender mit 365,2425 Tagen im Mittelwert pro Jahr.

Der Julianische Kalender

Im Jahr 45 v. Chr. erliess der römische Feldherr und Staatsmann Julius CAESAR ein Dekret, mit dem "sein" Kalender eingeführt wurde. Ein Gemeinjahr hat 365 Tage = 52 Wochen + 1 Tag, jedes vierte Jahr (ohne Ausnahmen) ist ein Schaltjahr mit 366 Tagen = 52 Wochen + 2 Tage. Man überlegt sich, dass nach 7 mal 4 Jahren Datum und Wochentag sich in genau gleicher Reihenfolge wiederholen müssen. Diesen Zyklus nennen die Kalenderfachleute den **Sonnenzyklus**, das Wort kommt eigentlich vom Sonntag der wieder auf die gleichen Daten fällt, und hat nichts mit astrophysikalischen Zyklen zu tun

Interessanterweise spielt der Mond noch an einer Stelle in unserem Kalender mit: bei den beweglichen Feiertagen Ostern, Pfingsten u.a., die vom ersten Frühlingsvollmond bestimmt werden.

Abb.3: Als die Mondsichel nach Neumond sichtbar war, wurde der Anfang eines neuen Monats feierlich angekündigt.
(Bild aus *Astronomie Populaire* von Camille Flammarion)





Die Verwirrung um das Jahr Null

Historiker und Chronologen beziehen üblicherweise die Jahreszählung auf die Christliche Ära, mit der entsprechenden Angabe v.Chr. beziehungsweise n.Chr.

Abgesehen davon, dass wir heute vermuten, die Geburt Christi sei etwa 7 Jahre früher anzusetzen als bei der Festlegung der Jahreszählung angenommen wurde, gibt es das Problem des Beginns der Jahreszählung. Gemeint war seinerzeit, dass das Jahr 1 n.Chr. dasjenige sei, in dessen Verlauf die Geburt Christi fiel. Dann war das Jahr vorher eben das Jahr 1 v.Chr. Also gibt es für die Historiker kein Jahr Null. Andererseits führt die Idee, Jahre v.Chr. einfach mit negativen Zahlen zu bezeichnen, zu Rechenfehlern, weil mathematisch zwischen +1 und -1 noch die Zahl 0 existiert. Wer also über die Zeitenwende hinweg rechnen will, tut gut daran, die Daten v.Chr. zuerst in astronomisch-mathematische Schreibweise umzuwandeln. So ist z.B. das Jahr 4713 v.Chr. (das ist für SCALIGER das erste Jahr seiner "Julianischen Periode", siehe unten) in astronomischer Schreibweise das Jahr - 4712 .

Historische / Astronomische / Julianische Jahreszählung

Historisch	4713 v.Chr.	3 v.Chr.	2 v.Chr.	1 v.Chr.	1 n.Chr.	1993 n.Chr.
Astronomisch	-4712	-2	-1	0	+1	+1993
Julianisch (nach Scaliger)	1	4711	4712	4713	4714	6706

Lunisolar-Kalender

Man nennt sie auch *gebundene Mondkalender*. Das sind Kalenderentwürfe, die sowohl den Mondphasen wie den Jahreszeiten gerecht werden sollen. Es braucht zunächst eine Anzahl Tage, die möglichst exakt Vielfaches des synodischen Monats *und* des tropischen Jahres ist. Sehr bekannt und verbreitet ist der Metonische Zyklus, nach dem Griechen METON (um 433 v.Chr.). Der Zyklus dauert 19 Sonnenjahre, was ziemlich genau 235 Lunationen entspricht: [Abb. 4]

$$\begin{aligned} 19 \text{ Sonnenjahre} &= 19 \cdot 365,2422 \text{ Tage} = 6939,60 \text{ Tage} \\ 235 \text{ Lunationen} &= 235 \cdot 29,53059 \text{ Tage} = 6939,69 \text{ Tage} \end{aligned}$$

Der Ausgleich muss durch zweckmässig eingefügte Schaltmonate gefunden werden, da sich die 235 Monate nicht gleichmässig auf die 19 Jahre verteilen lassen. Innerhalb dieses Zyklus' wurden die Jahre von 1 bis 19 gezählt, die entsprechende Zahl bestimmte die Art des Jahres und wurde in Gold geprägt, was ihr die Bezeichnung "Goldene Zahl" einbrachte. 1993 hat die Goldene Zahl 18, pardon, man schreibt sie römisch: XVIII. Auch die Bezeichnung "Mondzyklus" trifft auf die Meton-Periode zu, fallen doch die Mondphasen in jedem Zyklus nahezu auf das gleiche Datum. Typische Lunisolarkalender sind der Jüdische und der Chinesische Kalender.

