Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 31 (1973)
Heft: 139

Heft

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

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

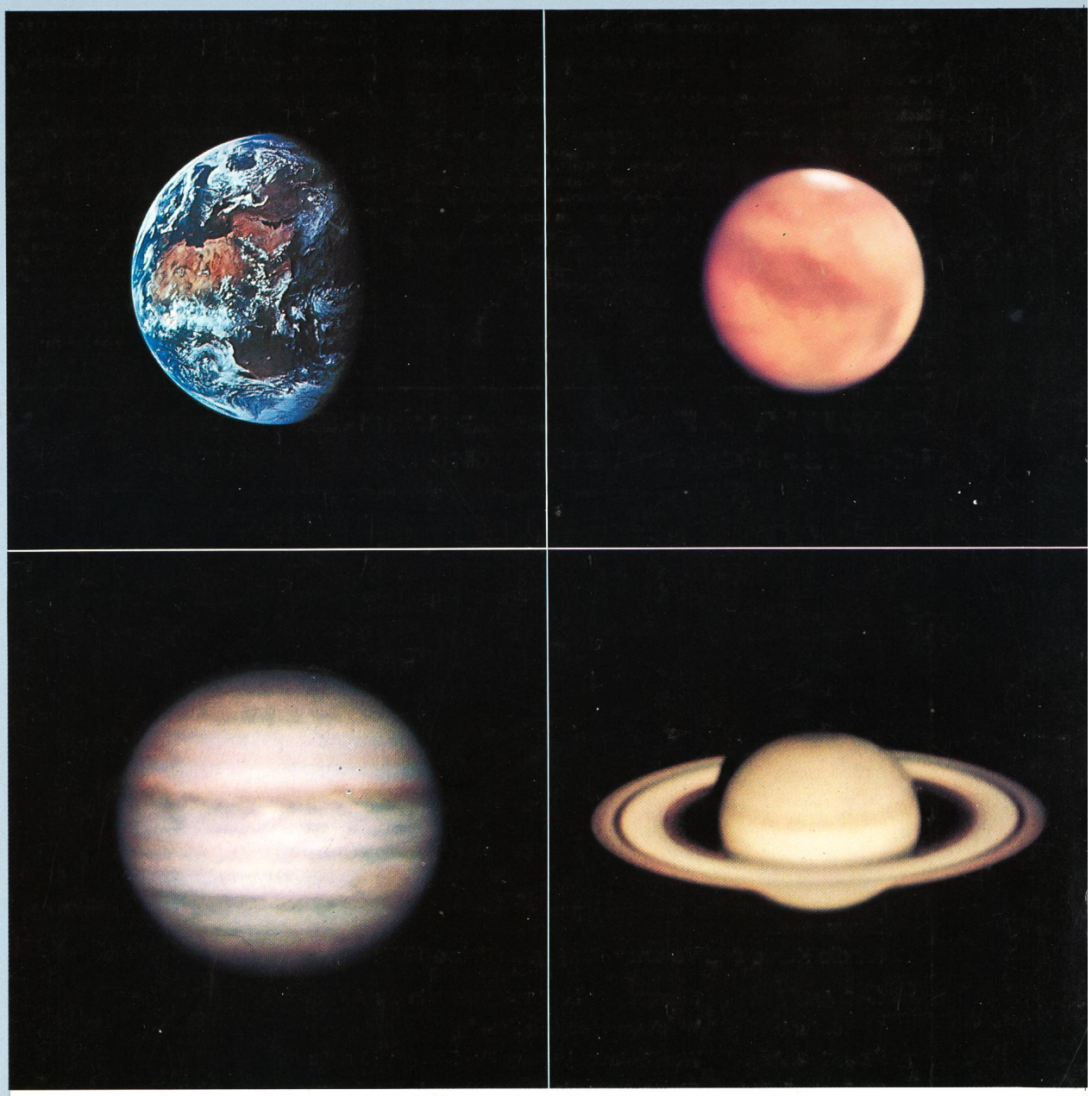
Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on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

Download PDF: 20.08.2025

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

ORION

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



31. Jahrgang
31e année

Dezember
Décembre
1973

139

Die vier Planeten: Erde, Mars, Jupiter und Saturn in den bisher besten Farbaufnahmen, wie sie vom Mond und von der Erde aus erhalten werden konnten. Man beachte die Strukturen auf Mars (Polkappe, Gebirgszüge und Wüsten), auf Jupiter (Wolkenbänder, grosser roter Fleck) und auf Saturn (Bänder, A-Ring, B-Ring und Florring und die Helligkeitsverteilung auf ihnen). Aufnahmen NASA und Hale-Observatories.
Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass vom Planeten Erde zahlreiche Detailaufnahmen, insbesondere von den Apollo-Missionen her, existieren und dass vom Planeten Mars die Raumsonden Mariner 7 und 9 eine Fülle von Einzelheiten im Bilde festgehalten haben. Inzwischen ist die Raumsonde Pioneer 10 in den Anziehungsbereich des Planeten Jupiter eingetreten und hat von ihm bereits Farbenbilder zur Erde zurückgesandt. Wir hoffen, unseren Lesern bald das eine oder andere dieser Bilder präsentieren zu können.

ORION

Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft (SAG)

Wissenschaftliche Redaktion ad interim besorgt von:

Dr. h. c. Hans Rohr, Vordergasse 57, 8200 Schaffhausen, Robert A. Naef, «ORION» Auf der Platte, 8706 Meilen, Dr.-Ing. E. Wiedemann, Garbenstrasse 5, 4125 Riehen

Ständige Mitarbeiter: Prof. Dr. H. Müller, Zürich — P. D. Dr. G. A. Tammann, Basel-Hamburg — S. Cortesi, Locarno-Monti — Dr. P. Jakober, Burgdorf — Kurt Locher, Grüt/Wetzikon

Redaktion für französische Sprache: vakant

Technische Redaktion ad interim besorgt von:
Dr.-Ing. E. Wiedemann, Garbenstrasse 5, 4125 Riehen

Copyright: SAG – SAS – Alle Rechte vorbehalten

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

Manuskripte, Illustrationen, Berichte: an die Redaktionsmitglieder

Die Verantwortung für die in dieser Zeitschrift publizierten Artikel tragen die Autoren.

Inserate: an die technische Redaktion, Garbenstrasse 5, 4125 Riehen. Zur Zeit gilt Tarif No. 4

Administration: Generalsekretariat der SAG, Vordergasse 57, CH-8200 Schaffhausen

Mitglieder: Anmeldungen und Adressänderungen nimmt das Generalsekretariat oder eine der gegenwärtig 22 Sektionen entgegen. Die Mitglieder der SAG erhalten deren Zeitschrift ORION, die 6 mal pro Jahr erscheint. Einzelhefte des ORION (Bezug vom Generalsekretariat): Schweiz Fr. 7.50, Ausland SFr. 8.— gegen Voreinsendung des Betrages.

Mitglieder-Beiträge: zahlbar bis 31. März (nicht an Generalsekretariat).

Kollektiv-Mitglieder zahlen *nur* an den Sektionskassier. *Einzelmitglieder* zahlen nur auf: Postcheckkonto Schweiz. Astronomische Gesellschaft Schaffhausen, PCh. 82-158 Schaffhausen direkt oder über Bank (+ Fr. 1.– Bankspesen) oder Ausland: Intern. Postanweisung an: K. Roser, Zentralkassier SAG, PCh. 82-158 Schaffhausen, Winkelriedstrasse 13, CH-8200 Schaffhausen. Schweiz: Fr. 42.–, Ausland: SFr. 48.–.

Der ORION erscheint 6x im Jahr in den Monaten: Februar, April, Juni, August, Oktober und Dezember. Redaktionsschluss: jeweils am 1. des vorhergehenden Monats.

ORION

Bulletin de la Société Astronomique de Suisse (SAS)

Rédaction scientifique ad interim aux bons soins de:

Dr. h. c. Hans Rohr, Vordergasse 57, 8200 Schaffhouse, Robert A. Naef, «ORION» Auf der Platte, 8706 Meilen, Dr.-Ing. E. Wiedemann, Garbenstrasse 5, 4125 Riehen

Avec l'assistance permanente de: Prof. Dr. H. Müller, Zürich — P. D. Dr. G. A. Tammann, Bâle-Hamburg — S. Cortesi, Locarno-Monti — Dr. P. Jakober, Berthoud — Kurt Locher, Grüt/Wetzikon

Rédaction de langue française: vacante

Rédaction technique ad interim aux bons soins de:
Dr.-Ing. E. Wiedemann, Garbenstrasse 5, 4125 Riehen

Copyright: SAG — SAS — Tous droits réservés

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

Manuscrits, illustrations, rapports: sont à adresser aux membres de la rédaction

La responsabilité pour les articles publiés dans ce bulletin est à charge des auteurs.

Publicité: à adresser à la Rédaction technique, Garbenstrasse 5, 4125 Riehen. Tarif valable no. 4

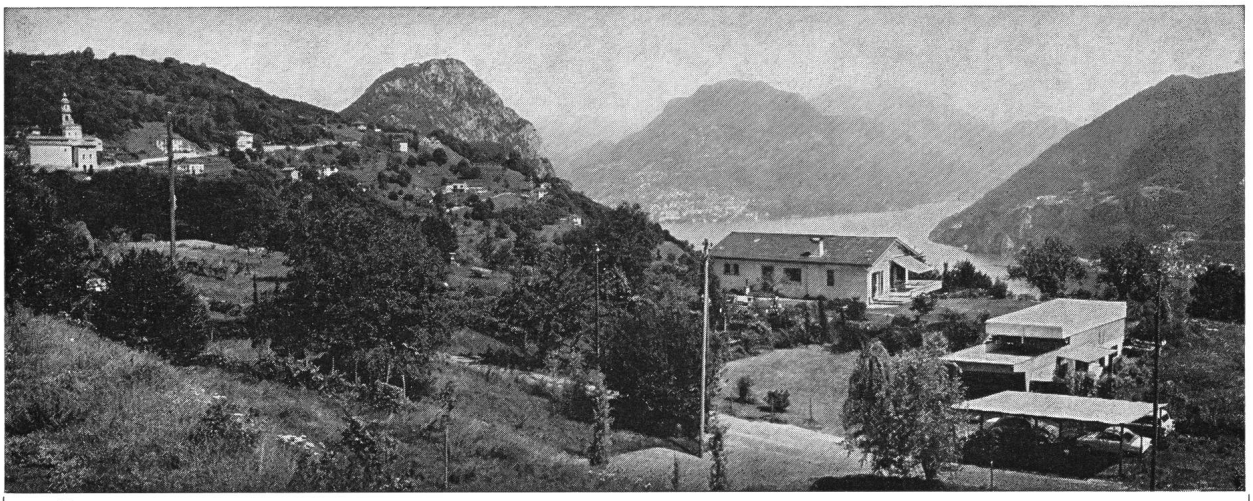
Administration: Secrétariat général SAS, Vordergasse 57, CH-8200 Schaffhouse

Membres: Prière d'adresser les demandes d'inscription et les changements d'adresses au Secrétariat général ou à une des 22 sections. Les membres de la SAS, reçoivent le bulletin ORION qui paraît 6 fois par an. Numéros isolés d'ORION: Suisse Fr. 7.50, Etranger FrS. 8.— (payement d'avance au Secrétariat général SAS)

Cotisation: payable jusqu'au 31 mars (pas au Secrétariat général)
Membres des sections: seulement au caissier de la section. *Membres individuels:* seulement au compte de chèques postaux de la Société Astronomique de Suisse, 82-158 Schaffhouse directement ou par banque (+ Fr. 1.—) ou étranger: mandat de poste international à K. Roser, caissier central SAS PCh. 82-158 Schaffhouse, Winkelried-Strasse 13, CH-8200 Schaffhouse. Cotisation annuelle: Suisse Fr. 42.–, Etranger FrS. 48.–.

L'ORION paraît 6 fois par an: Dans les mois: Février, Avril, Juin, Août, Octobre et Décembre. Dernier délai pour l'envoi des articles: le 1 du mois précédent.

CALINA Ferienhaus und Sternwarte CARONA
idealer Ferientreffpunkt aller Amateur-Astronomen



Programm:
für die Kurse und Veranstaltungen im Jahre 1974:

1.–6. April	Elementarer Einführungskurs in die Astronomie
15./16. Juni	Wochenend-Kolloquium
29. Juli–3. Aug.	Wochenkurs, Leitung Hr. Greuter, Herisau
30. Sept.–5. Okt.	Elementarer Einführungskurs in die Astronomie

Auskünfte und Anmeldungen:
Frl. Lina Senn, Spisertor, CH-9000 St. Gallen, Tel. 071-23 32 52 Telex: 77685

Techn. und wissenschaftlicher Berater:
Herr Erwin Greuter, Haldenweg 18, CH-9100 Herisau

ORION

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

31. Jahrgang, Seiten 169—200, Nr. 139, Dezember 1973 31e année, pages 169—200, No. 139, Décembre 1973

Durée de vie et âge des amas d'étoiles

par P. Bouvier,
Observatoire de Genève

Fig. 1: Amas d'étoiles h et χ Persei. Photo prise avec la caméra Schmidt 200 mm, f = 458 mm, Ektachrome X, 20 minutes, Gornergrat.

La *durée de vie* d'un système stellaire en général est à considérer comme le temps que prendra ce système pour se désintégrer complètement à la suite de son évolution dynamique.

L'*âge* du système n'est en conséquence qu'une fraction de sa durée de vie et on l'évalue le plus souvent à l'aide des propriétés astrophysiques des étoiles membres du système.

Aussi bien la durée de vie T que l'âge A sous-entendent que le système a été formé à une époque bien définie et, en ce qui concerne T, que soit précisé l'état final du système.

Du fait qu'ils appartiennent à la population I de la Galaxie, les amas d'étoiles appelés *ouverts* ou galactiques nous présentent une grande variété d'âges.

Soient

$f(A, t)$ la distribution d'âges à l'époque t

$\varphi(T)$ la distribution des durées de vie

$\psi(t)$ le taux de formation des amas ouverts, à l'époquet.

Si tous les amas, au nombre de $\psi(t')\,dt'$, formés entre t' et $t' + dt'$, sont encore présents à une époque $t > t'$, leur âge est manifestement $A = t - t'$. Tel pourrait ne pas être le cas si certains d'entre eux avaient des durées de vie inférieures à A; la probabilité d'atteindre l'âge A, soit

$$P(A) = 1 - \int_0^A \varphi(T)\,dT \tag{1}$$

si $\varphi(T)$ est normalisée à l'unité, nous permet alors d'écrire la relation suivante

$$f(A,t) = \psi(t-A)\,P(A) \tag{2}$$

Le fait que $\varphi(T)$ et par suite $P(A)$ ne dépendent pas de t revient à admettre que les causes de désagrégation des amas sont restées les mêmes au cours du temps.

Dans le cas hypothétique où les T seraient tous égaux à une valeur commune T_0:

$$\varphi(T)\,dT = \delta(T-T_0)\,dT$$

nous aurions

$$f(A,t) = \psi(t-A)\,U(T_0-A)$$

où $U(x)$ est la fonction discontinue définie telle que

$$U(x<0) = 0 \text{ et } U(x>0) = 1$$

Par conséquent ici

$f(A > T_0) = 0$ tandis que $f(A < T_0)$ reflète directement le taux de formation à l'époque t–A.

La distribution d'âges $f(A, t)$ est en principe observable si t désigne l'époque actuelle et WIELEN (1971a, 1971b) a rassemblé les données d'observation relatives aux âges d'une soixantaine d'amas ouverts catalogués par BECKER (1963), LINDOFF (1968), BECKER-FENKART (1970) en suivant une calibration d'âges de LINDOFF (1968) et de BARBARO et al. (1969.) La distribution d'âges qui résulte de là peut être affectée par trois causes:

a) les effets de sélection, en raison desquels il est plus difficile de dépister photométriquement un amas vieux qu'un amas jeune, le premier contenant moins d'étoiles bleues brillantes.

On se libère de a) en limitant la distance des étoiles observées.

b) le taux de formation, qui aurait pu changer au cours du temps, mais semble être resté (du moins pour les étoiles de champ) sensiblement le même depuis 10^9 ans sur une échelle spatiale de l'ordre de 2 kpc, soit approximativement une longueur d'onde de densité. Localement, il faut s'attendre à des fluctuations de ψ, en particulier à proximité d'un bras spiral.

c) la dissolution des amas, qui commande en fait l'allure de $f(A, t)$ illustrée fig. 1; on remarque la nette diminution des amas d'âge croissant, en conséquence de la désagrégation interne et en limitant les sondages à 1 kpc (WIELEN), on peut dire en gros que 50% des amas ouverts vivent au-delà de 2×10^8 ans, 10% au-delà de 4×10^8 ans, 3% au-delà de 10^9 et 0,2% au-delà de 2×10^9 ans. Il n'existe ainsi presque pas d'amas ouvert très vieux ($> 10^9$ ans).

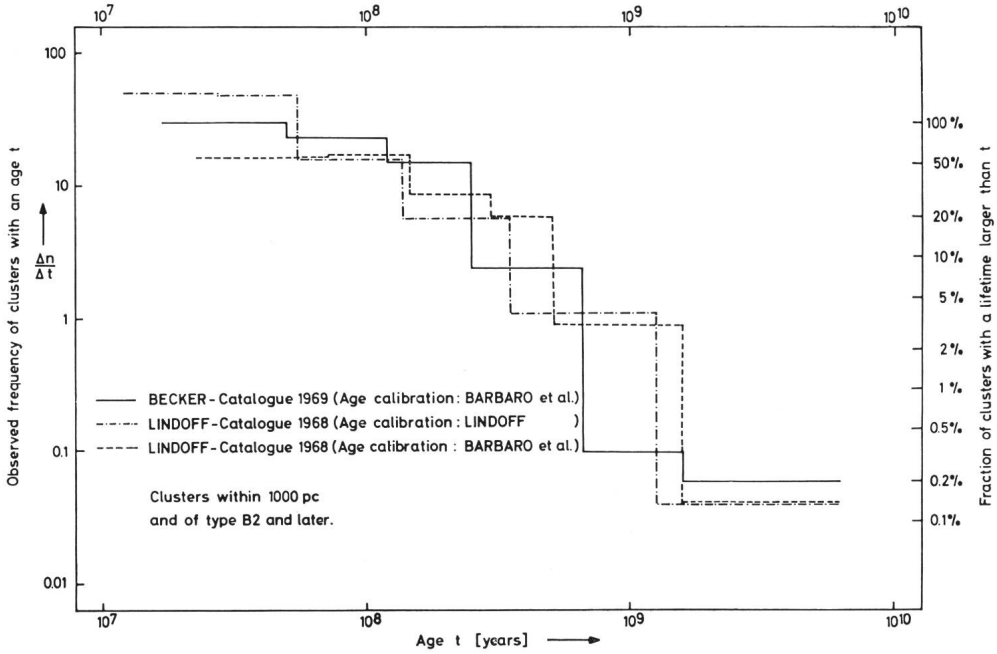


Fig. 2: Distribution observée des âges des amas ouverts. (Selon R. WIELEN, Astroph. Space Sci., *13*, (1971), 300).

En supposant selon b) que $\psi(t)$ reste constant, nous pouvons mettre (2) sous la forme

$$f(A, t) = f(0, t)\, P(A) \tag{3}$$

Choisissant alors pour $f(0, t)$ la distribution de l'âge le plus faible (env. 10^7 ans) fournie par la fig. 1, on tirera de (3) après dérivation par rapport à A,

$$\varphi(T) = -\frac{1}{f(0, t)} \frac{\delta f(A, t)}{\delta A} \Big/_{A = T}$$

Cependant, l'incertitude sur $f(0, t)$ est beaucoup trop grande pour que l'on puisse obtenir de la sorte une distribution des durées de vie, dépourvue d'ambiguité.

I. Les causes de désintégration des amas.

Nous en distinguerons quatre:

1. *l'évolution dynamique interne* de l'amas, dominée par l'effet des rencontres entre étoiles membres, entrainant d'une part des échanges d'énergie entre ces étoiles et d'autre part l'éventuelle évasion d'étoiles dont l'énergie dépasse un certain seuil E_e; on adopte $E_e = 0$ pour un amas isolé. Sont surtout efficaces ici les chocs à proximité, qui se produisent de préférence près du centre de l'amas, région également propice aux chocs multiples, donc à l'activité binaire. Le résultat de cette évolution est la séparation de l'amas en une région centrale ou *noyau* où se développe rapidement un pic de densité aigu et un *halo* en expansion avec en plus, une lente *évaporation* d'étoiles dont le taux est sensible au spectre de masse.