Der Jüdische Kalender

Die 12 Monate haben in einem "ordentlichen Gemeinjahr" abwechselungsweise 30 und 29 Tage. Im "abgekürzten Gemeinjahr" wird der dritte Monat, Kislev, um einen Tag gekürzt. Im "überzähligen Gemeinjahr" erhält der zweite Monat einen Tag mehr. Ebenso gibt es 3 Sorten von Schaltjahren. Nach dem 6. Monat Adarf (der in einem Schaltjahr 30 statt 29 Tage zählt) wird der Schaltmonat Veadar mit 29 Tagen eingeschoben. Der Jahresanfang fällt dadurch immer auf September/Anfang Oktober. Das Jahr 5754 der Juden beginnt (tabellarisch) bei Sonnenuntergang des vorhergehendes Tages am 16. September 1993.

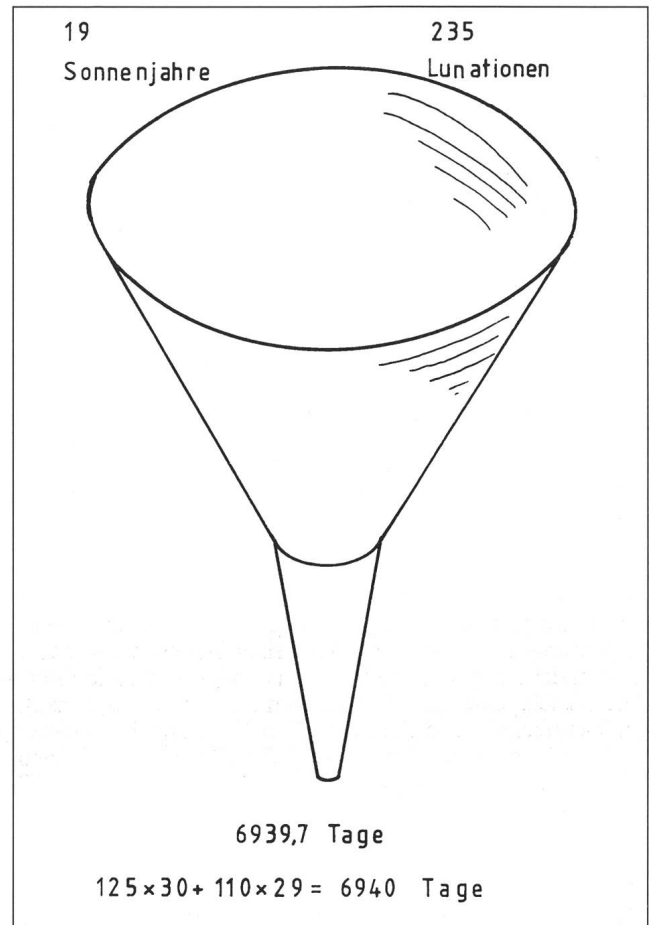


Abb.4: Lunisolar Kalender

Die Zyklen

- Der Sonnenzyklus oder Sonnenzirkel (SZ) ist die 28 – Jahre – Periode des Julianischen Kalenders.
- Der Mondzyklus oder Mondzirkel (MZ) ist die 19 – Jahre – Periode des METON. Die Stellung eines Jahres innerhalb des Zyklus' wird üblicherweise durch die Goldene Zahl (GZ) angegeben.
- Die Indiktion hat eine Periode von 15 Jahren. Es ist keine astronomische Zahl, sondern eine von den Römern verwendete Steuerperiode. Die Stellung eines Jahres innerhalb des Indiktionszyklus' wird durch die Römerzinszahl (RZ) angegeben. Diese 15 – Jahre – Periode wurde von SCALIGER aufgegriffen, weil die Primfaktoren 3 und 5 in den anderen Perioden nicht vorkommen.

Zur Berechnung der entsprechenden Zahlen braucht man die Divisionsreste bei der Division durch 28, 19 und 15. Die Mathematiker schreiben dies mit dem Operator "Modulo" oder abgekürzt MOD. (Viele Taschenrechner haben diese Funktion eingebaut). Es gilt für das Jahr mit der astronomischen Zahl A oder der Julianischen Jahreszahl JJ:

$$\begin{aligned} \bullet \text{ SZ} &= (A + 9) \text{ MOD } 28 = \text{JJ MOD } 28 \\ \bullet \text{ GZ} &= (A + 1) \text{ MOD } 19 = \text{JJ MOD } 19 \\ \bullet \text{ RZ} &= (A + 3) \text{ MOD } 15 = \text{JJ MOD } 15 \end{aligned}$$



Das Julianische Datum

Jeder Kalender, der die Mondphasen und/oder die Jahreszeiten einbeziehen will, erkaufte dies durch Schalttage oder Schaltmonate. Die Datumsrechnungen innerhalb eines solchen Kalenders, noch mehr aber Rechnungen, die Daten verschiedener Kalender miteinander verknüpfen sollen, werden unübersichtlich und sind voller Fehlerquellen. Zur eindeutigen Festlegung eines Zeitpunkts und zur Vereinfachung von Zeitintervalls- und Datumsrechnungen hat der gelehrte Franzose JOSEPH JUSTUS SCALIGER (1540 – 1609) ein Tageszählsystem aufgebaut.

Es heisst, SCALIGER habe seine Tageszählung "Julianisches Datum" zu Ehren seines Vaters so benannt, der ausgerechnet JULIUS CÆSAR SCALIGER hiess (oder sich so nannte: in Wirklichkeit war sein Familienname BORDONE). Eine andere Version führt diese Bezeichnung auf den Umstand zurück, dass SCALIGERS Jahre wie die im Julianischen Kalender $365\frac{1}{4}$ Tage dauern. Den Ursprung seiner Tageszählung (die Chronologen bezeichnen einen solchen festen Zeitpunkt als *Epoche*, im Gegensatz zur üblichen Bedeutung dieses Wortes) setzte Scaliger auf den Mittag des 1. Januar 4713 v.Chr. Das ist ein Datum, das sich rein mathematisch aus den Perioden von SZ, MZ und Indiktion ergibt. (Der Mittag wurde gewählt, weil durch diese Festsetzung das Datum im Laufe einer Beobachtungsnacht nicht ändert. Die Chronologen verwenden das Julianische Datum auch, lassen den Tag aber um Mitternacht beginnen). Zurückgerechnet von dem aktuellen Wert der drei Zyklen ergab sich, dass alle im Jahr 4713 v.Chr. neu begonnen hatten. Das nächste Mal wird dies wieder für das Jahr 3268 gelten, denn eine ganze Julianische Periode dauert $28 \cdot 19 \cdot 15 = 7980$ Jahre. Braucht man die reine Tageszählung von Scaliger, so ergeben sich keine Probleme. Man bezieht sich auf Weltzeit (IJT), weil ja diese Zeit mit Schaltsekunden dem effektiven Tag – Nacht Rhythmus angepasst wird. Als Beispiel: am Ostersonntag 1993, um 14 Uhr MESZ, begann der Tag $JD = 2'449'089$ (astronomisch).

Scaligers Datierungssystem

Julianisches Datum (astronomisch) = $JD = \text{Nummer des Tages, gezählt vom Mittag des 1. Januar 4713 v. Chr. an.}$

Modifiziertes Julianisches Datum = $MJD = JD - 2'400'000.5 = \text{Nummer des Tages, gezählt von } 0^h \text{ UT des 17. Novembers 1858 an.}$

Julianisches Jahr = $JJ = \text{Nummer des Jahres im Julianischen Kalender, gezählt von 4713 v.Chr. an.}$

Julianische Periode = 7980 Jahre zu $365\frac{1}{4}$ Tagen.