Lorsque le nombre total N d'étoiles de l'amas est assez grand, l'effet des chocs multiples est généralement négligeable. Par définition de la durée de vie T,

l'état de dissolution complète correspondrait à $N(T) = 0$, mais on se contente le plus souvent d'estimer un temps moyen d'évaporation $\overline{T}_{ev}$ où $T_{ev}(t)$ est lié au taux d'évaporation par

$$\frac{dN}{dt} = -\frac{N(t)}{T_{ev}}$$

Dans le cas spécial où ce taux reste constant, T_{ev} désigne alors le temps qui reste à vivre, à l'instant t, à l'amas.

2. *la perte de masse par évolution stellaire interne.*

Plus sensible pour les étoiles massives qui ont d'ailleurs tendance à se confiner vers le centre, ce phénomène, dans la mesure où la masse éjectée se disperse vers l'extérieur, a pour conséquence principale un relâchement de l'énergie de liaison de l'amas, d'où une expansion partielle de ce dernier.

A ces deux causes internes de désintégration viendront s'ajouter deux causes externes, à savoir

3. *l'effet de marée du champ galactique*, lequel entraine un abaissement du seuil énergétique E_e à franchir en cas d'évaporation; on aura $E_e < 0$ pour toute étoile candidate à l'évasion. Il en résulte, vis-à-vis du cas d'un amas isolé, une activation de l'évaporation et une diminution de la durée de vie, ce que confirment nettement les expériences numériques (Wielen, Hayli). En outre, il y a maintenant possibilité d'évasion par accroissement graduel d'énergie (cumulation de chocs faibles), et de préférence le long de l'axe de symétrie de la surface des vitesses nulles.

4. *le passage de nuages interstellaires;*

L'image la plus réaliste que l'on puisse tracer de ces nuages de matière diffuse et obscure, basée sur des données assez maigres, semble être celle d'objets de masse modérée (50 à 500 masses solaires) animés de vitesses plutôt élevées (10 à 15 km/sec), ce qui permet d'adopter l'hypothèse d'approximation impulsive (Spitzer, 1958) selon laquelle durant le temps de passage du nuage à proximité de l'amas, les positions des étoiles de l'amas n'ont pas varié de façon appréciable.

L'effet majeur est ici un accroissement de l'énergie totale U laquelle, de négative qu'elle était tout d'abord, tend à devenir nulle au bout d'un temps de dissolution T_d; l'amas aura perdu alors sa cohésion gravitationnelle.

Cependant, la définition de l'état final de désagrégation de l'amas reste ambigu; aurons-nous $N(T) = 0$ ou 1 ou encore 2 si l'amas se réduit finalement à une binaire stable? A vrai dire, et les expériences numériques le montrent bien, l'évolution dynamique s'achèvera, lorsque $U = 0$, par la production d'une ou de plusieurs binaires stables indépendantes ou encore par la scission de l'amas en sous-systèmes indépendants. Il est donc préférable de s'en référer à une échelle de temps telle que $\overline{T}_{ev}$ ou T_d plutôt qu'à une durée de vie relative à une «dissolution complète» de l'amas.

II. Calcul du temps de dissolution T_d.

Examinons d'abord l'effet des causes extérieures de désagrégation; tenir compte simultanément de 3 et 4 conduit à un problème de géométrique compliqué, alors qu'en ne retenant d'abord que 3, on peut ramener à un problème plan et calculer assez facilement l'accroissement d'énergie totale dU/dt par unité de temps.

Désignons par:

ϱ_a, la densité de masse moyenne due aux nuages,

ϱ_n, la densité de masse intérieure à un nuage supposé sphérique et de rayon R_n,

V, la vitesse moyenne d'un nuage quelconque par rapport à l'amas stellaire de masse M_c et de rayon quadratique moyen R_c.

Invoquant l'hypothèse d'approximation impulsive et attribuant à tous les nuages une opacité identique, de sorte que $\varrho_n R_n$ sera indépendant de R_n' on trouve (Spitzer, 1958):

$$\frac{dU}{dt} = \left(\frac{4\pi G}{3}\right)^2 \frac{1}{V} M_c R_c^2 \varrho_n R_n \varrho_a \tag{4}$$

lorsqu'il n'y a qu'un seul type de nuage.

Admettant que le théorème soit vérifié à tout instant,

$$2U = \gamma G \frac{M_c^2}{R_c} \tag{5}$$

et que le facteur de structure γ reste constant ($\gamma = \gamma_0$), on tire de (4) et (5), après intégration de $U = U_0 < 0$ à $U = 0$ le temps de dissolution

$$T_d = \frac{\gamma_0}{8\pi G} \frac{V \varrho_c}{\varrho_n R_n \varrho_a}$$

où

$$\frac{4\pi}{3} \varrho_c R_c^3(0) = M_c(0).$$

En présence de plusieurs types de nuages, désignés par un indice k, nous devrons sommer sur k l'expression (4); de plus, l'inclusion des passages de nuages à proximité immédiate de l'amas, dont Spitzer n'avait pas tenu compte, a pour effet d'augmenter T_d dans le rapport 9/4 (Bouvier, 1971). Le temps de dissolution devient finalement

$$T_d = \frac{\gamma_0 \varrho_c}{18\pi G} \left(\sum_k \varrho_{nk} R_{nk} \varrho_{ak} / V_k \right)^{-1} \tag{6}$$

Par ailleurs, nous avions tenté (Bouvier et Janin, 1970) des expériences numériques sur un petit amas stellaire de 25 étoiles initialement logées dans une sphère de rayon 2 ϱ_c et soumis à l'action répétée du passage de trois types de nuages que nous avaient suggéré les quelques données d'observation utilisables. L'énergie totale U devenait nulle après une durée de 300 millions d'années, soit presque trois fois moins que la valeur calculée selon (6), ce qui ne surprend guère puisque les expériences numériques établies à partir des équations du mouvement de chacune

des étoiles, tiennent automatiquement compte de l'évolution 1 de l'amas, mais pas le développement analytique basé sur l'approximation impulsive et conduisant à (6).

D'autre part, l'inclusion à (6) du champ de marée galactique 3 nous amène à introduire un rayon de stabilité fini R_S de l'amas usuellement défini par

$$R_S = \left(\frac{M_C}{2\,M_g}\right)^{1/3} R_g$$

pour un amas situé à distance R_g du centre galactique porteur de la masse totale de la Galaxie M_g. Un raisonnement assez direct (Bouvier, 1971) permet alors de définir, pour l'état de cohésion gravitationnelle nulle de l'amas, l'énergie-limite.

$$U_S = -\frac{3}{5}\,G\,\frac{M_C^2}{R_C} \tag{7}$$

Intégrant alors (4) de U_0 à U_S, on obtient un temps de dissolution T_d' égal à T_d donné par (6), multiplié par un facteur de correction galactique

$$\Gamma = 1 - \left(\frac{U_S}{U_0}\right)^3 \tag{8}$$

Dans le cas du petit amas de 25 étoiles, placé à 10 kpc du centre galactique, on vérifie que $\Gamma = 0.21$, ce qui révèle, indépendamment de la valeur de T_d, l'importance prépondérante de l'effet de la Galaxie sur celui des nuages. Une conclusion similaire pour de plus grands amas avait été obtenue qualitativement par Wielen (1971); l'influence des nuages consistant surtout à balayer les étoiles évadées trainant encore au voisinage de l'amas.

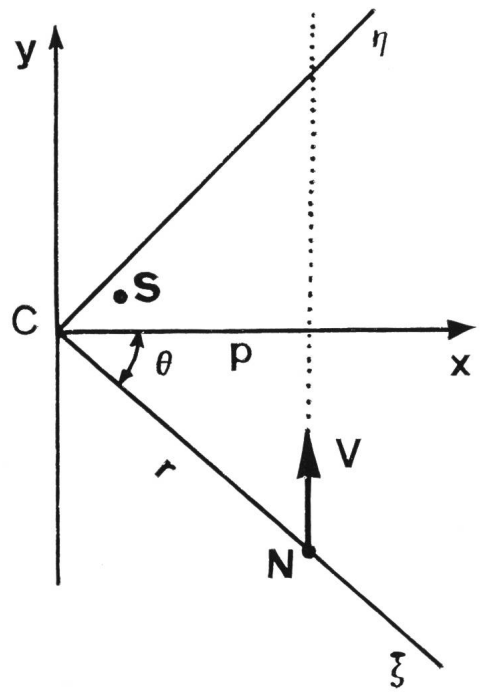


Fig. 3: Passage d'un nuage de centre N et de vitesse V à proximité d'un amas stellaire de centre C.

III. Confrontation avec les observations.

Malgré le fait que, d'une part, le traitement du problème par expériences numériques ou simulation se heurte à de sérieuses difficultés si l'on veut tenir compte simultanément des effets 3 et 4 et que, d'autre part, l'approche analytique de l'effet 1 nous place devant le problème des N corps, non résoluble par cette voie, il reste à voir s'il n'est cependant pas possible d'améliorer l'estimation du temps de dissolution. A cet effet, remarquons que l'évolution dynamique est caractérisée avant tout par la formation rapide du pic de densité centrale tandis que M_C et U baissent relativement lentement sous l'influence de l'évaporation. Admettant donc une croissance marquée de γ au cours du temps, M_C et U restant presque constants, nous voyons alors que, d'après (5), γ croît proportionnellement à R_C, ou aussi que γ^2 varie comme le moment d'inertie $I = M_C R_C^2$, qui était précisément l'une des grandeurs contrôlées régulièrement au cours des expériences numériques.

On vérifie alors que I ou γ^2 accuse une croissance très sensiblement exponentielle

$$\gamma = \gamma_0 \exp(t/\tau) \tag{9}$$

avec une constante de temps $\tau = 130$ millions d'années si l'on tient compte des nuages (Bouvier, 1972).

Reportant (9) dans (5) et (4), nous intégrons de nouveau sur U de $U = U_0$ à $U = U_S$ donné par (7) afin d'obtenir le temps T_d'' de dissolution en présence des deux influences extérieures 3 et 4 venant s'ajouter à l'évolution dynamique 1:

$$\exp(T_d''/\tau) = 1 + \frac{T_d}{\tau}\,\Gamma \tag{10}$$

où T_d est fourni par (6).

Avec les données relatives au petit amas de 25 étoiles, nous tirons de (10), d'abord en négligeant l'effet galactique ($\Gamma = 1$),

$$T_d'' = 265 \text{ millions d'années}$$

en accord raisonnable avec les 300 résultant du calcul numérique. Avec l'influence du champ galactique, le facteur (8) vaut ici 0.21 et T_d'' se réduit à

$$T_d'' = 115 \text{ millions d'années.}$$

Cette dernière valeur, un peu supérieure à une demi-révolution de la Galaxie, apparaît compatible avec la plupart des âges que donne Allen (1962) pour une douzaine de petits amas plus ou moins comparables à notre prototype de 25 étoiles; les âges de ces amas, lesquels comportent chacun deux à trois douzaines d'étoiles, sont en effet inférieurs à 115 millions d'années sauf deux d'entre eux dont l'un est par d'autres propriétés un cas très spécial.

Bibliographie:
AARSETH, S. J., 1971, Astrophys. Space Sci., *14*, 20.
ALLEN, C. W., 1962, Astrophysical Quantities, 2d ed., Athlone P., London.
BARBARO, G., DALLAPORTA, N., FABRIS, G., 1969, Astrophys. Space Sci., *3*, 123.
BECKER, W., 1963, ZfA., *57*, 117.
BECKER, W., FENKART, R., 1970, IAU Symposium No. 38, 205, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht.
BOUVIER, P., 1971, Astron. Astrophys., *14*, 341.
BOUVIER, P., 1972, Astron. Astrophys., *21*, 441.
BOUVIER, P., JANIN, G., 1970, Astron. Astrophys., *9*, 461.
HAYLI, A., 1970, Astron. Astrophys., *7*, 17.
LINDOFF, U., 1968, Ark. Astr., *5*, 1.
SPITZER, L., 1958, Ap. J., *127*, 17.
WIELEN, R., 1968, Bull. Astron., *3* (3), 127.
WIELEN, R., 1971, Astron. Astrophys., *13*, 309.

Adresse de l'auteur: Prof. P. BOUVIER, Observatoire de Genève, CH-1290 Sauverny.

Les étoiles solides

par H. ANDRILLAT,
Observatoire de Haute-Provence

On se représente habituellement une étoile comme une gigantesque sphère de gaz à très haute température. Telle est en effet la structure de la plupart des étoiles et notre soleil ne fait pas exception. C'est une étoile normale. Aussi le terme d'étoile solide a de quoi nous surprendre, lorsqu'on a évidemment écarté la confusion possible avec une planète qui mérite certes le nom d'astre mais jamais celui d'étoile. Une planète n'est pas lumineuse par elle-même et si certaines apparaissent comme les astres les plus brillants du ciel, c'est seulement que, très proches de nous, elles réfléchissent la lumière du soleil. D'autre part, leur masse reste toujours très petite par rapport à celle d'une étoile. C'est donc bien d'étoiles que nous voulons parler en abordant cette question des étoiles solides, mais d'étoiles si particulières et par suite si peu nombreuses, si faibles aussi, qu'il a fallu attendre les tout derniers développements des techniques d'observation pour prouver leur existence.

La masse et l'équilibre d'une étoile:

En appliquant les lois de la mécanique céleste aux mouvements observés des planètes, on trouve la masse du soleil avec une grande précision. Adoptons la valeur 2.10^{33} grammes. Comme 1 tonne vaut 10^6 grammes, c'est 2.10^{27} tonnes et comme 10^9 représente le milliard, la masse du soleil vaut donc deux milliards de milliards de milliards de tonnes ($3 \times 9 = 27$). Curieusement cette masse du soleil représente bien la masse moyenne d'une étoile quelconque, qui n'est jamais très sensiblement inférieure et, sauf de très rares exceptions, ne dépasse pas 30 fois la masse solaire. A cette uniformité approximative des masses stellaires, il y a une raison profonde que nous pouvons entrevoir en réfléchissant sur les conditions d'équilibre de l'astre.

Une des lois les plus fondamentales du monde macroscopique est la *loi de gravitation universelle* ou *loi de Newton:* deux corps quelconques s'attirent en raison directe de leurs masses et en raison inverse du carré de leur distance.

On montre alors que si l'un des corps est sphérique et de densité homogène, c'est son centre qui, en fait, attire l'autre corps. Ainsi la chute d'un objet est dirigée vers le centre de la terre. De même dans une étoile à l'état gazeux, tout élément de matière est sollicité par une attraction vers le centre de l'astre. C'est ce que l'on appelle la *gravité*. Pour que cet élément de matière, comme tous les autres d'ailleurs, reste en place, ne rejoigne pas le centre et donc que l'étoile ne s'écroule pas sur elle-même par gravité, il faut, dans un milieu gazeux sans rigidité, qu'une force s'oppose à cette attraction centrale. Cette force compensatrice est précisément la pression du gaz lui-même et l'équilibre est schématisé par la figure 1 qui montre l'élément de matière, m, en équilibre, dans l'étoile sphérique de centre C, entre la gravité G et la pression P.

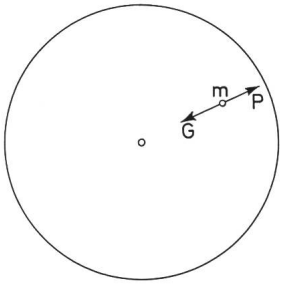


Fig. 1: Equilibre entre la gravité et la pression de gaz dans une étoile normale.

Mais on sait bien en physique que pression et température sont deux grandeurs liées et qui varient d'ailleurs dans le même sens. Ainsi dans une étoile, la pression croît du bord au centre (de zéro à plusieurs milliards de fois la pression atmosphérique), comme la température qui, dans le cas du soleil par exemple, croît d'environ 5800° au bord jusqu'à plus de 10 millions de degrés au centre. Ces températures centrales sont les températures optimales pour que se réalise spontanément la transmutation en hélium de l'hydrogène, principal constituant de l'astre. On sait que cette transmutation est la source d'énergie de

toutes les étoiles. Fantastique réservoir d'hydrogène, une étoile comme le soleil ne brûle son combustible que, peu à peu, au voisinage de son centre où se trouve atteinte la température de 10^7 degrés et peut, par suite, débiter son énergie au taux actuel pendant des milliards d'années. C'est ce débit d'énergie qui, traversant l'étoile, maintient en chaque point la température et, partant, la pression qui s'oppose à son écroulement. Une étoile réalise ainsi un remarquable équilibre entre la gravité, la pression et la température d'une certaine masse d'hydrogène, provenant de la nébuleuse initiale.

La naissance d'une étoile:

On sait qu'une étoile se forme à partir des grands nuages de matière interstellaire, telle la belle nébuleuse d'Orion. Là, autour d'une zone de plus grande concentration, la gravité va «écrouler» une partie de la nébuleuse, augmentant, au centre de cette accrétion, pression et température. Cet écroulement cessera seulement lorsque la température centrale déclenchera la transmutation hydrogène–hélium et cet évènement se produira lorsqu'une masse bien déterminée de matière nébulaire aura été mise en jeu. Alors seulement l'étoile est née. Elle a la masse en question, presque toujours la même, approximativement du même ordre de grandeur que la masse du soleil. L'astre atteint alors rapidement et pour des milliards d'années, son autonomie, les mécanismes antagonistes cités ci-dessus limitant toute nouvelle accrétion à des quantités négligeables de matière.

Ainsi pour des milliards d'années, l'astre est en équilibre gazeux avec une densité de l'ordre du gramme par cm^3 en moyenne. Calculons cette densité pour le soleil dont on observe le rayon à 700000 km = $7 \cdot 10^{10}$ cm. Le volume d'une sphère de rayon R est

$$V = \frac{4\pi}{3} R^3$$

et si M est la masse, sa densité est

$$d = \frac{M}{\frac{4\pi}{3} R^3}$$

avec $M = 2 \cdot 10^{33}$ et $R = 7 \cdot 10^{10}$, on trouve $d = 1{,}4$ g/cm^3 pour la densité moyenne du soleil qui sera, en fait, évidemment croissante du bord au centre (comme la pression); elle est environ 100 fois plus petite au bord que sa valeur moyenne et 100 fois plus grande au centre, toutes valeurs parfaitement compatibles avec l'état gazeux.

La fin de l'évolution stellaire et l'écroulement gravitationnel

Une étude détaillée des fins d'évolution stellaire serait hors du sujet. Pour le point de vue qui nous intéresse ici, disons seulement que la fin d'évolution stellaire se produit lorsque cessent, par épuisement de l'hydrogène, les réactions énergétiques thermonucléaires et que reprend l'écroulement gravitationnel originel, longtemps stoppé par l'équilibre gazeux. Très schématiquement c'est la valeur précise de la masse stellaire (qui, rappelons-le, varie peu d'une étoile à l'autre) qui va distinguer les cas possibles. Si la masse de l'étoile est inférieure à 1,2 fois celle du soleil (c'est en particulier le cas de celui-ci), la mort de l'étoile gazeuse est une simple extinction de son débit énergétique dans une proportion considérable, suivie d'une nouvelle étape d'écroulement gravitationnel qui l'amènera à un nouvel état d'équilibre, *la naine blanche* qui est, en partie, une *étoile solide*. Si au contraire, la masse de l'astre dépasse la valeur critique signalée, l'écroulement gravitationnel sera précédé de phénomènes cataclysmiques, dont le plus spectaculaire est l'explosion d'une supernova, l'étoile rayonnant alors, mais pour quelques semaines au plus, autant d'énergie que la galaxie toute entière à laquelle elle appartient. Une partie de la masse est alors éjectée, formant de belles nébulosités comme la nébuleuse du Crabe, encore en expansion rapide, ou les Dentelles du Cygne. Ce qui reste de l'étoile (et c'est très approximativement une masse égale à la masse solaire) participe à l'écroulement gravitationnel ultérieur, comme si la condensation ultime d'un astre ne devait porter que sur une masse bien déterminée, voisine de la masse solaire. Mais, dans ce cas, l'explosion de l'astre a en quelque sorte donné plus de force à l'écroulement qui suit et qui dépassera le stade de naine blanche, brisant facilement ce premier état solide possible, état d'équilibre de la naine blanche, pour atteindre le stade d'une *étoile à neutrons*, presque entièrement solide et d'une rigidité extrême par rapport au matériau qui constitue le noyau de la naine blanche[1]).