Schwieriger wird es, wenn man Jahre in diesem System zählen will. Sie werden als "Julianische Jahre" (JJ) bezeichnet, haben aber direkt mit dem von JULIUS CAESAR eingeführten Julianischen Kalender nichts zu tun. Scaliger lebte zwar noch im Julianischen Kalender, als er 1581 seinen Vorschlag veröffentlichte (der Gregorianische Kalender trat mit dem 15. Oktober 1582 in Kraft). Nun ist der Sonnenzyklus von 28 Jahren nur im Julianischen Kalender ohne Ausnahmen gültig (im Gregorianischen Kalender gibt es Verschiebungen in den Jahrhundertjahren, die nicht durch 400 teilbar sind), weshalb die Julianischen Jahre sich auch nur auf den Julianischen Kalender beziehen können: Gregorianisch angegeben endet z.B. die erste Julianische Periode am 22. Januar 3268.

Trotz der anfangs erwähnten Unhandlichkeit grosser Zahlen, die mit einer Tageszählung nicht vermieden werden können, hat sich das Julianische Datum sowohl in der Chronologie als auch in der Astronomie als äusserst nützlich erwiesen. Kalenderumrechnungen, Ephemeridenrechnungen, Datumsangaben bei Taschenrechnern und Computern werden durchgehend auf der Basis des Julianischen Tages ermittelt.

Wir sind wieder beim Anfang angelangt, bei der Tageszählung. Der Kreis hat sich geschlossen.

Der Autor dankt Herrn Hans Roth, Schönenwerd, für die redaktionelle Mitarbeit.

RENY O. MONTANDON
Brummelstrasse 4, 5033 Buchs/AG

Bibliographie

Heinz Zemanek, *Kalender und Chronologie*. Bekanntes und Unbekanntes aus der Kalenderwissenschaft. R. Oldenbourg-Verlag, 5. Auflage 1990; ISBN 3 486 20927 2.

Heinz Bachmann, *Kalenderarithmetik*, Juris-Verlag, Zürich 1984, ISBN 3 26005 035 3

Paul Couderc, *Le Calendrier*, Collection que sais-je? (203). Presses Universitaires de France, 5. Auflage 1981, ISBN 2 13 036266 4

Semjon I. Seleschnikow, *Wieviele Monde hat ein Jahr?*, Aulis Verlag, Deubner & Co., Köln, 2. Auflage, ISBN 3 7516 060 2

Explanatory Supplement to the Astronomical Ephemeris and the American Ephemeris and Nautical Almanac, 4. Auflage, 1977, ISBN 01 1 880578 9

Camille Flammarion, *Astronomie Populaire*, Paris 1879

F.K. Ginzler, *Handbuch der Mathematischen und Technischen Chronologie*. Das Zeitrechnungswesen der Völker (3 Bde.), J.C. Hinrichs'sche Buchhandlung Leipzig 1906 (Nachdruck 1958).

R. Montandon, *Ein ewiger Kalender*, ORION 248, Februar 1992, S. 18.

Comètes et astéroïdes: observation et détermination des orbites

R. BEHREND

Exception faite de Neptune dont la position a été prédite avant d'être observée, la détermination des orbites des planètes, astéroïdes et des comètes peut être schématisé par la figure 1. Regardons le cas des astéroïdes récents.

La première phase est la découverte sur une photo d'une traînée ou bien, en auscultant plusieurs clichés, d'une «étoile baladeuse». En comparant les coordonnées (α , δ) avec celles des éphémérides des planétoïdes et comètes, on peut vérifier s'il s'agit bien d'un astre inconnu. Si c'est le cas et que l'on dispose de 3 observations au moins, une orbite préliminaire peut être calculée. En effet, une orbite est caractérisée par 6 paramètres. Se sont habituellement $T =$ instant du périhélie,

¹ Texte de la conférence donnée à l'occasion de l'assemblée générale 1993 de la SAS à Granges (SO).



e = excentricité, q = distance du périhélie et 3 angles ι , ω et Ω définissant le plan et l'orientation de l'orbite par rapport à l'écliptique muni du point vernal g . p est la direction du périhélie (figure 2). Il est peut-être plus facile de se rappeler qu'il faut la position et la vitesse d'un objet à une époque donnée pour tracer sa trajectoire dans l'espace.