Enfin l'écroulement gravitationnel, pour les masses initiales les plus grandes, peut atteindre une intensité encore plus grande, telle que même le superfluide des neutrons ne lui résiste pas. Il se poursuivra alors indéfiniment jusqu'au *trou noir* où l'astre disparaîtra dans un monde étrange, qui bouscule toutes les lois connues de notre physique.

Les étapes de l'écroulement gravitationnel – Les pressions antagonistes – Les densités des étoiles solides

Dans une étoile normale, le gaz est ionisé. Chaque atome est séparé de son cortège d'électrons. Les noyaux se trouvent donc noyés dans un véritable gaz d'électrons. Tant que les pressions ne sont pas trop grandes, la distribution des vitesses de ces électrons est conditionnée par la seule température suivant une répartition statistique, qu'on appelle une loi de Gauss. Sur le graphique de la figure No 2 qui la représente, on peut lire le nombre d'électrons qui ont une vitesse donnée, dans un certain volume, à une certaine température.

On voit qu'à la température T, il existe une vitesse privilégiée, v_m (vitesse moyenne). Presque tous les électrons se déplacent à cette vitesse. Très peu au contraire ont une vitesse très faible ou nulle, très peu ont une vitesse très grande, par exemple voisine de celle de la lumière.

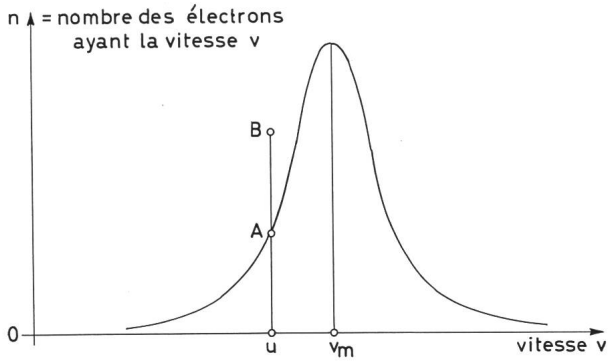


Fig. 2: Répartition statistique des électrons dans un gaz ionisé.

Si, dans ce même volume de gaz et toujours à la même température, la pression augmente, pour chaque vitesse le nombre d'électrons va augmenter dans un certain rapport, le même pour toutes les vitesses. Par exemple, il va doubler. A la vitesse u, on passera du nombre A au nombre B = 2A. La nouvelle courbe de répartition statistique, construite ainsi, point par point, est encore représentative d'une loi de Gauss.

Mais le processus ne peut se reproduire indéfiniment quand la pression augmente toujours. Dans le volume de gaz considéré, le nombre d'électrons ayant la vitesse v plafonne à une certaine valeur. Cela résulte d'un principe de la physique des particules, connu sous le nom de *principe d'exclusion de Pauli*, selon lequel il existe un volume élémentaire à l'intérieur duquel il ne peut pas y avoir 2 particules avec les mêmes caractéristiques quantiques. Ainsi, aux pressions très fortes, la courbe de répartition s'écrase sur un plafond comme le montre la figure 3.

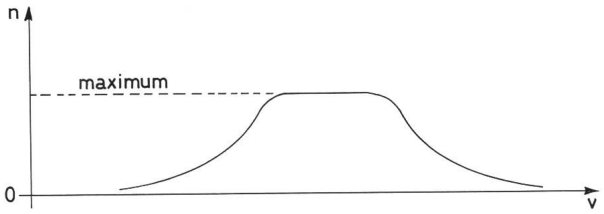


Fig. 3: Déformation de la courbe de répartition statistique à la dégénérescence du gaz.

On dit qu'il y a *dégénérescence* du gaz d'électrons. A la limite, à la *dégénérescence complète*, la courbe est «rectangulaire».

Toutes les vitesses sont également représentées, et surtout, la pression augmentant toujours, la population des électrons à grande vitesse devient très importante. A la limite, une grande proportion des électrons sont *relativistes*, c'est-à-dire ont des vitesses très voisines de celle de la lumière, c.

La partie hachurée de la figure 4 représente la population des électrons qui ont, par exemple, une vitesse supérieure à c/2.

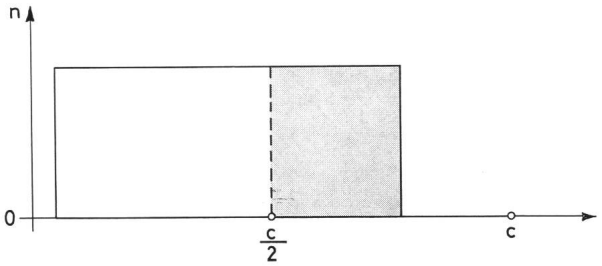


Fig. 4: Schéma de la dégénérescence complète.

La dégénérescence du gaz d'électrons se produit pour des densités de matière de l'ordre de 10^6 grammes/cm³. Les électrons à grande vitesse sont dotés de très hautes énergies qui constituent une pression antagoniste à l'écroulement gravitationnel qui les a créées. C'est la *pression de dégénérescence électronique*. (On peut en effet aisément montrer que toute pression est équivalente à une densité d'énergie).

C'est la pression de dégénérescence électronique qui arrête l'écroulement gravitationnel lorsque l'évolution de l'astre est figée au stade de naine blanche. Le milieu central est alors constitué par une matière hypersolide qui vaut à la naine blanche le nom d'étoile solide.

Dans les états solides qui nous sont familiers, la dégénérescence n'est que très partielle. Les noyaux sont encore enveloppés de nuages d'électrons qui atténuent grandement les forces de répulsion mutuelle dues aux charges électriques positives des noyaux. Le solide reste compressible, déformable. Au contraire, à la dégénérescence complète, les électrons passent si vite près des noyaux que leur influence devient inexistante. Les forces électriques de répulsion mutuelle agissent alors pleinement entre les noyaux qui s'équilibrent ainsi aux mailles d'un réseau cristallin d'une rigidité et d'une incompressibilité fantastiques, qui en font un solide parfait.

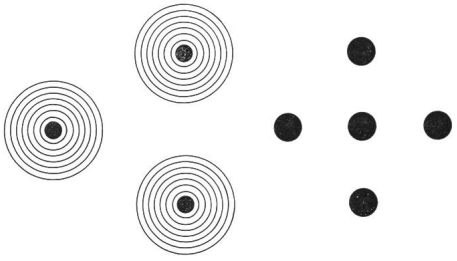


Fig. 5: Formation du réseau cristallin hypersolide.

Sur la fig. 5, à gauche, le cortège électronique atténue les répulsions mutuelles entre les noyaux. C'est le solide ordinaire encore facilement déformable et compressible. A droite, les interactions fortes entre les noyaux ne sont plus atténuées; la rigidité du réseau cristallin est des milliards de fois plus forte que dans le solide ordinaire.

La naine blanche est une étoile (par exemple le compagnon de Sirius) qui a la masse du soleil environ mais un rayon de l'ordre de grandeur de celui de la terre (rayon de la terre = 6378 km). Ainsi par rapport au soleil de rayon 700000 km, elle a un rayon 100 fois plus petit, disons 7000 km. Son volume est donc un million de fois (10^6) plus petit et, à masse égale, sa densité 10^6 fois plus grande. Du gramme par cm^3 pour une étoile gazeuse normale, comme le soleil, on atteint donc avec la naine blanche des densités moyennes de 10^6 g/cm^3, soit une tonne par cm^3. Evidemment la densité au centre sera encore plus grande (10^8 g/cm^3); elle sera beaucoup plus faible à la surface de l'astre.

La figure 6 représente la coupe d'une naine blanche qui garde encore sur la moitié extérieure de son rayon une densité compatible avec l'état gazeux mais présente un noyau central de matière dégénérée hypersolide. Les très hautes pressions centrales entraînent des températures très élevées même pour la partie gazeuse qui a par suite un rayonnement très «blanc». L'astre est bien une *naine* (elle n'est pas plus grosse qu'une planète) *blanche*.

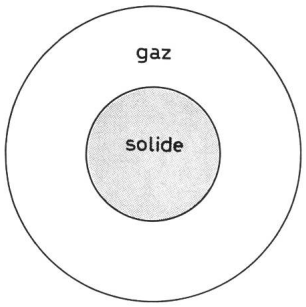


Fig. 6: Schéma de la naine blanche.

L'état de dégénérescence de la matière nous explique ainsi pourquoi l'écroulement gravitationnel peut être immobilisé au stade de naine blanche et l'on retrouve bien par l'*observation* de la masse et du rayon de l'astre la densité moyenne, 10^6 g/cm^3, caractéristique de la dégénérescence électronique.

Comment l'hypersolidité de la matière dégénérée peut-elle être vaincue dans certains cas d'écroulement gravitationnel (avec une masse initiale plus grande et un cataclysme de fin d'évolution gazeuse) et conduire à un astre encore plus «écroulé» que la naine blanche?

La réponse se trouve dans les lois de la physique des particules. Quand, aux très hautes pressions, le gaz des électrons est presque entièrement *relativiste* (c'est-à-dire que tous les électrons ont des vitesses très voisines de celle de la lumière) chaque électron a une énergie telle qu'il peut percuter un proton (noyau de l'atome d'hydrogène) au lieu de se mettre normalement en orbite autour de lui pour reformer un atome d'hydrogène. La réaction donne naissance à un *neutron*.

$$p^+ + e^- \rightarrow n + \nu \pm Q$$

p proton à charge unitaire positive +
e électron à charge unitaire négative –
n neutron (neutre électriquement)
ν neutrino (masse nulle, charge nulle)
Q énergie

Le neutron n'est stable qu'aux densités nucléaires (par exemple dans le noyau de l'atome d'hélium il y a 2 protons et 2 neutrons). Ces densités avoisinent 10^{14} g/cm^3.

Ainsi l'écroulement gravitationnel peut dépasser le stade du réseau cristallin de protons, signalé ci-dessus. Sous l'action des électrons relativistes, ces protons sont transformés en neutrons qui, électriquement neutres, n'exercent plus entre eux les forces de répulsions qui maintenaient les mailles du réseau cristallin. Les neutrons s'écroulent les uns sur les autres jusqu'aux densités nucléaires, où une nouvelle pression de dégénérescence, mais des noyaux eux-mêmes cette fois, vient contrebalancer l'écroulement gravitationnel. Ce milieu est appelé un superfluide. Il prend les propriétés mécaniques que l'on reconnaît à l'hélium liquide au-dessous du point Λ, c'est-à-dire au voisinage du zéro absolu. On lira à ce sujet avec intérêt l'article de Bruno Maraviglia dans La Recherche No 9, février 1971, p. 142, l'Hélium superfluide[2]).

Mais dans l'étoile à neutrons, la température est au contraire très élevée (10^8 degrés absolus) et cela, presque partout à l'intérieur de l'astre. Sa rigidité est 10^{18} fois celle de l'acier et son incompressibilité 10^{20} fois plus grande. Le gradient des pressions du bord au centre n'autorise une atmosphère gazeuse que de quelques mètres d'épaisseur, puis, sous une croûte peu importante où se retrouve le milieu solide cristallin de la naine blanche, c'est le noyau du superfluide de neutrons qui constitue presque la totalité de l'astre[3]). Le rayonnement produit par l'atmosphère est si faible qu'une étoile à neutrons ne pourrait être vue que si elle était dans le système solaire parmi les planètes les plus proches. Par contre un intense rayonnement dans le domaine des ondes radioélectriques se produit. Les électrons relativistes qui s'échappent de l'astre spiralent autour des lignes de force de son champ magnétique. Ces électrons ainsi accélérés rayonnent. C'est le fameux rayonnement «synchroton» découvert dans cet accélérateur de particules qui accélérait pour la première fois des électrons jusqu'à des vitesses voisines de celle de la lumière. Ainsi des pôles magnétiques de l'astre s'échappe un jet de rayonnement puissant qui balaie l'espace un peu à la manière du faisceau lumineux d'un phare, pendant que l'astre tourne sur lui-même.

Découverts récemment en radio-astronomie, ces signaux cosmiques périodiques furent appelés les *pulsars*. Ils étaient la manifestation observationnelle des étoiles à neutrons.

De la période de rotation de l'astre, qui est la période du signal radio (période très courte: 0,03 sec pour le pulsar du Crabe), c'est un problème élémen-

taire de déduire le rayon de l'étoile. Une sphère de la dimension du soleil tourne lentement sur elle-même (période de rotation de l'ordre de 1 mois). Cette rotation s'accélère quand le rayon diminue mais suivant une loi simple connue (conservation du moment cinétique). On trouve que le pulsar a un rayon de quelques dizaines de kilomètres, disons de 15 à 30 km pour fixer les idées. On calcule alors des densités de 10^{13} à 10^{14} g/cm³ qui rejoignent bien cette densité «nucléaire» de 10^{14} g/cm³ assurant la stabilité du neutron. Ainsi, dans le pulsar, on atteint des densités de cent millions de tonnes au cm³.

Le pulsar du Crabe est une étoile à neutrons, résidu de la supernova de 1054. Rapportée par les chroniques chinoises, elle était visible en plein jour et sa coquille gazeuse est encore observable aujourd'hui sous la forme de cette nébuleuse en expansion rapide qu'est la nébuleuse du Crabe.

Les trous noirs

Si l'écroulement gravitationnel a la force de vaincre la résistance du superfluide de neutrons, l'astre ne sera pas stabilisé à l'état de pulsar mais continuera son écroulement jusqu'au trou noir où il doit disparaître à la vue de l'observateur extérieur.

La théorie de la relativité prévoit cette singularité du trou noir[4]). C'est une sphère dont le rayon r_0 est lié à la masse considérée M par la relation simple

$$r_0 = \frac{2\,GM}{c^2}$$

G = coefficient d'attraction universelle
c = vitesse de la lumière

$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-8} \text{ c. g. s.}$$
$$c = 3 \cdot 10^{10} \text{ c. g. s.}$$

Pour une étoile comme le soleil ($M = 2 \cdot 10^{33}$ g) le trou noir a un rayon de 3 km.

$$r_0 = \frac{2 \times 7 \times 10^{-8} \times 2 \cdot 10^{33}}{9 \cdot 10^{20}} = \frac{28}{9} \cdot 10^5 \text{ cm} = 3 \text{ km}$$

On voit que le rayon du pulsar n'est pas très différent de celui du trou noir. En fait, pour l'observateur extérieur à l'étoile en écroulement, le trou noir est une limite asymptotique (atteinte en un temps infini) mais qui se manifeste par une importante libération d'énergie. C'est toute l'énergie potentielle de la sphère matérielle qui est libérée. L'énergie potentielle d'une particule de masse m devant la masse totale M et à la distance r de son centre est

$$E = \frac{G\,Mm}{r}$$

L'énergie libérée par l'*implosion* de la masse M dans le trou noir est donc approximativement

$$E = \frac{GM \cdot M}{r_0} = \frac{GM^2\,c^2}{2\,GM} = \frac{1}{2} Mc^2$$

Elle est très grande à cause du coefficient c^2 (c'est la moitié de l'énergie de masse). La densité du trou noir pour une étoile ($M = 2 \cdot 10^{33}$ g, $r_0 = 3$ km $= 3 \cdot 10^5$ cm) est de l'ordre de 10^{16} g/cm³ (dix *milliards* de tonnes par cm³). On ne sait plus guère à quelle physique correspond une telle densité, sans doute à la stabilité de particules étranges et fugitives que l'on commence à déceler dans les accélérateurs les plus puissants. Mais dans un tel champ de gravitation le rayonnement électromagnétique est émis avec un très grand *décalage spectral vers le rouge*, qui tend vers l'infini quand le rayon de l'astre tend vers r_0. Alors aucune radiation n'est plus visible de l'extérieur, d'où le nom de trou noir donné à cette sphère limite de l'écroulement gravitationnel (sphère de Schwarzschild).

On doit envisager 2 aspects de cette notion de trou noir: ou bien le trou noir est envisagé comme la limite asymptotique à l'écroulement d'une sphère matérielle initialement étendue, ou bien le trou noir doit être envisagé comme existant a priori, une masse ayant été créée, (en même temps que tout le reste du monde matériel) à l'intérieur de sa sphère de Schwarzschild. Elle forme alors un monde à part, d'où ne peut sortir aucun message électromagnétique et qui se manifeste seulement par sa masse et sa charge électrique éventuelle principalement. On notera bien que c'est le *passage* d'un monde à l'autre qui est impossible mais l'existence parallèle de ces deux sortes de mondes n'est pas contraire aux lois de la physique. D'un point de vue analogue, il n'est pas impossible, qu'au cours d'une réaction nucléaire, soient créées des particules à vitesses plus grandes que celle de la lumière, les tachyons. Ils poursuivent alors leur existence sans interaction notable avec notre monde matériel, où toute particule a une vitesse inférieure à c. Ce qui est impossible c'est de porter une particule ordinaire qui a déjà une vitesse inférieure à c à une vitesse supérieure à c, comme il serait impossible de ralentir un tachyon à une vitesse inférieure à c.

Les développements mathématiques de la théorie de la relativité montrent que les propriétés les plus fondamentales de la physique sont bouleversées à l'intérieur du trou noir. Notamment les propriétés de l'espace et du temps s'échangent. Dans notre monde, c'est le temps t qui est la variable directrice. Il est impossible de faire que t soit constant. Il est impossible qu'un système matériel quelconque remonte à son état passé et cela quelle que soit l'énergie disponible. Dans le trou noir c'est la distance au centre, r, qui devient variable directrice; r diminue inexorablement et tend vers le zéro. Avec beaucoup d'énergie, celle d'une fusée par exemple, nous pouvons faire en sorte de ne plus «tomber» sur la terre. Dans le trou noir, quelle que soit l'énergie disponible, on ne peut s'empêcher de tomber sur le centre, on ne peut faire en sorte que r reste constant ou augmente. Le trou noir «avale» vers son centre toute particule de vitesse inférieure ou égale à c. C'est la raison pour laquelle aucun rayonnement (photon) ne peut plus sortir du trou noir et qu'il existe une distance critique par rapport au centre, en deçà de laquelle toute particule matérielle est inexorablement engloutie dans l'abîme du trou noir. Par contre, les tachyons, parce qu'ils

ont une vitesse supérieure à c, peuvent sortir du trou noir et c'est peut-être par leur intermédiaire que se résoud le problème de la conservation de la masse–énergie au cours d'une implosion.

Nous n'avons jusqu'alors considéré que l'implosion d'une masse stellaire de l'ordre de 10^{33} grammes et la densité résultante est alors fantastique, 10^{16} g/cm³. Mais d'une façon générale, on montre facilement que la densité à l'implosion, pour une masse M quelconque, est approximativement en grammes par cm³

$$d = \frac{10^{83}}{M^2} \text{ (M en gramme)}$$

(On retrouve bien d de l'ordre de 10^{16} pour $M = 2 \cdot 10^{33}$).

Mais si la masse M est très grande, elle implose pour des densités faibles, tout à fait compatibles avec l'état habituel de la matière, l'état gazeux par exemple. Ainsi la *formation*, à l'origine, d'une masse importante à l'intérieur de sa sphère de Schwarzschild est très vraisemblable.

Un noyau de galaxie, avec quelque 10^8 étoiles de masse moyenne 10^{33} grammes, implose avec une densité de l'ordre du gramme par cm³ (densité du soleil).

Chaque galaxie n'aurait-elle pas en son noyau un trou noir destiné à longue échéance à absorber toute la matière stellaire et interstellaire qui la constitue?

D'un autre point de vue, à partir d'un point quelconque comme centre, dans un milieu très ténu de densité très faible mais infiniment étendu, on peut toujours construire une sphère assez grande qui sera la sphère de Schwarzschild de la masse qu'elle contient. Il est remarquable qu'à considérer ainsi l'univers comme un gaz de galaxies de densité $d = 10^{-30}$ grammes par cm³ (valeur déduite des dénombrements des galaxies), on trouve pour le rayon de cette sphère, le «rayon» habituellement admis de notre univers, notion qui correspond en somme pour nous à une limite de nos observations, à un horizon du visible, isolés que nous sommes à l'intérieur d'un gigantesque trou noir, même si, au-delà, l'univers est infini.

Bibliographie:

1) K. S. Thorne, Gravitational collapse. Sci. American *217*, 88 (1967).
2) B. Maraviglia, L'hélium superfluide, La Recherche *9*, 142 (1971).
3) M. A. Ruderman, Solid stars. Sci. Amer. *224*, 24 (1971).
4) Hawking and Ellis, The large scale structure of the spacetime. Cambridge 1973.

Adresse de l'auteur: H. Andrillat, Observatoire de Haute Provence (France).

Meteorite

und was man über sie wissen sollte

von W. Zeitschel, Hanau

Meteorite sind Körper aus Metall oder Stein, die aus dem Weltraum auf die Erde fallen. Alle Meteorite zeigen Eigenschaften, wie sie bei den bekannten Gesteinen unserer Erde nicht beobachtet werden. Es ist deshalb möglich, sie zu erkennen, auch wenn sie beim Fallen nicht gesehen worden sind.

Ein kleiner Meteorit kann möglicherweise ohne irgendwelche sichtbaren Anzeichen fallen, von einem Zischen abgesehen, das ein sich schnell durch die Luft bewegender Körper stets verursacht. Der Fall eines grossen Meteoriten ist stets von einem Aufsehen erregenden Aufleuchten und starken Geräuschen begleitet: Eine feurige Masse erscheint plötzlich am Himmel, fliegt schnell in einem Bogen und lässt einen leuchtenden Schweif hinter sich. Ein solcher Meteorit zerbricht meistens mit einer lauten Explosion, worauf seine Bruchstücke zu Boden fallen.

Hat man Gelegenheit, einen fliegenden Meteoriten zu beobachten, so schätzt man gewöhnlich den Ort seines Niedergangs viel näher, als er wirklich ist. Glaubt man annehmen zu dürfen, er sei hinter einem entfernten Baum niedergegangen, dann ist er meistens einige 100 km weiter entfernt zur Erde gefallen. Sind das Geräusch seines Fluges und der Schall seiner Explosion getrennt hörbar, so ist der Beobachter viele Kilometer vom Ort des Niedergangs entfernt. Seine Entfernung von einem fliegenden Meteoriten kann durch das Zählen von Sekunden vom Augenblick der Explosion bis zur Wahrnehmung des Explosionsschalls in erster Näherung ermittelt werden, da der Schall in Luft etwa 330 m/sec. zurücklegt.

Beim Durchfliegen der Erdatmosphäre wird der Meteorit durch die Luftreibung so stark erhitzt, dass seine Oberfläche schmilzt. Während des Fluges verliert der Meteorit ständig Stücke seiner Schmelzrinde. Obschon ein fliegender Meteorit weissglühend erscheint, erhitzt er sich nicht durch und durch; da die Oberflächen-Hitze bald verschwindet, ist er bei seinem Auftreffen auf der Erde nicht mehr heiss, sodass man ihn anfassen kann. Keinesfalls kann er Heu, Gras oder andere brennbare Stoffe anzünden. Ist einem Meteoritenfall eine Explosion vorausgegangen, so ist es wahrscheinlich, dass viele Bruchstücke im Niedergangsgebiet zerstreut sind. Von explodierten Meteoriten hat man schon mehr als tausend Bruchstücke aufgefunden.

Drei verschiedene Meteoriten-Typen sind bekannt: *Eisenmeteorite, Stein-Eisenmeteorite und Steinmeteorite.*

Eisenmeteorite klingen metallisch, wenn man mit einem Hammer gegen sie schlägt. Sie sind verhältnis-

mässig schwer, sind schmiedbar und werden von einem Magneten angezogen. Sehr verschiedene Formen sind möglich. Meistens sind Eisenmeteorite unregelmässig rund mit leichten Oberflächenvertiefungen. Grosse Vertiefungen können auch durchgehend sein. Eisenmeteorite sind aber niemals schwammartig, schlackig oder klinkerartig. Ihre Oberfläche ist gewöhnlich rostbraun. Bearbeitet man sie mit einer Feile, einem Schleifstein oder mit Schmirgelpapier, so kommt ihr graues metallisches Innere zum Vorschein. Werden Eisenmeteorite geschliffen, poliert und geätzt, so zeigen die polierten Flächen fast immer eine Struktur von verflochtenen Bändern, die sogenannten WIDMANSTÄTTENschen Figuren, die für Eisenmeteorite charakteristisch sind. Irdisches Eisen und seine Produkte lassen diese Muster *nicht* entstehen. Meteor-Eisen enthält auch Nickel, das dem irdisch vorkommenden Eisen fehlt. Meistens ist es unmöglich, von einem Eisenmeteoriten ein Stück mit einem Hammer abzuschlagen. Man kann jedoch mit einer Eisensäge Stücke davon (zu Prüfungen und Untersuchungen) absägen. Mit Eisenmeteoriten können irdische Eisenformen, Stahllegierungen sowie Eisenpyrit-Knollen verwechselt werden.

Stein-Eisenmeteorite enthalten neben Eisen ein grünliches Mineral, genannt *Olivin*. Man nennt diese Art *Pallasit*. Das Eisen der Pallasite hat die gleichen Eigenschaften wie das der Eisenmeteorite. Das Eisen der Pallasite umschliesst das Mineral Olivin netzartig. Meteorite dieser Art sind relativ selten.

Die *Steinmeteorite* enthalten auch etwas Eisen, das in ihnen in der Form kleiner Teilchen zerstreut ist. Öfters findet man in Steinmeteoriten kleine runde Körper von der Grösse von Senfkörnern. Die kleinen, in die Steinmeteoriten eingebetteten Körper nennt man *Chondren*, und die sie enthaltenden Steinmeteorite *Chondrite*. Sie sind die häufigste Form von Meteoriten. In irdischen Gesteinen hat man bisher keine Chondren gefunden. Steinmeteoriten lassen sich von irdischem Gestein unterscheiden. Wenn der Verdacht besteht, dass ein Stein ein Meteorit sein könnte, so vergleicht man dieses Stück zunächst mit den Steinen der Umgebung. Ist das Stück nicht von der Umgebung, so prüft man weiter. Steinmeteorite sind eckige oder rundliche Stücke und relativ schwer. Die Oberflächen frisch gefallener Steinmeteorite sind oft mit einer schwarzen Kruste bedeckt, wie wenn sie mit einer dünnen Teerschicht überzogen wären. Unter der Kruste, oder dort, wo sie fehlt, ist die Farbe meistens dunkelgrau, sie kann aber auch fast weiss oder fast schwarz sein. Die Oberflächen älterer Steinmeteorite sind im allgemeinen rostbraun. Steinmeteorite enthalten meistens genug Eisen, um von einem Magneten angezogen zu werden. Sie sind aber nie porös, wie z. B. Schlacke.

Für Steinmeteorite können gehalten werden: Schlacken, Klinker oder Eisenerzablagerungen verschiedenster Art. Der einfachste Test ist in diesem Fall das Anschleifen einer Fläche. Steinmeteorite zeigen dann fast immer kleine metallische Fleckchen.

Meteorite haben keinen eigentlichen Handelswert, doch haben Universitäten und Fachinstitute auf der ganzen Welt an Meteoriten Interesse, ebenso wie private Sammler, die gerne das eine oder andere aus dem Weltraum zu uns gekommene Stück besitzen möchten. Der Wert eines Meteoriten hängt von seiner Sorte, der davon bekannt gewordenen Menge, seinem Erhaltungsgrad und von dem Vorhandensein ungewöhnlicher Merkmale ab. Dieser Wert wird durch genaue Fundortangaben und Einzelheiten seines Falls oftmals gesteigert.

Die Untersuchung von Meteoriten sollte den Fachleuten vorbehalten bleiben. Erhitzen eines Meteoriten verändert seine Struktur und vermindert damit seinen wissenschaftlichen Wert. Behandeln eines Meteoriten mit Flüssigkeiten verunreinigt ihn und setzt ebenfalls seinen Wert herab.

Interessenten von Meteoriten, die einigermassen sicher sind, ein solches Stück gefunden zu haben, können dieses dem Verfasser zur kostenlosen Prüfung einsenden. Auf Wunsch wird bei der Prüfung auch der Wert geschätzt und angegeben, welche Institute an dem Stück Interesse haben könnten.

Adresse des Verfassers: WALTER ZEITSCHEL, Kleine Hufe 4, D-6450 Hanau, BRD.

Nachtrag zu: Komet Kohoutek (1973 f), Beobachtungshilfen

(ORION *31*, 155–157 (1973) No. 138)

Verschiedene Rückfragen an die Redaktion, für welche Zeiten die Graphiken S. 156 gültig sind, veranlassen uns, mitzuteilen, dass diese, wie allgemein üblich, für *Ende Dämmerung* gezeichnet worden sind. Das Ende der *astronomischen* Dämmerung tritt ein, wenn die Sonnenhöhe –18° beträgt, das Ende der *nautischen* Dämmerung, wenn die Sonnenhöhe auf –12° gesunken ist. Bei der zu erwartenden Helligkeit des Kometen KOHOUTEK (1973 f) kurz vor oder nach dem Durchlaufen des Perihels wird der Beobachter aber kaum das Ende der Dämmerung abwarten müssen, um diesen Kometen sehen oder photographieren zu können. Noch während der Dämmerung steht er *entsprechend höher* vor bzw. nach der Sonne, so dass er unter dieser Voraussetzung auch nach bzw. vor den angegebenen Grenzdaten zu beobachten sein wird.

Zum Kopernikus-Gedenktag anlässlich der schweizerischen Kopernikus-Ausstellung auf Schloss Rapperswil

(1. September 1973)

Bericht von R. A. Naef, Meilen

Bekanntlich jährte sich am 19. Februar 1973 zum 500. Mal der Geburtstag des im heutigen Polen geborenen, grossen, genialen Astronomen, Wissenschaftlers anderer Disziplinen, Domherrn, Politikers und Arztes, Nikolaus Kopernikus. In der diesjährigen April-Nummer dieser Zeitschrift wurden das Leben und Werk dieses bedeutendsten Reformators der Astronomie eingehend gewürdigt.[1]) Im Laufe dieses Jahres fanden in einer Reihe von Ländern zahlreiche Kopernikus-Gedenkfeiern und -Ausstellungen statt, die in weiten Kreisen der Bevölkerung auf ein äusserst lebhaftes Interesse gestossen sind. Neben verschiedenen Würdigungen des Schaffens dieses höchst vielseitigen Gelehrten in anderen Schweizer Städten wurde auch im herrlich über dem Zürichsee gelegenen alten Grafenschloss Rapperswil, das heute ein Polen-Museum beherbergt, in der Zeit vom 14. Juli bis 30. September 1973 eine sehr gut besuchte, äusserst aufschlussreiche, unter der bewährten Leitung von Professor Dr. F. Schmeidler (München) aufgebaute Kopernikus-Ausstellung durchgeführt. Hauptziel dieser vortrefflichen und liebevoll angelegten wissenschaftlichen Schau war es, einem breiten Publikum eindrücklich zu zeigen, wie die Persönlichkeit und das hervorragende Lebenswerk von Kopernikus eine höchst bedeutende und entscheidende Wendung in der sehr langen, zeitweise stagnierenden Entwicklung der astronomischen Wissenschaft herbeigeführt haben.

Veranstalter dieser Ausstellung, die sehr kostbare, alte astronomische Werke, Modelle und Apparate, Photographien, Dokumente verschiedener Art und wertvolle Leihgaben aus schweizerischen und ausländischen Bibliotheken und Museen präsentierte, waren der Verein der Freunde des Polen-Museums und das Kuratorium *Mensch und Weltraum*, München. Auch die Société litéraire polonaise in Paris hatte an der Gestaltung mitgewirkt. Dem Patronat gehörten ferner der Stadt- und Ortsverwaltungsrat von Rapperswil, unter der Führung von Stadtrat H. Rathgeb, das Interkantonale Technikum Rapperswil, der Verkehrsverein Rapperswil-Jona und die Schweizerische Astronomische Gesellschaft an. Für die gut orientierende Tonbildschau (in zwei Teilen von je 17 Minuten Dauer) hatte die Astronomische Gruppe Wald (ZH) einen Teil beigesteuert.

Als besonderen Höhepunkt hatte das Organisationskomitee am 1. September 1973 einen für jedermann zugänglichen Kopernikus-Gedenktag mit internationalem Kopernikus-Kolloquium, an dem namhafte Wissenschaftler aus Deutschland, Österreich, Holland und der Schweiz teilnahmen, in der Aula des neuen Interkantonalen Technikums Rapperswil zur Durchführung gebracht. Am Vormittag sprach vorerst als Leiter des Kolloquiums Professor Dr. F. Schmeidler (München) zum Thema «Kopernikus als Gelehrter seiner Zeit». Hernach referierte Professor Dr. B. L. van der Waerden (Zürich) über «Das heliozentrische System in der griechischen und indischen Astronomie». Anschliessend an die Vorträge fanden sehr anregende Diskussionen statt. Am Nachmittag folgte zunächst der Vortrag von Professor Dr. J. Meurers (Wien) über das Thema «Des Kopernikus' Tat im philosophisch-wissenschaftlichen Aspekt» und schliesslich sprach Professor Dr. J. O. Fleckenstein (München/Basel) über «Kopernikus und die Wissenschaft des Barock». Da diesen Referaten in Fachkreisen hohe Bedeutung zugemessen wird, hat sich das Archiv für Naturphilosophie und die philosophischen Grenzgebiete bereit erklärt, die Vorträge und anschliessenden Diskussionen in der Fachschrift «Philosophia Naturalis» zu publizieren.

Parallel zu den Nachmittagsvorträgen des Kolloquiums führte der Verein der Freunde des Polen-Museums im Hotel Schwanen eine öffentliche Kopernikus-Feier durch. An dieser Festversammlung referierte zunächst Professor Dr. T. Zawadzki von der Universität Freiburg (Schweiz) über «Kopernikus – Revolution im Weltbild des Menschen». Anschliessend vermittelte Dr. h. c. Hans Rohr (Schaffhausen) in einem Lichtbildervortrag über das Thema «Strahlendes Weltall» dem Publikum einen tiefen Einblick in das Geschehen im Universum, der einen grossen Beifall auslöste. Die Veranstaltung wurde in gediegener Weise durch polnische musikalische Darbietungen von den Pianistinnen Terenia Tyburkiewics und Andrea Audykowska umrahmt. In den späteren Nachmittagsstunden bildete ein Gottesdienst in der Rapperswiler Stadtpfarrkirche neben dem Schloss einen weiteren Höhepunkt dieser Tagung. Die Festpredigt wurde vom früheren Rektor der Universität Freiburg, Professor Dr. J. Bochenski gehalten. Unter der Leitung von Chr. Schmid spielte ein Renaissance-Ensemble Psalmen aus dem 16. Jahrhundert, d. h. aus der Zeit von Kopernikus.

Im Schlosshof, wo ein Modell der schweizerischen Höhenforschungsrakete «Zenit» der Contraves AG, Zürich, symbolisch den Zusammenhang zwischen der kopernikanischen Aera und der heutigen Zeit der modernen astronomischen Forschung darstellte, fand alsdann die Schlussfeier statt, an der verschiedene an

der Organisation der Ausstellung und der Tagung beteiligte Personen referierten. Bei dieser Gelegenheit verlieh Direktor J. F. G. GROSSER von Kuratorium «Mensch und Weltraum» einigen Persönlichkeiten, die zum guten Gelingen der Ausstellung und des KOPERNIKUS-Tages beigetragen hatten, eine KOPERNIKUS-Medaille. Bis zu später Abendstunde konnte die Bevölkerung hierauf unter der Führung von Professor Dr. F. SCHMEIDLER diese sehr sorgfältig zusammengestellte, schöne Ausstellung in Musse besichtigen.

Literaturhinweis:

1) ORION *31*, Nr. 135 (April 1973), S. 39–44.
ERICH KRUG, NIKOLAUS KOPERNIKUS, Zur 500. Wiederkehr seines Geburtstages am 19. Februar 1973.

Anschrift des Berichterstatters: R. A. NAEF, Haus «Orion», Platte, CH-8706 Meilen (ZH).

Bericht über die Jahresversammlung der Schweizerischen Gesellschaft für Astrophysik und Astronomie

von P. WILD, Bern

Die SGAA trat im Rahmen der Jahresversammlung der SNG am 19./20. Okt. 1973 in Lugano, in den modernen Räumen des Technikums im Vorort Trevano zusammen. (25 Teilnehmer).

In der administrativen Sitzung liess sie sich von Herrn Prof. DEBRUNNER provisorisch über die Zukunft des Gornergrat-Observatoriums orientieren. Herr EGGER erstattete Bericht über die Tätigkeit der Arbeitsgruppe «Astronomie und Mittelschule» und regte u. a. an, an den Hochschulen besondere astronomische Seminarien für Mittelschullehrer zu veranstalten. Schliesslich diskutierte man über den Bericht zur gegenwärtigen und zukünftigen beruflichen Stellung der schweizerischen Astronomen, vorgelegt von einer Kommission unter der Leitung von Herrn Dr. HAUCK.

In der wissenschaftlichen Sitzung wurden folgende Vorträge gehalten (von denen leider der Berichterstatter nur drei gehört hat, da er sich die meiste Zeit um Mahlzeitenbons und Fahrpläne kümmern musste):

Prof. E. MÜLLER und Dr. B. HAUCK: Rapport sur les activités scientifiques de l'Observatoire de Genève.

Prof. W. BECKER und Dr. R. FENKART: Der Stand der Basler Dichteuntersuchungen in Disk und Halo.

Prof. F. WALDNER und Dr. W. G. PROCTOR: Possible ambiguities in the determination of redshifts for Quasistellar Objects.

Dr. A. MAEDER: Les amas galactiques et le problème des neutrinos solaires.

Prof. H. NUSSBAUMER und Dr. M. HUBER: Die Tätigkeit der Gruppe für Atom- und Astrophysik ETH Zürich.

Drs. A. ZELENKA und J. DÜRST: Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 30. Juni 1973 in Atar.

Dr. B. HAUCK: Photométrie des étoiles A p.

Am späteren Samstagvormittag stellte uns Herr Dr. WIEHER in Wort und Bild das Sonnenobservatorium der Universitäts-Sternwarte Göttingen in Locarno-Orselina vor. Am frühen Nachmittag brach man in Eile auf und kam gerade noch rechtzeitig für anderthalb Stunden Sonnenbeobachtung ebendort in Orselina an, wo wir (noch knapp 20 Personen) das hochmoderne Instrumentarium bestaunten.

Die ORION-Redaktion hofft, über die wichtigsten Themen dieser Jahresversammlung noch ausführlicher berichten zu können.

Adresse des Berichterstatters: Dipl. Math. PAUL WILD, Sidlerstrasse 5, CH-3000 Bern.

Bitte an unsere Leser

Wie da und dort mit einigem Unwillen festgestellt wurde, trafen ORION 137 und 138 mit einiger Verspätung bei den Abonnenten ein. Die Redaktion – praktisch ein Ein-Mann-Betrieb – bittet um Verständnis dafür, dass bei Berücksichtigung aller terminbestimmenden Faktoren (redaktionelle Bearbeitung der Texte, Neuanfertigung von Figuren, Verspätungen bei der Rücksendung von Fahnenabzügen und gelegentliche Terminschwierigkeiten in der Druckerei, die ja nicht nur den ORION zu drucken hat) der genaue Auslieferungstermin (Mitte des jeweiligen Monats) nicht immer eingehalten werden kann. Die Redaktion bleibt jedoch bemüht, eventuelle Verzögerungen der Auslieferung auf ein Minimum zu beschränken.

«ASTRONAM»

Unter diesem Titel hatte die *Association Française d'Astronomie*, eine der grossen französischen Amateur-Gesellschaften, in Zusammenarbeit mit der verbreiteten Astro-Zeitschrift *Ciel et Espace* zu einem Internationalen Kongress der Astro-Amateure eingeladen. Die Veranstaltung fand in Triel-sur-Seine statt, etwa 35 km von Paris entfernt, wo die Gemeinde als Eigentümer das Château d'Hautil mit seinem riesigen Park zur Verfügung gestellt hatte.

Das 4-Tage Programm, vom 20.–23. September vermochte etwas mehr als 100 Teilnehmer zu einer arbeitsreichen Tagung zu vereinigen. Die meisten Amateure waren selbstverständlich Franzosen aus allen Teilen Frankreichs. Aber auch Belgien und Holland waren vertreten, ebenso Tunesien, während Deutschland und England nur 2 Teilnehmer mobilisieren konnten. Italien glänzte leider durch Abwesenheit, während der Berichterstatter einsamer Schweizer war . . .

Was an dieser Tagung beeindruckte, war die zielbewusste, straffe, aber immer verbindliche französische Führung der Verhandlungen, die nüchtern als Anfang bezeichnet wurden. Ebenso war die Ausstellung astronomischer Instrumente im weitesten Sinne eindrucksvoll. Praktisch die gesamte europäische, aber auch die amerikanische und japanische Astro-Optik-Industrie waren vertreten.