Une fois cette orbite calculée, on tire des éphémérides tant dans le futur que dans le passé de la découverte. Arrive alors la phase d'observation. Deux recherches ont lieu simultanément: la première consiste en l'observation astrométrique systématique de l'astre sur plusieurs jours; pour la seconde, on regarde s'il existe déjà des observations d'astéroïdes inconnus proches de la trajectoire calculée. Comme on dispose de cette manière de plus d'informations sur les directions de l'astéroïde à plusieurs époques, le calcul des six paramètres orbitaux fournit des résultats plus précis. Si les observations sont étalées sur plusieurs années, l'orbite est vraiment très fiable et l'on peut presque parler d'orbite définitive. Néanmoins, on répète le calcul dès que le nombre d'observation s'est accru de manière notable, ou bien que les incertitudes sur les positions actuelles sont jugées trop grandes.

L'Observatoire Miam Glubs n'a pas encore eut la joie de fêter la découverte d'un astéroïde; par contre, il est actif dans les étapes de la partie cyclique. Pour cela, trois programmes pour PC ont été développés:

- Réduction astrométrique des clichés: on établit un système de coordonnées cartésien (u, v) sur un tirage du négatif. Les coordonnées (α, δ) des étoiles les plus brillantes figurent en principe dans des catalogues de type SAO, PPM, etc. Elles servent à faire le lien mathématique entre les coordonnées photographiques et célestes. Le passage se fait dans les deux sens: l'un pour avoir la position topocentrique (α, δ) de l'astéroïde et autres objets suspects et l'autre sert à regarder si d'autres astéroïdes et comètes connus figurent également sur le cliché, ainsi qu'à repérer toutes les étoiles et objets NGC+IC catalogués.
- Détermination des orbites. C'est certainement le programme ayant nécessité le plus de temps de développement. Le principe est néanmoins assez simple. On calcule la position de l'astéroïde pour chaque observation enregistrée. On en déduit les écarts en (α, δ) avec les positions mesurées. Ensuite, on varie un tout petit peu la valeur d'un paramètre orbital en conservant les autres constants. (En fait, pour des problèmes d'ordre numérique, on fait également le calcul avec la même variation, mais prise dans l'autre sens). On répète cette opération pour les autres paramètres. Une fois ces calculs faits, on peut utiliser la méthode des moindres carrés homotopiques pour obtenir les corrections qu'il faut apporter aux éléments afin que la nouvelle orbite satisfasse au mieux toutes les observations. Au passage, on profite du fait que les distances soleil-objet et objet-terre sont connues pour en déterminer les paramètres de luminosité. Pour être certain d'avoir une bonne solution, on répète l'ensemble de ces calculs à plusieurs reprises. Pour avoir des orbites précises, il faut bien entendu tenir compte des perturbations gravitationnelles, ainsi que non-gravitationnelles pour les comètes. Le nombre de calculs – assez petit pour une orbite képlérienne – devient rapidement astronomique en tenant compte des 8 planètes perturbatrices. Comme à chaque étape on fait 13 fois le calcul d'une trajectoire, l'emploi d'un ordinateur très performant et habilement programmé s'impose naturellement...

Un bel exemple de trajectoire fortement perturbée: la figure 3 montre les paramètres orbitaux de la comète P/Wild 4 de juin 1986 à janvier 1993. A mi-1987, selon l'orbite que nous avons déterminée, elle passait très près de Jupiter. L'excentricité et la distance du périhélie passèrent de $(e, q) = (0.20, 3.38)$ à $(0.41, 1.99)$, ce qui permit à la comète de s'activer et d'être découverte... Elle avait déjà frôlé Jupiter en 1950 et le refera en 1999.