In 4 wohlvorbereiteten Konferenzen am *Runden Tisch* wurde das erste Ziel dieser Tagung erarbeitet: Zusammenfassung und Organisation – teilweise bereits über die Landesgrenzen hinaus – von der photographischen Himmelsüberwachung (Kometen, Meteore, Asteroiden) bis zur Überwachung von Mond- und Planetenflächen mit grossen Mitteln. Die Gruppen-Führer, sämtlich Spezialisten, waren bereits vorher organisiert und instruiert! Sie sprachen kurz, nüchtern und illusionslos über Möglichkeiten und Ziele und zogen sich dann sofort mit interessierten Teilnehmern für Aussprache und innere Organisation in andere Räume zurück. Den beginnenden europäischen Charakter kennzeichnet die Tatsache, dass ein Holländer die Leitung der Gruppe *Meteore* übernahm. Ein Engländer, Berufsoptiker, sprach über Spiegelschliff und moderne Prüfmethoden, wobei leider – wie kann es bei einem Stockengländer anders sein – sein Referat fortwährend übersetzt werden musste . . .

Es ist kaum möglich, den Reichtum des Gebotenen in einem Kurzbericht zu umreissen. Der rote Faden, während der ganzen Tagung erfolgreich in der Arbeit sichtbar, war dieses erwähnte, zielbewusste Organisieren verschiedener Arbeitsgruppen, wie wir sie in der Schweiz in einigen sehr erfreulichen Anfängen kennen. Überall in den Gruppen, in Gesprächen mit erfahrenen Amateuren, kam die Überzeugung zum Ausdruck, dass eine kommende, europäische Amateur-Organisation *von unten aus aufgebaut* werden müsse. Ohne organisches Wachsen in den einzelnen Ländern bestünde die Gefahr eines Leerlaufes. Wohltuend empfand der Berichterstatter, dass nirgends, auch bei den wissenschaftlichen Beiträgen, der Anschein des Professionalismus aufkam. Es war eine reine Amateur-Tagung. Das wurde den Teilnehmern besonders in den Vorträgen unseres geschätzten SAG-Mitgliedes Prof. Dragescu über seine langjährigen Mars-Beobachtungen bewusst, und dann nachdrücklich im Vortrag von Michel Walbaum in Reims, der in Wort und Bild über Methode und vor allem über Resultate seiner 10 Jahre umfassenden Jupiter-Beobachtungen berichtete. Herr Walbaum und seine kleine Gruppe spezialisierten sich volle 10 Jahre lang auf ein einziges Objekt: Jupiter, mit Hilfe eines grossen, ausgezeichneten Instruments (33 cm-Reflektor). Der Schreibende gesteht, dass er noch nie eine derartig vorbildliche und umfassende Auswertung von 10 Jahre dauernden Beobachtungen eines einzelnen Himmelsobjektes zu sehen bekam. Hier waren die tausenden von Beobachtungen nicht wie so oft Hauptziel, sondern lediglich Material für die eigentliche, wissenschaftliche Ausarbeitung.

In «Ciel et Espace» Nr. 135 beschreibt Herr Walbaum in einem Aufsatz seine Methode und seine Resultate. Wir hoffen, später im ORION – aus der Feder von Herrn Walbaum selber – eine Zusammenfassung dieser Arbeit publizieren zu können.

Ein willkommener, freier Nachmittag war dem Besuch der grossen französischen *Sternwarte Meudon bei Paris* gewidmet, zu dem die Teilnehmer eingeladen worden waren. Bei schönem Wetter (in dieser Regenwoche) wanderte die grosse Schar auf dem weiten Gelände von Bau zu Bau, geführt von den Herren der Sternwarte. Besonderes Interesse fand ein neues grosses, in Meudon entwickeltes und gebautes Instrument, das der Spektral-Analyse im Infraroten dient und bereits seit kurzer Zeit in Betrieb steht – ein neues Hilfsmittel der Astrophysik. Der Mosaik-Spiegel besteht aus einzelnen Platten in Präzisionsmontierung. Er besitzt einen Durchmesser von 4,2 Meter. Auch hierüber hoffen wir im ORION, dank der Liebenswürdigkeit der Astronomen in Meudon berichten zu können.

Zusammenfassung: Auch wenn die Teilnahme von Amateuren ausserhalb Frankreichs nicht so zahlreich war, wie vielleicht gehofft worden war, erwies sich diese Tagung in ihrer wohlvorbereiteten Zielstrebigkeit geradezu als vorbildlich. Man beschränkte sich bewusst auf das Naheliegende als gesunder Anfang. Es gab keine Bankette – der besuchende Präfect der Region, in Begleitung zahlreicher Notablen und Offiziere, sprach nur ganz kurz in französischem Charme. Es gab keine langen Reden, sondern es wurde gearbeitet.

Adresse des Berichterstatters: Dr. h. c. Hans Rohr, Vordergasse 57, CH-8200 Schaffhausen.

Tagung der Vereinigung der Sternfreunde (VdS)

vom 27.–30. September 1973 in Stuttgart

Ein Bericht von W. STUDER, Bellach

Einer Einladung des VdS-Präsidenten Dr. F. FREVERT, Wetzlar, folgend reiste der Berichterstatter (aus beruflichen Gründen leider erst am Abend des 28. September) zu dieser alle zwei Jahre stattfindenden Tagung. Aber auch am 29. und 30. September wurde so viel Interessantes geboten, dass es schwer fällt, Höhepunkte aus der Fülle der guten Referate und Diskussionen herauszuheben.

275 Mitglieder der VdS und Gäste aus dem benachbarten Ausland nahmen an der Tagung teil. Der 29. September begann mit einer ausgiebigen Geschäftssitzung, deren Probleme denjenigen der SAG gar nicht so unähnlich sein sollen. Die Referate, die anschliessend ab 11 Uhr gehalten wurden, konzentrierten sich auf drei Hauptthemen:

Die *Meteorkrater in Deutschland* (Nördlinger Ries und Steinheimer Becken), Teilziel der grossen Sonntags-Exkursion, wurden von E. J. BENEKE in einem äusserst klaren und durch geeignete Luftaufnahmen vorteilhaft ergänzten Vortrag den Zuhörern nahegebracht.

Ebenfalls im Zusammenhang mit der Exkursion vom Sonntag stand das Referat von L. D. SCHMADEL über das *2.2 m-Teleskop für das* MAX PLANCK-*Institut*, das in Spanien aufgestellt werden wird und das fertig montiert in der grossen Montagehalle des Zeiss-Werks in Oberkochen besichtigt werden konnte.

Den Abschluss des Vortragsprogramms vom Samstag bildete ein Reigen von *Sonnenfinsternis-Berichten*, dem sich auch der Berichterstatter mit einigen Dias von der SAG-Reise anzuschliessen Gelegenheit hatte. Höhepunkt dieser Berichtserie bildete wohl der prächtige Expeditionsfilm von B. WEDEL, Berlin. Wenn man in der Verlangsamung des Filmablaufs das Verglühen der Chromosphäre am dunklen Mondrand, ihren förmlichen «Zerfall» in eine «Perlschnurkette» miterlebt, so bekommt man eine gute Vorstellung von den grossen Fortschritten, welche die Himmelsphotographie im allgemeinen und die Amateurphotographie im besonderen im Laufe der letzten 20 Jahre erfahren haben.

Im Film durfte ich auch die Taxifahrt von Akjoujt nach Nouakchott bei 40° und mehr nochmals miterleben und den unendlich scheinenden, aber «nur» 260 km langen Asphaltstreifen, belebt vom Fegen des roten, kristallinen Sandes bei fehlendem Taxifenster ein zweites Mal geniessen. Ist es da ein Wunder, wenn Erinnerungen aufsteigen – Erinnerungen an den betenden Taxichauffeur neben mir, der bei ca. 100 km/h (das Tachometer funktionierte ebenso wenig wie der Kilometerzähler und die Türfalle) die Hände vom Steuer weg zu Allah erhob – Erinnerungen an die langsam austrocknenden Mund- und Nasenschleimhäute und den darauf folgenden Genuss des lauwarmen, kohlensäurefreien Evian-Wassers nach einer Strecke von 150 Kilometern?

Die Exkursion am Sonntag, gestartet bei kühlem Wind und klarblauem Himmel bot mehr, als das Programm versprochen hatte. Über Schwäbisch Gmünd und Aalen wurde Oberkochen erreicht.

Die zweistündige, vorzüglich organisierte Führung innerhalb des Zeiss-Werks konzentrierte sich auf die Abteilungen für Spiegelschliff und Planetariumsbau. Trotz dieser Beschränkung war die Fülle der Eindrücke fast zuviel des Guten, eine Feststellung, die zugleich auch für das anschliessende Mittagessen gelten durfte.

In Unterkochen war man am frühen Nachmittag Gast in Dr. G. TEUCHERT's Privatsternwarte mit selbst angefertigter Kunststoffkuppel. Darnach wurde die Rückfahrt nach Stuttgart durch den mit einem Zentralberg versehenen Meteorkrater «Steinheimer Becken» und über die Schwäbische Alb angetreten.

In der «Alten Kanzlei» in Stuttgart trafen sich dann noch einige Unentwegte zu angeregter Diskussion und gemütlicher Plauderei. Freund Mars stand schon hoch am Firmament, als sich in den ersten Morgenstunden des 1. Oktober Sternfreunde aus Deutschland, Österreich, Luxemburg und der Schweiz mit herzlichem Dank und auf Wiedersehen noch einige Stunden der Ruhe wünschten.

Adresse des Referenten: W. STUDER, Kaselfeldstrasse 39, CH-4512 Bellach.

BBSAG-Bulletin No. 11

ist am 10. Oktober 1973 als 44. Liste der Minima von Bedeckungsveränderlichen im Umfang von 6 Seiten erschienen und kann, wie üblich, von Interessenten bei Herrn K. LOCHER, Rebrainstrasse, CH-8624 Grüt bei Wetzikon, angefordert werden.

Skorpion

das Mitteilungsblatt unserer Tessiner Sternfreunde ist als No. 16 des 3. Jahrgangs für die Monate November und Dezember 1973 im Umfang von 10 Seiten erschienen. Es bringt unter der bewährten Leitung von S. MATERNI wiederum viel Wissenswertes für insbesondere die jüngeren Sternfreunde.

Ein lichtstarkes Maksutov-Teleskop mit Bildaufrichtung und variabler Brennweite

von E. Wiedemann, Riehen

Ein Maksutov-Teleskop mit Bildaufrichtung nach dem Gregory-Prinzip ist wahrscheinlich zuerst von A. Bouwers[1]) beschrieben worden. Die Einfachheit dieses Systems: sein Aufbau aus nur zwei Elementen, dem sphärischen Spiegel und dem Meniskus, auf den der Gegenspiegel aufgedampft ist, entspricht dem weit verbreiteten J. Gregory-Maksutov-System[2]), dem es auch hinsichtlich seines Korrektionszustandes und seiner Leistung ähnlich ist.

Das Maksutov-System mit Bildaufrichtung nach Gregory von A. Bouwers ist zuletzt von W. Zürcher[3]) einer Neuberechnung unterzogen worden und zeigt bei einem Öffnungsverhältnis von 1:16 eine ansprechende Bildleistung. Die negative Petzval-Summe des Systems kann durch Okulare, deren Petzval-Summe ohnehin positiv ist, weitgehend kompensiert werden, so dass das Gesichtsfeld Bildebnung aufweist.

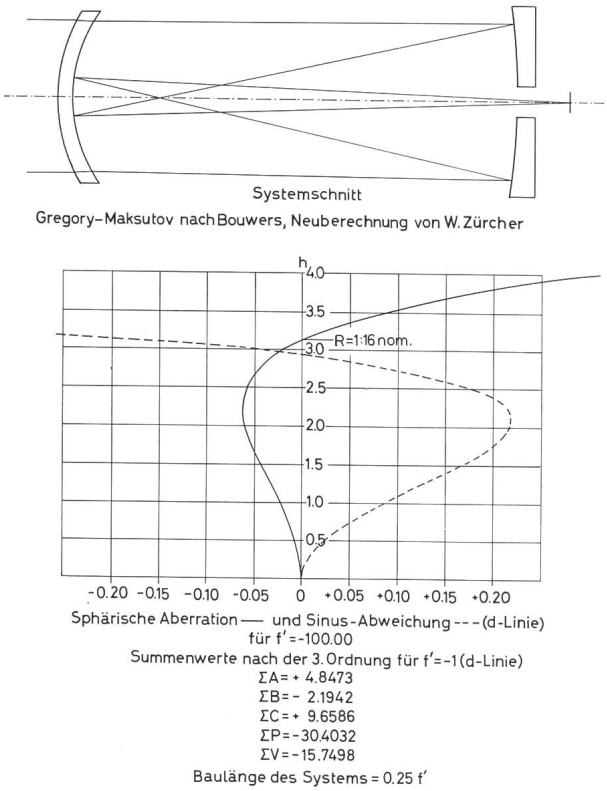


Fig. 1: Maksutov-System mit Bildaufrichtung nach Gregory, nach Rechnungen von W. Zürcher. Systemschnitt, Summenwerte nach der 3. Ordnung und achsialer Korrektionszustand.

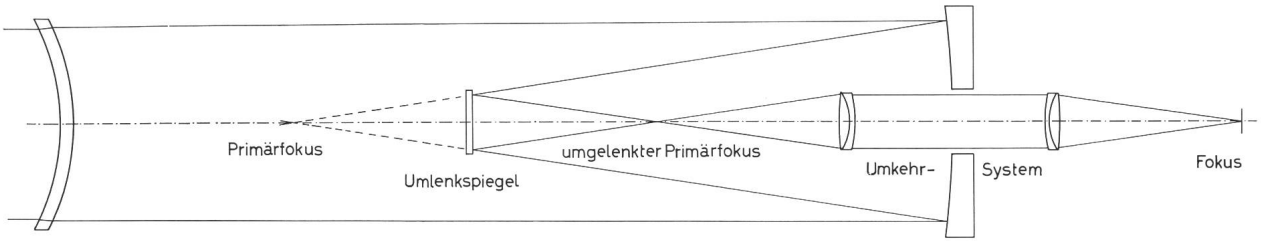
Wie Fig. 1 zeigt, wendet beim Maksutov-System mit Bildaufrichtung nach Gregory der Meniskus seine erhabene Seite dem einfallenden Licht zu. Da diese Stellung des Meniskus (auch nach A. Bouwers)[1]) nicht so günstig wie die umgekehrte Stellung ist, in welcher der Meniskus seine hohle Seite dem einfallenden Licht zukehrt, hat H. E. Dall[4]) schon vor längerer Zeit vorgeschlagen, das J. Gregory-Maksutov-System[2]) unter Verkürzung seiner Schnittweite zusätzlich mit einem aus einem Achromaten bestehenden Umkehrsystem zu versehen, um so ein bildaufrichtendes Teleskop zu erhalten. Als Vorzug dieser Anordnung wird eine weitere Verlängerung der Brennweite und die leichter mögliche Ausblendung von Nebenlicht angegeben[5]). Es ist aber nicht zu übersehen, dass sich die dann erforderliche stärkere Durchbiegung des Meniskus, sowie das Umkehrsystem nachteilig auf den Korrektionszustand auswirken müssen.

Schnittzeichnung und Konstruktionsdaten des H. E. Dall-Maksutov-Systems hat zuletzt K. Wenske[5]) mitgeteilt. Leider hat eine Nachrechnung mit diesen Daten ergeben, dass sie unrichtig sein müssen: Schon die Nullstrahlrechnung zeigt, dass die auf den Gegenspiegel fallenden Strahlen nicht *konvergent*, sondern *divergent* reflektiert werden, also eine Bilderzeugung gar nicht stattfinden kann.

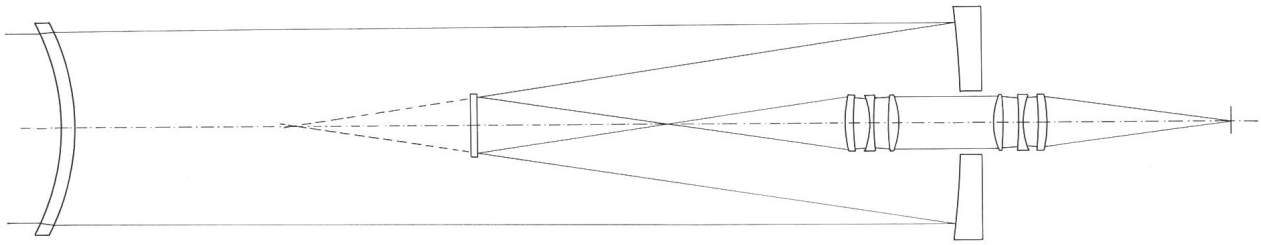
Gegenüber Astroamateuren, die an einem derartigen System Interesse haben, aber nicht in der Lage sind, dessen Brauchbarkeit rechnerisch zu kontrollieren, erscheint es dem Verfasser als unverantwortlich, Konstruktionsdaten anzubieten, die zu einem völligen Misserfolg führen müssen. Es dürfte zum mindesten erwartet werden, dass der Herausgeber solcher Daten diese rechnerisch überprüft hat und eine Gewähr für ihre Brauchbarkeit bietet. Darüber hinaus sollten zur Beurteilung des Systems die Summenwerte nach der 3. Ordnung und der achsiale Korrektionszustand mitgeteilt werden, wie dies in den Mitteilungen des Verfassers erfolgt, der sich dabei an die in der Literatur üblichen Regeln hält.

Weitere rechnerische Überprüfungen des E. H. Dall-Systems nach K. Wenske[5]) haben ergeben, dass zwar die Strahlenvereinigung, wie sie von K. Wenske bildlich dargestellt wird, durch eine Verlängerung des Abstandes: Meniskus-Hauptspiegel erzwungen werden kann. Die Verhältnisse werden aber dann in mehrfacher Hinsicht kritisch, und der Korrektionszustand wird mangelhaft, so dass eine weitere Ausarbeitung *dieses* Systems als zwecklos erschien *).

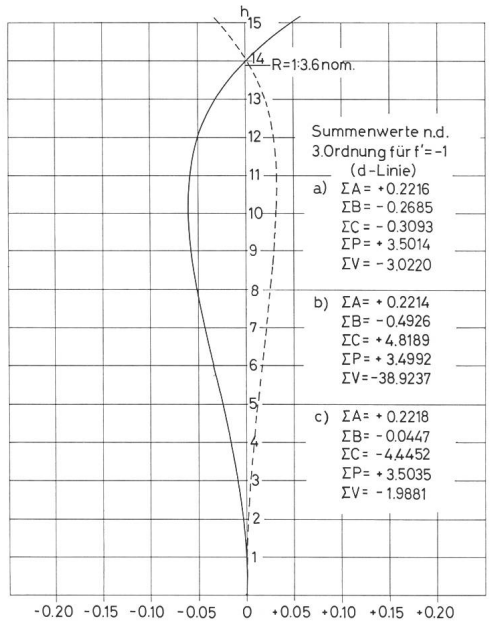
Als Lösung der Aufgabe, ein Maksutov-System mit Bildaufrichtung zu berechnen, bot sich vielmehr eine andere Möglichkeit an, die bei wesentlich besserem Korrektionszustand eine mehr als 10 mal höhere Lichtstärke (bis zur relativen Öffnung 1:4 und darüber) zulässt. Ein solches neu berechnetes System soll im folgenden dargestellt und beschrieben werden.



Lichtstarkes Maksutov-Teleskop mit Bildaufrichtung und variabler Brennweite



Beispiel eines weiteren berechneten Umkehrsystems ($\Sigma P = +0.9463$ statt $+3.5014$)



Lichtstarkes Maksutov-Teleskop mit Bildaufrichtung und variabler Brennweite
Baulänge für Bildaufrichtung 1:1 mit Aplanat ~1.5 f'
(mit kürzer gebauten Umkehrsystemen ~1.3 f')

a), b), c) gelten für verschiedene Aplanathälften-Abstände

Fig. 2: Neues MAKSUTOV-Teleskop mit Bildaufrichtung nach den Rechnungen des Verfassers. Systemschnitt, Summenwerte nach der 3. Ordnung und achsialer Korrektionszustand. Der sphärische Restfehler bleibt zufolge der Abschattung durch den Gegenspiegel im hellsten Teil des sichtbaren Lichtes auf etwa 1/10000 f' beschränkt. Das Umkehrsystem ist ein aus je zwei verkitteten Linsen bestehender Aplanat, der in der gezeigten Stellung das Primärbild im Maßstab 1:1 aufrichtet. Eine Verschiebung des Umkehrsystems in Richtung des einfallenden Lichtes (←) vergrössert den Abbildungsmaßstab unter entsprechender Abnahme der relativen Öffnung, eine umgekehrte Verschiebung (→) hat die umgekehrte Wirkung.

Ausgangspunkt zur Berechnung dieses Systems war die vom Verfasser früher beschriebene MAKSUTOV-Kamera mit dem relativen Öffnungsverhältnis 1:3.8[6]). Der Strahlengang dieses Systems wird vor dem Brennpunkt durch einen Planspiegel reversiert, worauf die Bildaufrichtung durch ein Linsen-Umkehrsystem erfolgt. Da dieses Linsensystem das Primärbild durch seine Restfehler verschlechtert, hängt die Güte der schliesslichen Strahlenvereinigung weitgehend vom Korrektionszustand dieses Linsensystems ab, der so weit wie irgend möglich getrieben sein sollte. Einfache achromatische Linsen, wie von K. WENSKE[5]) empfohlen, genügen keinesfalls; es müssen aplanatische oder noch besser anastigmatische Umkehrsysteme mit kleinstmöglichen Farb- und Zonen-Restfehlern verwendet werden, wobei dann Koma, Astigmatismus und Verzeichnung noch durch Abstandsänderungen der Teilglieder gegenseitig ausgleichbar sind. Es ist ein nicht zu unterschätzender Vorteil guter Umkehrsysteme, dass ihr Verschieben längs der optischen Achse auf einfachste Weise die Brennweite des Gesamtsystems (unter reziproker Veränderung der Lichtstärke) etwa im Verhältnis 1:4 zu verändern gestattet, man also damit eine Art von «*Zoom-Teleskop*» zur Verfügung hat.

Das in Fig. 2 näher dargestellte Rechnungs-Ergebnis ist als vorläufiges Resultat zu betrachten. Zur weiteren Verbesserung des Systems, worunter eine weitere Verkleinerung der Restfehler zu verstehen ist, werden vor allem Neuberechnungen von Umkehrsystemen erforderlich sein, die bereits angegangen sind und über die in einer folgenden Mitteilung berichtet werden soll.

Literatur:

1) A. Bouwers, Achievements in Optics, Elsevier, Amsterdam-New York 1946, S. 57.
2) vergl. E. Wiedemann, ORION *30*, 89 (1972), No 130/131.
3) Der Verfasser dankt Herrn W. Zürcher und der Kern A.G., Aarau, für die Überlassung der von ihm berechneten Konstruktionsdaten und die Erlaubnis ihrer Veröffentlichung.
4) H. E. Dall, Sky and Telescope a. v. O.
5) K. Wenske, Spiegeloptik. SuW-Taschenbuch 7, Bibliographisches Institut Mannheim 1967, S. 115.
6) E. Wiedemann, ORION *30*, 92 (1972), No. 130/131.
*) Interessenten stehen die entsprechenden Rechnungsergebnisse auf Verlangen zur Verfügung.

Adresse des Autors: Dr.-Ing. E. Wiedemann, Garbenstrasse 5, CH-4125 Riehen.

Wichtige Mitteilung des Vorstandes der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Wir bitten alle Sternfreunde, davon Kenntnis zu nehmen, dass das Generalsekretariat der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft am 1. Januar 1974 in neue Hände übergeht.

Nach 25 Jahren seiner Tätigkeit übergibt Hans Rohr, der bisherige Generalsekretär, seine Aufgabe in jüngere Hände, nämlich an die Herren Walter Staub und Werner Lüthi, beide Mitglieder der Sektion Burgdorf.

Da die Betreuung der 2400 SAG-Mitglieder in der Schweiz und im Ausland zusammen mit den wachsenden Aufgaben des Bilderdienstes die Arbeitskraft eines Einzelnen übersteigt, wird das Sekretariat in zwei Teile getrennt. Die eigentliche *Sekretariatsarbeit* wird Herr W. Lüthi übernehmen; diese betrifft die allgemeine Korrespondenz, die Mitglieder-Anmeldungen und -Austritte (letztere wie bekannt nur auf Jahresende), die Berichte der Sektionen u.s.w.

Der *Bilderdienst*, der die bezüglichen Anfragen, Aufträge und die damit zusammenhängenden Photo- und andere Arbeiten umfasst, wird von Herrn W. Staub weitergeführt.

Wir bitten dringend darum, die Post, je nach Inhalt, entweder an Herrn W. Lüthi (Sekretariat) oder an Herrn W. Staub (Bilderdienst) zu adressieren (Adressen unten rechts).

Der Übergang des Sekretariats, das wie bisher rein ehrenamtlich arbeitet, dürfte besonders was den Bilderdienst betrifft, eine gewisse Zeit erfordern. Wir bitten daher um Verständnis, für den Fall, dass anfänglich Verzögerungen eintreten sollten.

Der Präsident der SAG/SAS:
gez. Walter Studer

Der abtretende Generalsekretär:
gez. Dr. h. c. Hans Rohr

Der neue Generalsekretär:
gez. Werner Lüthi,
Fichtenweg 6, CH-3400 Burgdorf
Tel. 034 – 2 46 41

Der neue Leiter des Bilderdienstes:
gez. Walter Staub,
Meieriedstrasse 28 b,
CH-3400 Burgdorf
Tel. 034 – 2 70 35

Nachtrag

zu der voranstehenden Mitteilung des Vorstandes der SAG/SAS

Der unterzeichnete amtierende ORION-Redaktor hat leider bisher nicht das Glück gehabt, wie unser verdienter scheidender Generalsekretär einen Nachfolger zu finden. Er bittet darum nach wie vor um die Nominierung geeigneter Persönlichkeiten, die willens und in der Lage wären, ihn in seinem Amt abzulösen, das er aus verschiedenen, bereits früher mitgeteilten Gründen nicht mehr für längere Zeit weiterführen kann.

Der amtierende ORION-Redaktor und Vizepräsident der SAG/SAS:

gez. Dr.-Ing. Erwin Wiedemann,
Garbenstrasse 5, CH-4125 Riehen
Tel. 061 – 49 80 29

Aus dem IAU-Zirkular 2591

Über den Kometen KOHOUTEK 1973 f wurden die folgenden neuen Daten veröffentlicht:

1973 UT	α1950	δ1950	m1	Beobachter
Oktober, 23	$11^h13^m48.20^s$	−5°37′13.9″	9	(URATA)
Oktober, 25	$11^h18^m26.13^s$	−6°08′41.0″	8.5	(URATA)
Oktober, 31	$11^h32^m45.44^s$	−7°45′35.3″		(KLEMOLA)
November, 2	$11^h37^m54.20^s$	−8°20′20.0″	10	(HARRINGTON)

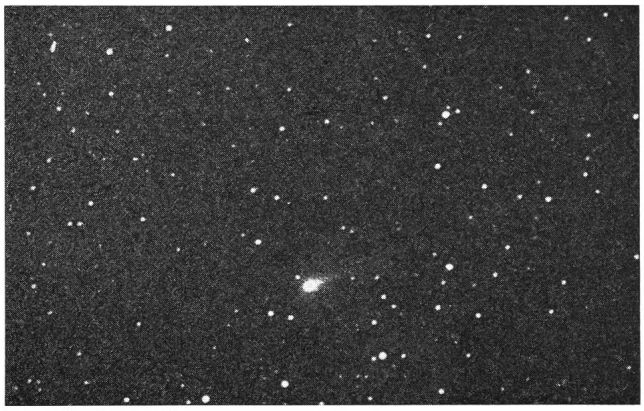
Mit dem Lick-Reflektor (305 cm Spiegeldurchmesser) haben H. SPINRAD, H. E. SMITH und J. LEIBERT am 30. Oktober das Spektrum des Kometen aufgenommen und dabei ziemlich starke SWAN-Banden bei 5165 Å und 4737 Å, sowie schwächere bei 6535 Å, 6300 Å und 6363 Å (die beiden letzteren auf den Kern konzentriert) festgestellt. Über Koma und Schweif berichtet L. WATERFIELD, dass nach Beobachtungen vom 25. und 27. Oktober die innere Koma etwa 30–40″ und eine schwächere äussere Koma etwa 90″ Durchmesser zeigt, während der Schweif, der breit und noch ziemlich schwach ist, in mittlerer Richtung 285° eine Länge von etwa 3′ aufweist (Belichtungszeit 20 Minuten). Die Gesamthelligkeit wird mit 7.5–8^m angegeben.

Das IAU-Zirkular 2591 enthält weiter Angaben über den Komet ENCKE, sowie den Komet GEHRELS 2 (1973 n), die beide periodisch sind. Nähere Angaben über diese Kometen können bei der Redaktion erfragt werden.

E. WIEDEMANN

Eine erste Amateur-Aufnahme des Kometen Kohoutek 1973 f

sandte uns Herr F. SEILER, Sternwarte Reintal. Zur Zeit der Aufnahme befand sich der Komet noch in der Entfernung der Marsbahn, also etwa 230 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt. Seine Helligkeit wurde zu 7 ^{m} geschätzt, die Schweiflänge zu mindestens 7 Winkelminuten.



Aufnahme mit MAKSUTOV-Kamera 150/200/350 mm. Belichtungszeit 4 Min. auf Separation-Film 1. Entwickelt mit Dokumol. Eine längere Belichtungszeit, die wahrscheinlich eine wesentlich grössere Schweiflänge ergeben hätte, war wegen des Zodiakallichts nicht möglich. Transparenz: 1. Positionswinkel 280°. Norden ist oben.

Die Redaktion freut sich, diese Aufnahme bringen zu können und bittet alle aktiven Astroamateure um weitere Bilder – der Zeitpunkt dafür wird immer günstiger!

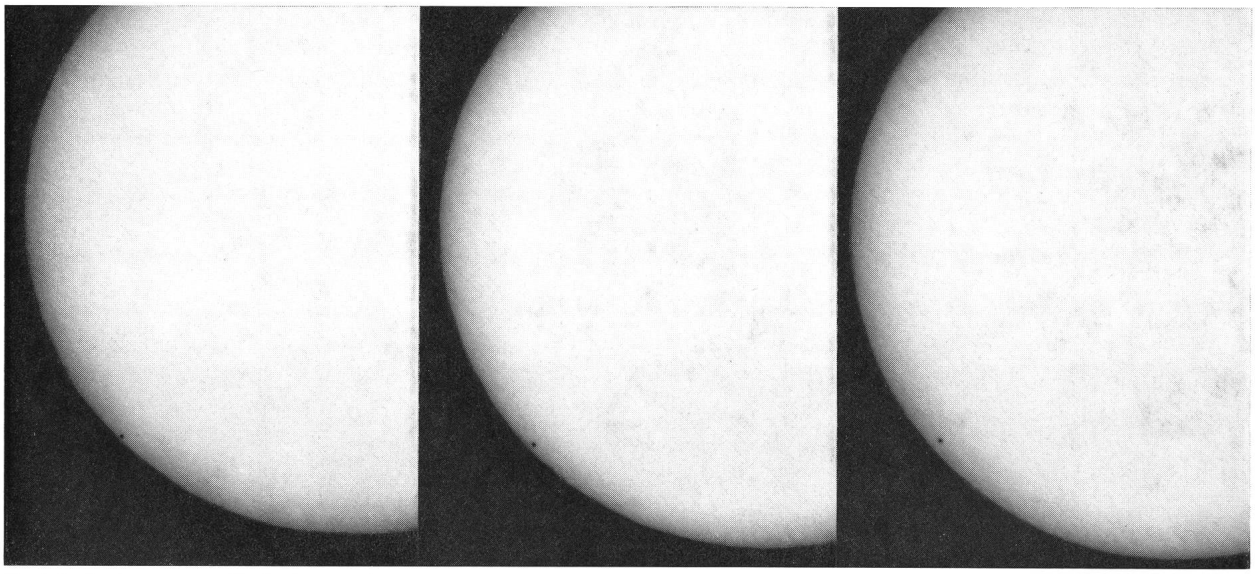
Adresse des Einsenders: Dipl. Ing. F. SEILER, Bonner Strasse 26, D-8 München 23, BRD.

Partielle Sonnenfinsternis vom 24. Dezember 1973

Unsere Leser wissen aus R. A. NAEF's Sternenhimmel 1973, Seiten 148–151, dass am Heiligen Abend kurz vor Sonnenuntergang die in Westafrika ringförmige Sonnenfinsternis bei uns in partieller Phase sichtbar sein wird. Beobachter, die über einen guten Standort verfügen und, vom Wetterglück begünstigt, Aufnahmen machen können, sind gebeten, Ihre Bilder mit kurzer Beschreibung dem ORION zur Veröffentlichung einzusenden.

Erste Amateur-Aufnahme des Merkur-Durchgangs vom 10. 11. 1973

Da der ORION-Redaktion bis zum 15. 11. 1973 leider keine Aufnahmen dieses Ereignisses zugekommen sind, sie aber unsere Leser doch schon in dieser Nummer kurz darüber informieren möchte, seien in der Folge drei Aufnahmen des unterzeichneten Redaktors wiedergegeben. Leider waren an seinem Wohnort (Riehen, BS) die Verhältnisse denkbar ungünstig: Der Himmel klarte erst gegen 11.30 Uhr MEZ allmählich auf und es herrschte in der Folge eine starke Luftturbulenz, so dass nur Aufnahmen mit kleiner Optik und schwacher Vergrösserung möglich waren. Im Gegensatz zum letzten Merkur-Durchgang war diesmal die Sonne fleckenfrei. Die Bilder zeigen ungefähr, was unter den herrschenden Bedingungen zu erreichen war. Die Redaktion hofft indessen, von Amateuren, an deren Orten das Wetter besser war, wesentlich schönere Aufnahmen zu erhalten, die sie dann gerne in der nächsten ORION-Nummer zur Abbildung bringen wird. E. WIEDEMANN



Drei Aufnahmen vom Ende des Merkur-Durchgangs vom 10. 11. 1973. (Man vergleiche damit die Graphiken im Sternenhimme 1973 von R. A. NAEF, Seite 140). Süden ist oben, Westen rechts.
Merkur zieht in den Aufnahmen von rechts oben nach links unten vor der Sonne durch, daher ist die erste Aufnahme rechts, die letzte links. Man beachte auch die Randverdunkelung der Sonne, sowie die Wellung des Sonnenrandes, verursacht durch die starke herrschende Luftturbulenz.
Aufnahmezeiten: Bild rechts: 14.05 MEZ. Bild Mitte: 14.13 MEZ. Bild links: 14.15 MEZ (kurz vor dem 3. Kontakt).
Aufnahmedaten: Leitrohr-Objektiv eines 20 cm-Teleskops: Apochromat Wild 1:10 f = 650 mm mit vorgeschaltetem Schwächungsfilter 100:1 und nachgeschalteter Barlow-Linse. Äquivalentöffnung 1:20, Äquivalentbrennweite 1300 mm. Alle Belichtungszeiten: 1/125 Sekunde. Agfaortho-Professional-Film, 10 Minuten entwickelt in Rodinal 1:20. Nachvergrösserung für die Reproduktion: 6 fach.

ORION-Titelbilder in Vierfarbendruck

Wie die meisten unserer Leser wissen, ist die derzeitige ORION-Redaktion bemüht, dem Astroamateur eine Zeitschrift zu bieten, die seinen Wünschen sowohl bezüglich des Inhalts als auch dessen Präsentation so weit wie möglich entspricht. Dieses Bemühen hat aber auch der Redaktion den Vorwurf eingebracht, der ORION wandle sich zu einer «Revue de Luxe». Dieser Vorwurf scheint durch Titelbilder in Vierfarbendruck eine gewisse Berechtigung zu erhalten, denn man weiss, dass Vierfarbendrucke relativ teuer sind. Die Redaktion möchte deshalb darauf hinweisen, dass die Titelbilder von ORION 138 und 139 nur durch eine erfreuliche Zunahme des Annonceneingangs über den dafür budgetierten Betrag hinaus ermöglicht worden sind. Das ORION-Budget wird also durch diese Vierfarbendrucke *nicht* belastet, und da die SAG gemäss ihren Statuten *keine* auf Gewinn ausgerichtete Gesellschaft ist, obliegt es ihr, die ihr zufliessenden Mittel zu Gunsten ihrer Mitglieder zu verwenden, für die ja auch der SAG-Vorstand und die ORION-Redaktion ehrenamtlich arbeiten. Die Redaktion ist der Ansicht, dass die Farbwiedergabe ausgewählter astronomischer Aufnahmen eine Bereicherung des ORION im Sinne der Wünsche seiner Leser darstellt und sie wird diese Möglichkeit nach Massgabe der Verhältnisse auch weiterhin wahrnehmen.

Bibliographie

ALAN H. BATTEN: *Binary and Multiple Systems of Stars*. Pergamon Press Ltd., Oxford – New York, 1973, XII + 278 S., illustriert, £ 4.00.

In den letzten Jahren sind Doppel- und Mehrfachsysteme wieder vermehrt erforscht worden. Das hier zu besprechende Werk eignet sich für jeden, der sich schnell und gründlich in dieses Gebiet einarbeiten will. Die allgemeinen Grundlagen sind sorgfältig behandelt und besondere Abschnitte sind den Perioden, Massen und Radien solcher Systeme gewidmet. Interessant ist vor allem das Kapitel über Mehrfachsysteme. Der Autor behandelt auch neuere statistische Untersuchungen und geht auf die Entdeckung von Materieaustausch bei engen Systemen ein. Die einzelnen Phänomene sind ausführlich beschrieben. Dabei wird versucht, fast ohne Mathematik auszukommen. Die Rezensentin hätte zwar selbst gerne auch analytische Darstellungen zu einzelnen Problemen gesehen. In der jetzigen Darstellung ist das Werk jedoch einem grösseren Leserkreis zugänglich. Dies war wohl auch die Absicht von A. H. BATTEN. Viele Leser werden sich sicher über die ausführlichen, klaren und exakten Beschreibungen freuen. D. WIEDEMANN

Vistas in Astronomy, Band 14, Pergamon Press, New York, 1972. Herausgegeben von ARTHUR BEER. VIII + 304 S., illustriert, $ 30.00.

Die Reihe «Vistas in Astronomy» ist bei den Astronomen mittlerweile wohlbekannt. Sie zeichnet sich nicht nur durch eine grosszügige Aufmachung aus, sondern insbesondere auch dadurch, dass Beiträge aus den verschiedensten Gebieten der Astronomie darin aufgenommen werden. Damit hat sie sich – wohl zu recht – einen guten Namen gemacht.

Der nun vorliegende Band 14 umfasst 5 Artikel, die ganz verschiedene Themen behandeln. Auch hier dienen viele Bilder und Tabellen zur Erläuterung des Textes und bereichern den Band.

Der erste Artikel ist von J. MEEUS, Belgien, verfasst. Er ist der Zeitmessung in bezug auf den Mondumlauf gewidmet; insbesondere werden Effekte betrachtet, die eine Voraussage erlauben, wann die Krater *in* beziehungsweise *aus* dem Erdschatten treten. Die Methode, deren Gültigkeit anhand von Beobachtungsresultaten überprüft worden ist, ist klar beschrieben. Leider fehlen ausführliche Angaben darüber, wie aufgrund von gemachten Beobachtungen nun wirklich die Ausdehnung des Erdschattens berechnet werden kann.

Bekanntlich ist in der Schweiz die Photometrie, insbesondere die Dreifarbenphotometrie, eine der meist verwendeten Forschungs- und Arbeitsmethoden. M. GOLAY, Genf, beschreibt in seinem Beitrag die Möglichkeit, eine Spektralklassifikation von Sternen und Sternsystemen mit Hilfe einer Siebenfarbenphotometrie zu erhalten. Das hier zur Diskussion stehende photoelektrische System ist vom Autor bereits im Jahre 1963 entwickelt worden. Seitdem hat man die Methode auf Beobachtungen, die in Genf, in der Haute-Provence sowie auf dem Jungfraujoch gemacht worden sind, erfolgreich angewandt. GOLAY's System folgt im wesentlichen dem von JOHNSON entwickelten UBV-System. Es ist lediglich ergänzt durch vier Bande im B- bis V-Bereich. Das Ziel liegt darin, galaktische Haufen, Sternassoziationen und Doppelsterne auf ihre physikalischen Eigenschaften hin zu untersuchen. Die Methode ist auch schon auf Sterne bis zur 9. Helligkeitsklasse angewandt worden. Empirische Ergebnisse sind in vielen Figuren und Tabellen wiedergegeben. Der Autor zeigt, wie man daraus möglichst viele spektroskopische Daten erhalten kann. – In den letzten Jahren sind sehr viele Mehrfarbensysteme entwickelt worden; es wäre daher von Interesse gewesen, wenn der Autor auch einen Vergleich mit anderen Mehrfarbensystemen gezogen hätte. Leider fehlt eine solche Betrachtung.