Fig. 1

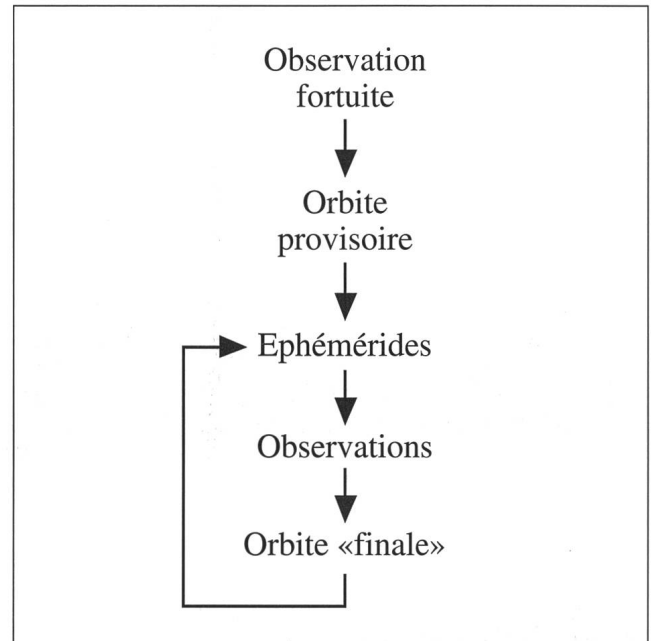
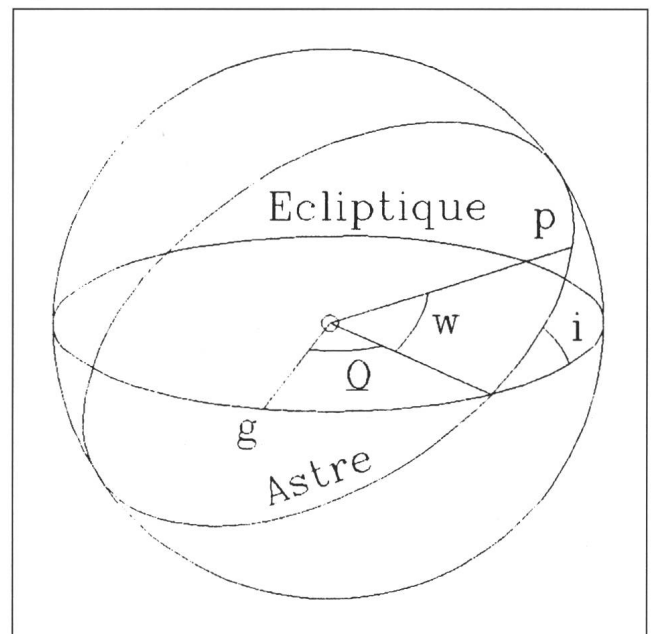
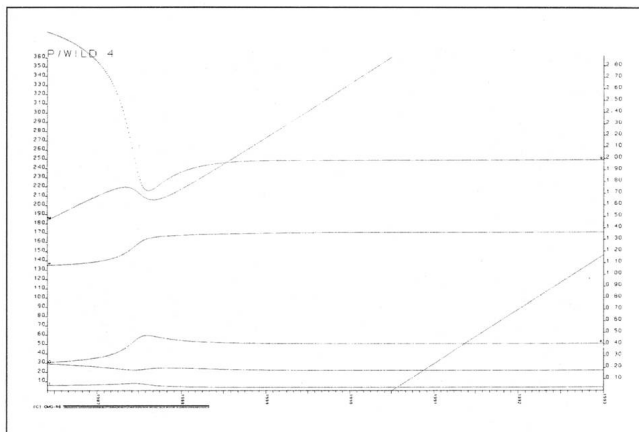


Fig. 2



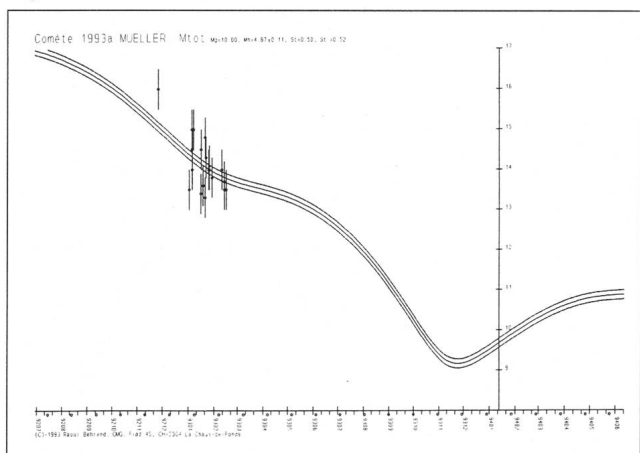
- Ephémérides: la partie qui intéresse le plus les amateurs. Pour chacun des astéroïdes et comètes de la bibliothèque (environ 4700), on peut tirer des éphémérides conventionnelles ainsi qu'une carte montrant la trajectoire de l'objet par rapport aux étoiles pour une observation visuelle par exemple.