M. SCHOLZ, Heidelberg, legt in seinem Artikel «Elements Abundances in O- and Early B-stars» die Methode der klassischen Feinstrukturanalyse der Spektren von frühen Sternen dar. Resultate werden diskutiert und mit älteren Objekten verglichen.

G. COURTÈS, Marseille, ist wohlbekannt für seine fundierten Studien der H-II-Regionen zur Bestimmung der Spiralstruktur und Kinematik von Galaxien. In dem hier abgedruckten Artikel weist er in erster Linie auf die Bedeutung der Anwendung eines FABRY-PEROT-Interferometers auf ionisierten Wasserstoff hin. Gleichzeitig gibt er viele praktische Hinweise. Der Beitrag befasst sich aber auch mit einer allgemeinen Studie über die Entdeckung der Hα-Strahlung und ihres kinematischen Verhaltens. Diese Betrachtungen ermöglichen einen Vergleich zwischen optischer Identifikation von Spiralarmen und ihrer Ermittlung aus radioastronomischen Beobachtungen. Zum Schluss werden die Strukturen von M 33 und unserer Milchstrasse bestimmt, sowie einige Studien über M 31, NGC 4631 und M 51 gemacht.

G. DE VAUCOULEURS, Texas, ist kein Unbekannter auf dem Gebiet der extragalaktischen Astronomie. Seine Arbeit, die er zusammen mit K. C. FREEMAN, Australien, verfasst hat, umfasst rund 130 Seiten und behandelt die Frage der Struktur und Dynamik von Balkenspiralen, und zwar insbesondere von solchen Magellan'schen Typs. In HUBBLE's Klassifikation (1926) werden Balkenspiralen (SB) als seltene Variante der sogenannten Spiralnebel betrachtet. Inzwischen hat sich jedoch herausgestellt, dass SB-Typen genau so häufig vorkommen. Strukturuntersuchungen der Magellanschen Wolken haben gezeigt, dass sie typisch für eine ganze Gruppe von Galaxien sind. Bei ihrer Untersuchung gehen die Autoren von photometrischen Studien aus. Der Text ist reichlich illustriert. Fast die Hälfte der 75 Figuren zeigen photographische Aufnahmen von Galaxien. Jeder Leser wird daran seine Freude haben. D. WIEDEMANN

FRED HOYLE: *From Stonehenge to Modern Cosmology*. W. H. Freemann & Co., San Francisco, 1972, 96 S., illustriert, $ 4.95.

FRED HOYLE zählt wohl zu den hervorragendsten Wissenschaftern unserer Zeit. Er befasst sich heute in erster Linie mit den Fragen der räumlichen und zeitlichen Ausdehnung des Universums und ist als Kosmologe für die Entwicklung des sogenannten Steady-State Weltmodells wohlbekannt.

Im Jahre 1969 hat er an der State Universität von New York in Buffalo Vorlesungen über Kosmologie gehalten. Sie sind inzwischen ergänzt und im vorliegenden Bändchen abgedruckt worden. Wie der Titel des Buches, «From Stonehenge to Modern Cosmology», bereits besagt, geht der Autor in der Geschichte der Kosmologie weit zurück, bis zu den Erbauern von Stonehenge, vor etwa 5000 Jahren. Daneben kommt HOYLE auch auf die modernen astronomischen Forschungen, die bis zu den Grenzen des heute beobachtbaren Universums vordringen, zu sprechen.

Das erste Kapitel ist dem Problem «Wissenschaft und Gesellschaft in unserer Zeit» gewidmet. Viele aktuelle Probleme werden kurz gestreift. HOYLE nimmt Stellung zu kritischen Fragen, wie zum Beispiel zum Problem des Einflusses der Politik auf die exakte Wissenschaft.

Im zweiten Kapitel befasst er sich eingehend mit der alten Stätte Stonehenge in der Salisbury Ebene in England. Nach jahrelangen Untersuchungen glaubt er heute zu wissen, dass Stonehenge ein altes astronomisches Observatorium gewesen war, das seiner Ansicht nach aus rein religiösen Gründen erbaut worden ist. Die Erbauer von Stonehenge scheinen davon ausgegangen zu sein, dass das menschliche Sein mit Hilfe des Studiums der Bewegungen und Veränderungen der Himmelskörper erklärt werden könnte. HOYLE ist überzeugt, dass Stonehenge die Entwicklung der modernen Kultur stark beeinflusst hat.

Die daran anschliessenden Kapitel führen in unsere Zeit. Viele Informationen der letzten 20 Jahre sind darin zusammengefasst und auf ihre kosmologische Bedeutung hin untersucht worden. Besonders sei an dieser Stelle auf die Problematik der quasistellaren Objekte hingewiesen, deren Helligkeit und Rotverschiebung nicht dem HUBBLEschen Gesetz für Galaxien folgen. Interessant ist die spekulative Betrachtung, dass die Gravitationskonstante stetig abnimmt, und zwar umgekehrt propor-

tional mit der Zeit. HOYLE schreckt nicht davor zurück, auf die Auswirkungen einer solchen Tatsache für die moderne Kosmologie einzugehen. Er diskutiert, unter Annahme einer veränderlichen Gravitationskonstante, das Gesetz der Rotverschiebung, die Beschleunigung von Erde und Mond und die langfristige klimatische Veränderung auf unserer Erde. Zur fundamentalen Frage der kosmologischen Forschung jedoch, ob unsere irdischen physikalischen Gesetze auch im Grossen gelten, gibt es noch keine Antwort.

Bei allen seinen Betrachtungen streicht der Autor den philosophischen und sogar religiösen Hintergrund des menschlichen Bestrebens, sinnvolle Aussagen über die Gesamtheit der physikalischen Welt zu machen, heraus. D. WIEDEMANN

J. S. HEY: *The Evolution of Radio Astronomy*. Elek Science, London, 1973, X + 214 S., £ 2.80.

Der Autor, Professor an der Universität Cambridge, entdeckte während des zweiten Weltkrieges die Radiostrahlung der Sonne und ist somit einer der wenigen, die sich mit der Radioastronomie von Beginn an beschäftigt haben.

Das vorliegende Buch – dem ersten in einer Reihe über die Geschichte der Naturwissenschaften – vermittelt in der ersten Hälfte die Geschichte des zögernden Beginns der Radioastronomie, ihre Entwicklung mit den ersten Entdeckungen und das Einsetzen der ersten Forschungsprogramme. Der Autor widmet ein eigenes Kapitel den zwei bedeutungsvollen Jahren 1950/51. Damals haben ALFÉN und HERLOFSON die Entdeckung der vielversprechenden Hypothese gemacht, dass der Synchrotron-Mechanismus verantwortlich sein könnte für die Radioemission von intensiven, diskreten Radioquellen. In diese Jahre fällt auch die Beobachtung der von VAN DER HULST theoretisch vorausgesagten 21 cm-Linie des neutralen Wasserstoffs. In einem weiteren Abschnitt werden die wichtigsten Radioteleskope und ihre Observatorien beschrieben. Es ist verständlich, dass der Autor den ihm bestens vertrauten Teleskopen des eigenen Landes seine besondere Aufmerksamkeit schenkt. Die stürmische Entwicklung der radioastronomischen Technik betrifft insbesondere die Radio-Interferometrie. Ab 1950 ist das Gebiet der Radioastronomie jedoch bereits so komplex geworden, dass sich der Autor nicht mehr an die historisch-chronologische Folge ihrer Entwicklung halten kann.

Die zweite Hälfte des Buches zeigt die Teilbereiche der radioastronomischen Forschung und ihre erzielten Resultate. So wird im fünften Kapitel beinahe jeder Aspekt der Radioastronomie vom Mond und den Planeten bis zu den solaren Radioausbrüchen behandelt. Die Anwendung der Radar-Echo-Methode machte eine exakte Entfernungsbestimmung innerhalb des Sonnensystems möglich. Ein weiterer Erfolg dieser Methode war die Bestimmung der Rotationsdauer von Merkur zu 59 Tagen, die gegen die aus optischen Beobachtungen resultierende Periode von 88 Tagen merklich differiert. Planetarische Radar-Astronomie erreicht heute ihren Höhepunkt in der Oberflächentopographie von Planeten, wie etwa der Venus. Das daran anschliessende Kapitel «Radiowellen aus unserer Milchstrasse» beschreibt die Zusammenarbeit der Wissenschafter auf der nördlichen und südlichen Hemisphäre. Sie war nötig, um die Struktur und Kinematik unserer Milchstrasse aus Messungen der Intensität und der DOPPLERverschiebung der 21 cm-Linie zu bestimmen. Das Ergebnis ist in der bekannten «Leyden-Sydney»-Karte des neutralen Wasserstoffs wiedergegeben. Es ist von besonderem Interesse, einige der neueren Entdekkungen der Radioastronomie in diesem Buch zu finden, so zum Beispiel die Radiokarte des Überrestes von TYCHO BRAHE's Supernova. Im Anschluss an die Beschreibung der Flare-Sterne, der Radio-Sterne und der Emissionsnebel wendet der Autor sich der an «science fiction» erinnernden Entdeckungsgeschichte der Pulsare durch seine Cambridger Kollegen zu. Den von Jahr zu Jahr vermehrt gefundenen Radiospektrallinien und den ihnen zugrunde liegenden Radikalen und Molekülen gewährt der Autor nach Ansicht des Referenten einen etwas zu geringen Raum.

In einem weiteren Abschnitt wird der Leser mit den Radioeigenschaften der extragalaktischen Objekte vertraut gemacht. Besonders beeindruckend ist die Folge der Radiokarten des Andromeda-Nebels aus den Jahren 1951, 1959, 1969, welche die ständig verbesserte Auflösung der Struktur dieser Quelle deutlich macht. Die Suche nach Quasaren und das Studium ihrer physikalischen Eigenschaften wurde zu einem der ränkevollsten Probleme in der extragalaktischen Astronomie. Abgesehen von der auch heute noch mit unverminderter Heftigkeit andauernden Diskussion um die wahre Entfernung der Quasare wurden die Radioastronomen herausgefordert, ihre äusserste Geschicklichkeit unter Beweis zu stellen. Denn nicht nur die optische Strahlung, sondern auch die Radiowellenstrahlung der Quasare entspringt einem sehr kleinen Bereich. Die Bemühungen, Positionen und Strukturen dieser Objekte zu erfassen, brachten in den letzten Jahren den grössten technischen Fortschritt für die Radioastronomie. Die Verbesserung der Messtechnik in den Winkeldimensionen während der letzten 25 Jahre von Teilen eines Grades bis zu Tausendsteln einer Sekunde durch die «Very-Long-Line» Interferometrie stellt der Autor glänzend dar. Die Erreichung einer optimalen Genauigkeit in den Radiopositionen ist ein wünschenswertes Ziel, um eine Identifikation zwischen Radioquelle und optischem Analogon zu erreichen. Die Dimensionen und Strukturen der Quasare wurden durch wertvolle zusätzliche indirekte Methoden (Scintillations- und Variabilitätsbeobachtungen, Spektren) bestätigt. In der weiteren Folge wird auf zwei Aspekte der Radioastronomie und ihrer kosmologischen Relevanz hingewiesen. RYLE und SCHEUER kamen 1955 zu dem Schluss, dass ihre Ergebnisse aus Quellenzählungen mit der «steady-state» Theory von BONDI, GOLD und HOYLE (statisches euklidisches Universum mit kontinuierlicher Materieproduktion) unvereinbar seien. Diese Diskrepanz gab Anlass zu Kontroversen unter den Radioastronomen, die nur mit den Diskussionen über die «lokale Hypothese der Quasare» verglichen werden können. In jüngster Zeit wurde die Theorie eines expandierenden Universums durch weitere radioastronomische Beobachtungen noch stärker untermauert. Die 3° K-Hintergrundstrahlung stimmt mit der Annahme einer Anfangstemperatur des Universums von 10^{10}° K und einem Weltalter von 10^{10} Jahren gut überein.

Nach einem zusammenfassenden Überblick der Methoden in der Radioastronomie im letzten Kapitel erwähnt der Autor in einem Anhang zusätzliche Aspekte radioastronomischer Forschung: Radioastronomische Tests der Allgemeinen Relativitätstheorie, die Bedeutung der ZEEMAN-Aufspaltung der 21 cm-Wasserstofflinie und die Möglichkeit einer interstellaren Radiokommunikation. Ein chronologisch geordnetes Literaturverzeichnis von 1932 bis 1970 und eine Zusammenstellung der wichtigsten radioastronomischen Fachausdrücke runden das Buch ab. Ein kleiner Nachteil des vorliegenden Werkes erscheint dem Referenten darin, dass der Autor seinen Bericht über die radioastronomische Forschung mit dem Jahre 1970 enden lässt, obwohl das Buch erst 1973 erschienen ist.

Das Werk ist in einfacher und klarer englischer Sprache geschrieben und ist jedem Interessenten für Radioastronomie aufs Beste zu empfehlen. H. St.

Weitere zur Besprechung eingegangene Literatur:
MARGULIS, Origins of Life, III, Planetary Astronomy
MARGULIS, Origins of Life, IV, Chemistry and Radioastronomy
B. M. MCCORMAC, Physics and Chemistry of upper Atmospheres
B. BIENKOWSKA, The scientific world of Copernicus
J. D. FERNIE, Variable stars in globular clusters and in related systems

Anfrage an aktive SAG-Mitglieder

Anlässlich der Tagung der Vereinigung der Sternfreunde (VdS) in Stuttgart vom 27.–30. September 1973 wurde bekannt, dass die Sternfreunde in der BRD Gelegenheit hätten, auf der Farm eines Landmannes in Südafrika eine Feriensternwarte zur Beobachtung und zu Aufnahmen des Südhimmels zu bauen.

Unterkunft und Verpflegung wären zu Selbstkosten in der Farm möglich, so dass eigentlich nur die heute auch nicht mehr unerschwinglichen Kosten der Flugreise ins Gewicht fallen würden. Die VdS würde sich freuen, wenn sie bei einem etwaigen Zustandekommen des Projekts auch Sternfreunde aus der Schweiz auf der Astro-Farm begrüssen könnte. Es wäre im Vorbereitungsstadium von einiger Wichtigkeit, zu wissen, ob und wie gross gegebenenfalls eine schweizerische Beteiligung wäre. Der unterzeichnete Präsident SAG nimmt gerne Meldungen zur Weiterleitung entgegen, mit dem Bemerken, dass solche Meldungen rein informativen Charakter haben und gänzlich unverbindlich sind.

Anschrift: W. Studer, Präsident SAG, Kaselfeldstrasse 39, CH-4512 Bellach.

ORION-Hefte für Schulen

Von den ORION-Heften des laufenden Jahrgangs (und auch von einigen früheren Jahrgängen) sind noch kleinere Stückzahlen verfügbar. Redaktion, Generalsekretariat und Druckerei haben beschlossen, diese Hefte *mittleren Schulen* auf Anforderung hin *gratis* zur Verfügung zu stellen. Anfragen um Zusendung von maximal je 2 Heften der verfügbaren Serie sind zu richten an:

ORION-Redaktion, Garbenstrasse 5, 4125 Riehen, oder:

SAG-Generalsekretariat, Vordergasse 57, 8200 Schaffhausen, oder:

A. Schudel AG, Buch- und Offsetdruck, Schopfgässlein 8, 4125 Riehen.

Den Anträgen auf Zusendung wird in der Reihe des Eingangs entsprochen werden. Die Aktion ist auf *mittlere Schulen* beschränkt, da erfahrungsgemäss der hohe erzieherische Wert einer Beschäftigung mit astronomischen Problemen (Instrumentenbau, Beobachtung, Theorien und Gesetze) bei Jugendlichen dieses Alters und dieser Vorbildung besonders ausgeprägt ist.

Aus den Sektionen

Der Planetenweg Burgdorf-Wynigen

von Peter Jakober, Burgdorf

In den Herbstmonaten des Jahres 1971 wurde in der theoretischen Gruppe der Astronomischen Gesellschaft Burgdorf das Problem der *modellhaften Darstellung unseres Planetensystems* diskutiert. Dabei zeigte sich bald, dass es unmöglich ist, sowohl die Abstände der Körper im Sonnensystem als auch deren geometrische Abmessungen in ein und demselben Maßstab ohne Schwierigkeiten darzustellen: Bei angemessener Grösse der einzelnen Planeten werden die Distanzen so gross, dass das Modell in einem geschlossenen Raum keinen Platz finden würde; versucht man umgekehrt die Abstände in einem kleineren Maßstab zu halten, werden die einzelnen Planeten zu unscheinbar. Häufig werden deshalb zwei verschiedene Maßstäbe gewählt: Ein grosser für die Planeten und ein kleiner für die Abstände. Dies ist jedoch unbefriedigend; diese Art der Darstellung gibt nicht die richtigen Vorstellungen. Der Ausweg aus diesem Dilemma wurde in langen Diskussionen in der von H. U. Menzi, Burgdorf, geleiteten theoretischen Arbeitsgruppe gefunden: Diese schlug vor, das Modell im Maßstab $1:10^9$ (eine Milliarde) zu bauen und es im Freien aufzustellen. Damit betragen die grössten Distanzen ca. 6 km, und die Durchmesser der einzelnen Körper variieren zwischen einigen Millimetern bei den kleinen Planeten über einige Zentimeter bei den mittleren und grossen Planeten, und bis zu 1,39 m bei der Sonne.

Nach der Festlegung des Maßstabs galt es, ein für das Aufstellen des Modells geeignetes Gelände zu finden. Die Wahl fiel auf die Strecke *Burgdorf - Binzberg - Kaltacker - Guetisberg - Rutschiweid - Chänerech - Wynigen*. Für diese Route sprachen deren günstig gelegene Ausgangs- und Endpunkte und die Möglichkeit, bequem per Bahn wieder nach Burgdorf zurückkehren zu können. Der Weg ist zudem landschaftlich sehr reizvoll: Abwechslungsweise führt er durch Feld und Wald in ca. 700 m über Meer, ohne dass grosse Steigungen zu überwinden wären. Ein vorgesehenes Teilstück dieses Wanderweges war allerdings noch nicht ausgebaut, doch erwies sich eine Erschliessung als nicht sehr schwierig. Es galt nun, die Erlaubnis für das Aufstellen der Säulen und Wegweiser bei den Landeigentümern – in einem Fall zusätzlich beim Pächter – einzuholen; leichter als erwartet gelang dies: Die Burgergemeinden Burgdorf und Wynigen sowie die Landbesitzer und Pächter brachten unserem Vorhaben grosses Interesse und Wohlwollen entgegen. Die «Berner Wanderwege» fanden ebenfalls Gefallen an unserem Projekt. In der Folge entwickelte sich eine äusserst erspriessliche Zusammenarbeit: Sie gipfelte darin, dass die «Berner Wanderwege» den Weg ab Bahnhof Burgdorf markierten und ihn ins «Wanderbuch Emmental I», 4. Auflage 1973, aufnahmen.

Parallel zu diesen Aktivitäten stellte Herr R. Holzgang, Vizepräsident der Astronomischen Gesellschaft Burgdorf, einer der unermüdlichsten Promotoren des Werkes, die Finanzierung sicher. Dabei stand von Anfang an fest, dass das Modell in Freizeitarbeit konstruiert werden sollte, damit die Astronomische Gesellschaft Burgdorf es auch als ihr Werk der Öffentlichkeit schenken durfte. Als potentielle Geldgeber wurden die hiesigen Banken und Versicherungsanstalten betrachtet. Das Budget verlangte einen Barbetrag von Fr. 2500.–. Fünf Banken und vier Versicherungsgesellschaften trugen sich in verdankenswerter Weise in die Donatorenliste ein. Damit war die Finanzierung im Juni 1972 sichergestellt.