Fig. 3



Exemple de le comète 1993a Mueller qui atteindra la magnitude 9 à fin novembre 93, tout en étant bien placée pour être observée depuis la Suisse. On prévoit à partir de 109 positions – tirées des MPC – réparties sur 83 jours l'orbite hyperbolique ($e > 0$) suivante (équinoxe 2000): $T = 1994-01-12.28 \pm 0.03$, $\tau = 124.884 \pm 0.004^\circ$, $\omega = 130.649 \pm 0.016^\circ$, $\Omega = 144.725 \pm 0.008^\circ$, $e = 1.00235 \pm 0.00023$, $q = 1.93770 \pm 0.00054$. La magnitude totale (figure 4) est estimée par $M_{tot} = 4.87 + 10 \cdot \log(\Delta \cdot R)$ où Δ et R sont les distances à la terre et au soleil en UA.

Fig. 4



Les démonstrations étant plus instructives qu'un long texte descriptif, des exemples pratiques seront traités lors de l'Assemblée générale de la SAS à Granges.

RAOUL BEHREND,
Observatoire Miam Globbs, Fiaz 45,
CH-2304 La Chaux-de-Fonds

MEADE

ED-apochromatische Refraktoren

zeigen Beugungsbilder wie aus dem Lehrbuch, die theoretisch mögliche Auflösung bei bestmöglichem Kontrast und dadurch feinste Rillen auf Mond und Wolken auf Planeten. Die stabile Präzisions-Montierung positioniert das Teleskop mit 8° pro Sekunde selbständig auf eines von 8000 gespeicherten Objekten. (Auch Planeten !) Permanenter 'SMARTDRIVE' (PPEC) und CCD-Anschluss selbstverständlich !

102mm / 4" F/9 ED/APO komplett
133mm / 5" F/9 ED/APO komplett
155mm / 6" F/9 ED/APO komplett
180mm / 7" F/9 ED/APO komplett

Fr. 4995.-
Fr. 5995.-
Fr. 9980.-
Fr. 12420.-

Mod. 1664 elektronische Nachführung
Mod. 1667 Computer-Nachführung

Fr. 717.-
Fr. 1342.-

Unverbindliche Einführungs-Preise ! Montierung und Optik einzeln erhältlich.



Gratis-Katalog : 01 / 841'05'40

Autorisierte MEADE - JMI - LUMICON - Vertretung in der Schweiz:
E. AEPPLI, Loowiesenstr. 60, 8106 Adlikon



CG-11

Nichts kann Öffnung ersetzen

Öffnung \varnothing 280mm (11"), Brennweite f - 2800mm

... solche Astrofotos allerdings gelingen Ihnen nur mit einem Instrument, welches auch bei grossen Öffnungen Zentimeter für Zentimeter exzellente optische Qualität bietet. Für diesen «kleinen Unterschied» ist



Celestron - Fotos: Tony Hallas / Daphne Mount

Celestron ja hinreichend bekannt! Doch auch die beste Optik ist stets nur so gut, wie ihre Montierung es zulässt. Und jeder, der etwas von Astrofotografie versteht, kennt die Anforderungen, welche in der Praxis an eine Montierung gestellt werden:

- Stabilität durch geringstmögliches Lagerpiel, extreme Steifigkeit und kürzeste Ausschwingzeiten
- Sichere Nachführung durch elektronisch optimierte Steuerung, präzise Mechanik und übersichtliche Bedienelemente
- Feldtauglichkeit durch kurze Aufbauzeit, schnellste Poljustierung und vom Stromnetz unabhängigen Betrieb

Die gelungene Kombination dieser Merkmale mit einer Optik der absoluten Spitzenklasse heisst CG-11 und kostet Fr. 11'900.—.

Preis freibleibend



Celestron CG-11 Teleskop

Grundausrüstung incl. C-11 Optik (280/2800), Tubus, 1 1/4" Zenitprisma, 1 1/4" Ultima-Okular 30mm, Sucher 8x50, Montierung G-11 mit Schwalbenschwanz, Polsucher f. N/S-Himmel, Motorsteuerung in beiden Achsen, 2 Gegengewichte je 5kg, Säulenstativ, Koffer für Optik und Montierung.

Bitte Datenblatt anfordern!

Generalvertretung für die Schweiz:

proastro

P. WYSS PHOTO-VIDEO EN GROS

Dufourstr. 124
8034 Zürich

Telefon 01 383 01 08
Telefax 01 383 00 94