Die Lösung der technisch-konstruktiven Probleme wurde in vielen Diskussionen und Beratungen erarbeitet. Dabei ergaben sich die folgenden drei Hauptaufgaben:

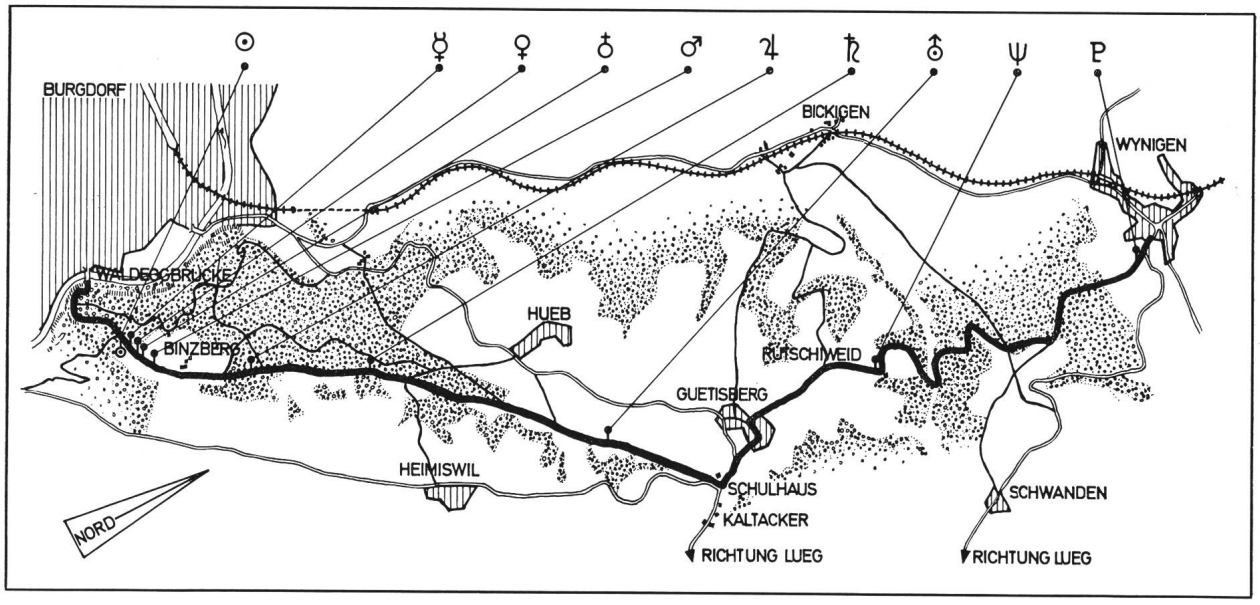
1. Herstellen der Sonnenkugel
2. Herstellen der kleinen Planeten
3. Herstellen der grossen Planeten

MODELL DES SONNENSYSTEMS

MASSSTAB 1:1 MILLIARDE (1 mm = 1000 km)

	Entfernung von der ☉ in Mio km	Durchmesser in 1000 km	Umlaufzeit		Volumen Erde=1	Anzahl Monde	Licht der ☉ erreicht Planet nach		
	im Modell: m	im Modell: mm	Jahre	Tage			h	m	s
☉ Sonne		1400			1 304 000				
☿ Merkur	58	5		88	0,05		0	3	13
♀ Venus	108	12		225	0,91		0	6	0
♁ Erde	150	13	1		1,00	1	0	8	20
♂ Mars	228	7	1	322	0,15	2	0	12	40
♃ Jupiter	778	143	11	315	1317	12	0	43	10
♄ Saturn	1428	121	29	167	762	10	1	19	20
♅ Uranus	2872	48	84	8	50	5	2	39	33
♆ Neptun	4498	45	164	282	42	2	4	9	53
♇ Pluto	5910	6	247	255	0,1		5	28	20

Vergleich: Proxima Centauri, der nächste Fixstern, ist 40,3 Billionen km von der Sonne entfernt. Im Modell wären das 40 000 km = 1 Erdumfang. Sein Licht erreicht die Erde nach 4,3 Jahren (Lichtgeschwindigkeit: 300 000 km in der Sekunde).



DER BEVÖLKERUNG VON BURGDORF UND UMGEBUNG GESCHENKT

ASTRONOMISCHE GESELLSCHAFT BURGDORF **1973**

Die Sonnenkugel

Oben: Jupiter. Unten: Saturn

Die *Sonnenkugel* sollte in glasfaserverstärktem Polyester hergestellt werden. In der Werkstatt von Malermeister Ed. Born, einem weiteren Mitglied der AGB, wurde im Frühjahr 1972 mit der Konstruktion begonnen: Schweissen eines Eisenkorbes von 140 Zentimeter Durchmesser aus Drahtgeflecht und darauf aufbauend Giessen der eigentlichen Negativform aus Gips. Nach dem Schleifen der Oberfläche konnten die vier Schichten der glasfaserverstärkten Polyesterschicht aufgebracht werden. Die Gipsform ging leider beim Herauslösen in Brüche, und man war gezwungen, eine neue Form, diesmal auch aus Polyester, herzustellen. Diese bewährte sich in der Folge bestens zum Bau der weiteren drei Viertelskugeln, sie ist heute noch vorhanden, wiederverwendbar zur Herstellung weiterer Sonnen. Nach über einem Jahr dauernder intensiver Bautätigkeit – Dutzende von Arbeitsstunden wurden von begeisterten Amateuren freiwillig geleistet – war die Sonne montagebereit.

Die *kleinen Planeten* – Stahlkugeln mit Durchmessern zwischen 5 und 13 Millimetern – wurden in Giessharzwürfeln eingebettet. In stundenlanger Handarbeit mussten diese geschliffen und poliert werden. Die Körper präsentieren sich so freischwebend im fast farblosen Giessharz.

Die *grossen Planeten* Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun entstanden durch Drehen aus dem Vollen in rostfreiem Chromstahl. Diese anspruchsvolle Arbeit leistete Herr M. Thommen, Décolletages, in Nidau. Die AGB erhielt lediglich eine Rechnung für die Materialkosten. Die Kugeln spiegeln in ihrer glänzend polierten Oberfläche die Umgebung. Die Ringe von Saturn wurden in Anlehnung an die Giessharzwürfel als Sandwichkonstruktion gefertigt: Zwei durchsichtige Macrolonscheiben beschichtete man auf der Innenseite 0,015 Millimeter dick mit Silberbronce, wobei auch die Ringteilungen nicht vergessen wurden. Mit Araldit auf die Stahlkugel geklebt, bieten die Scheiben einen sehr wirklichkeitsnahen Eindruck.

Im Winter 1972/73 rekognoszierten wir die exakten Standorte der einzelnen Körper im Gelände. Noch vor Ostern 1973 erfolgte bei Kälte und Schneetreiben der Aushub der über einen Meter tiefen Löcher für die Fundamente. Am Ostersamstag und -montag wurden diese dann betoniert. Anfangs Mai begann das eigentliche Setzen der Himmelskörper mit der Montage der Sonne: Dank dem Einsatz der grossen Motordrehleiter der Wehrdienste Burgdorf erreichte sie mühelos ihren endgültigen Standort auf einem alten EW-Kandelaber. Sukzessive wurden in den folgenden Wochen die Giessharzwürfel und grossen Planetenkugeln auf die speziell hergestellten Betonsäulen montiert und diese in die vorbereiteten Fundamente verankert. An jeder Säule orientiert eine auf Aluminium gedruckte Karte über die wichtigsten physischen Daten des Planetensystems sowie über den einzuschlagenden weiteren Weg.

Mit dem Setzen der Säulen war das Modell zur Übergabe bereit: Am Pfingstsamstag, den 9. Juni 1973, fand bei schönstem Wetter die Vernissage statt. Die gegen achtzig geladenen Gäste und Mitglieder der Astronomischen Gesellschaft Burgdorf nahmen an einer ersten Begehung des Planetenweges teil. Beim Saturn wurde das fertige Werk im Rahmen einer schlichten Feier in die Hände der Öffentlichkeit gelegt. Trank und Speise fanden regen Zuspruch, und einige Unentwegte setzten den Planetenweg bis zum Pluto in Wynigen fort.

Es sei auch an dieser Stelle den vielen Gönnern und Helfern nochmals herzlich gedankt: Sei es, dass sie das Werk durch Geldspenden ermöglicht haben, das Land zum Aufstellen der Objekte zur Verfügung stellten oder auf eine andere Art das Werk unterstützten.

Ein spezieller Dank aber gebührt den Mitgliedern der Astronomischen Gesellschaft Burgdorf: Ohne das uneigennützige, begeisterte und begeisternde Mitmachen von vielen Jungen und Alten hätte das Unternehmen nie in die Tat umgesetzt werden können. Möge der Planetenweg vielen Wanderern Belehrung, Freude und Erholung bringen!

Adresse des Berichterstatters: Dr. sc. nat. ETH Peter Jakober, Burgergasse 48c, CH-3400 Burgdorf.

Inhaltsverzeichnis – Sommaire – Sommario

P. Bouvier:
Durée de vie et âge des amas d'étoiles 171
H. Andrillat:
Les étoiles solides 175
W. Zeitschel:
Meteorite und was man über sie wissen sollte 180
R. A. Naef:
Zum Kopernikus-Gedenktag anlässlich der schweizerischen Kopernikus-Ausstellung auf Schloss Rapperswil 182
P. Wild:
Bericht über die Jahresversammlung der Schweizerischen Gesellschaft für Astrophysik und Astronomie ... 183
H. Rohr:
«Astronam» 184
W. Studer:
Tagung der Vereinigung der Sternfreunde (VdS) 185
E. Wiedemann:
Ein lichtstarkes Maksutow-Teleskop mit Bildaufrichtung und variabler Brennweite 186
Wichtige Mitteilung des Vorstandes der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft mit Nachtrag 188
Aus dem IAU-Zirkular 2591 189
F. Seiler:
Eine erste Amateur-Aufnahme des Kometen Kohoutek 1973 f 189
E. Wiedemann:
Erste Amateur-Aufnahme des Merkur-Durchgangs vom 10. 11. 1973 190
Bibliographie 191
Aus den Sektionen:
P. Jakober:
Der Planetenweg Burgdorf-Wynigen 193

Im nächsten Heft - Dans le prochain numéro

L. Janin:
Le cadran lunaire

H. Treutner:
Sonnen-Photographie, 1. Teil

H. Brägger und E. Moser:
Das Filmen von Sonnenprotuberanzen

H. Urbaz:
Ergebnisse von zwei Jahren Koronaforschung

u. a. m.

Mitteilung an unsere Leser

Das Register des 31. ORION-Jahrgangs wird der 1. Nummer des 32. Jahrgangs, die im Februar 1974 erscheint, beiliegen.

SYNASTRONE®

Die Weltzeit-Sternzeit-Uhr des Astroamateurs (✠ Patent 459.896 Dr. E. Wiedemann), beschrieben in ORION 115, Seite 157, zeigt die Sternzeit auf 0.2 Sekunden/Jahr genau. Sie ist jetzt prompt lieferbar vom **Treugesell-Verlag Dr. H. Vehrenberg,** D 4000 Düsseldorf 4, Schillerstrasse 17, Postfach 4065. Sie kostet weniger als Fr. 300.—.

Bilderdienst

NEU: Astro-Farbdrucke, sog. «Posters» der Hale-(Palomar) Sternwarten, Format 74x58 cm.

Erhältlich:

M 41 Grosser Nebel im «Orion»

M 31 Grosse Galaxie in «Andromeda»

M 45 Plejaden

M 20 Trifid-Nebel im «Schützen»

NGC 6992 Schleier-Nebel im «Schwan»

Preise

Schweiz. Nur per Nachnahme!
Pro Stück Fr. 7.— Packung und Porto:

1—2 Posters Fr. 1.60 + Nachnahme
3—5 Posters Fr. 2.— + Nachnahme

Ausland. Alles inbegriffen. Nur gegen **Vorauszahlung** durch **Post-Anweisung direkt an den Generalsekretär. Kein** Post-Konto!

1 Poster Sfr. 9.80
2—5 Posters je Sfr. 9.50

Wir möchten in Erinnerung rufen — als prachtvolle Weihnachtsgeschenke:

CIBACHROME-Photo-Vergrösserungen in Farben. Format 24x30 cm, auf Aluminiumplatte aufgezogen, lichtbeständig, fertig zum Aufhängen ohne Glas und Rahmen. Die 8 besten Aufnahmen in Farben des Bilderdienstes — teuer, aber unerhört schön! Man verlange die Liste!

Preise: Schweiz Fr. 43.50 + Nachnahme. **Ausland,** alles inbegriffen, Sfr. 47.50, gegen **Vorauszahlung.**

Astro-Dias, 81 Aufnahmen in schwarz-weiss und — heute — 14 Dias-Serien in Farben.

NASA-Zeiss-Dias der erfolgreichen 7 «Apollo»-Mondflüge». 7 Serien mit je 12 Aufnahmen in Farben.

Astro-Postkarten in Farben der Hale-Sternwarten. Nur **eine** Serie mit 12 Karten. **Preise:** Schweiz und Ausland: 1 Serie Sfr. 5.—, 5 Serien Sfr. 22.—, 10 Serien Sfr. 42.—. Bitte **Vorausbezahlung** (Briefmarken nur in der Schweiz gültig!), da Nachnahme für kleine Beträge zu teuer!

Interessierten Käufern steht der Gesamt-Katalog zur Verfügung.

Dr. h. c. Hans Rohr, Generalsekretär der SAG, Vordergasse, 8200 Schaffhausen.

SOLAR-SKREEN TM

Ein neues, sicheres Sonnenfilter für Kameras und Fernrohre, für die **volle** Öffnung des Instruments, **preiswert** und gleichermassen für visuelle und photographische Zwecke geeignet. In Gebrauch am Walter Hohmann-Observatorium in Essen und an der Wilhelm Förster-Sternwarte in West-Berlin.

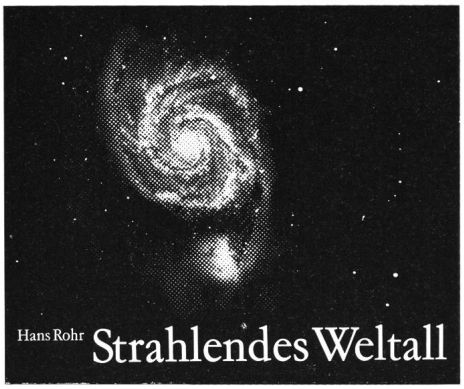
Grössen und Preise für die **Filter** und die **Fassungen dazu**

Objektivdurchmesser: 76 mm	$ 9.—	$ 18.—
103 mm	$ 11.—	$ 21.—*)
127 mm	$ 12.—	$ 23.—
152 mm	$ 13.—	$ 26.—
203 mm	$ 17.—	$ 32.—**)
254 mm	$ 21.—	
317 mm	$ 27.—	

*) für Questar etc.
**) für Celestron, Dynamax etc.

Garantie und Rückgaberecht! Versandkosten (Luftpost) inbegriffen!
Entwurf und Konstruktion eines Amateurs — für Amateure!

Bestellungen an:
Roger W. Tuthill, Box 1086 GA,
Mountainside, N. J. 07092, U.S.A.



Zwei hochinteressante Bücher von

Dr. h. c. Hans Rohr

Strahlendes Weltall

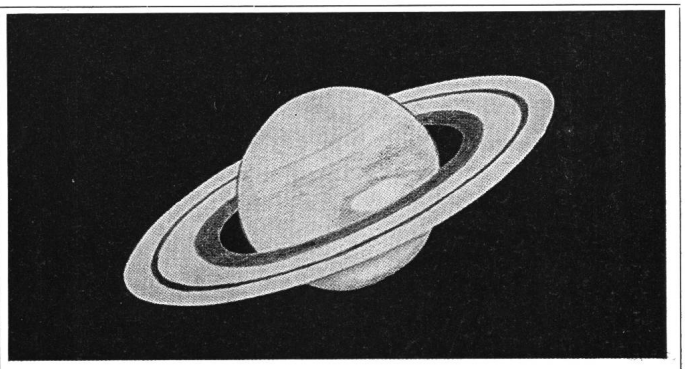
Ein herrlicher Bildband, der dem Laien einen Begriff von den unfassbaren Dimensionen und Schönheiten des Weltalls gibt.
85 Seiten, wovon 48 Seiten Text und 37 Seiten mit 21 farbigen und 56 schwarzweissen Photos.
Querformat.
Gebunden Fr. 28.80

Das Fernrohr für jedermann

Dieses Werk bietet dem geschickten Bastler eine gründliche Anleitung zum Bau eines Spiegelteleskops, das auch ernsthafte astronomische Beobachtungen erlaubt.
264 Seiten mit zahlreichen Skizzen.
Gebunden Fr. 24.—

Im Orell Füssli Verlag Zürich

Das reich illustrierte Jahrbuch
veranschaulicht in praktischer und bewährter Weise, mit leichtfasslichen Erläuterungen, den Ablauf aller Himmelserscheinungen; es leistet sowohl angehenden Sternfreunden als auch erfahrenen Liebhaber-Astronomen und Lehrern das ganze Jahr wertvolle Dienste.
1974 ist wieder aussergewöhnlich reich an seltenen Phänomenen:
Das Erscheinen des hellen Kometen Kohoutek 1973f wird eingehend beschrieben (Kärtchen und Ephemeride ab Dez. 1973); ferner werden, neben den übrigen Phänomenen, die Sonnen- und Mondfinsternisse, in Europa sichtbare Saturn- und Venus-Bedeckungen sowie Sternbedeckungen (alle bis 7.5^m), seltene Jupiter-Trabantenerscheinungen, die Bedeckung des Algol-Veränderlichen Zeta Aurigae u. a. m. ausführlich behandelt und bildlich dargestellt.
Der Astro-Kalender für jeden Tag vermittelt rasch greifbar und übersichtlich alle Beobachtungsdaten und -zeiten.
Zahlreiche Kärtchen für die Planeten und Planetoiden u. a. Erscheinungen, Sternkarten mit praktisch ausklappbarer Legende zur leichten Orientierung am Fixsternhimmel.
Die neue Auslese lohnender Objekte mit 550 Hauptsternen, Doppel- und Mehrfachsternen, Veränderlichen, Sternhaufen und Nebeln verschiedenster Art sowie Radioquellen wird laufend neuesten Forschungsergebnissen angepasst.
Erhältlich in jeder Buchhandlung (ab Dez.)
Verlag Sauerländer AG, 5001 Aarau



Der Sternenhimmel

1974

34. Jahrgang

KLEINES ASTRONOMISCHES JAHRBUCH
FÜR STERNFREUNDE

für alle Tage des Jahres zum Beobachten von bloßem Auge, mittels Feldstecher und Fernrohr, herausgegeben unter dem Patronat der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft von

ROBERT A. NAEF

Verlag Sauerländer Aarau

Spiegel-Teleskope

für astronomische und terrestrische Beobachtungen

Typen:

* **Maksutow**
* **Newton**
* **Cassegrain**
* **Spezialausführungen**

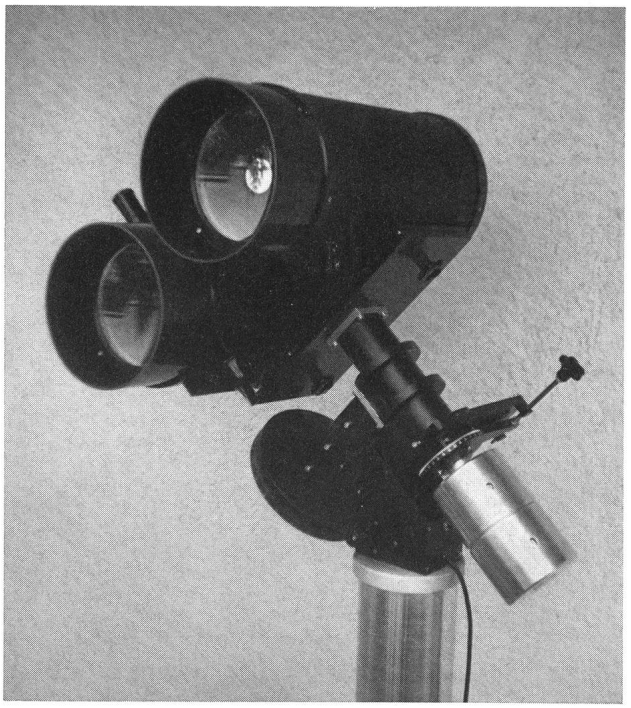
Spiegel- und Linsen-∅:
110/150/200/300/450/600 mm

Günstige Preise, da direkt vom Hersteller:

E. Popp
TELE-OPTIK* 8731 Ricken

Haus Regula Tel. (055) 72 16 25

Beratung und Vorführung gerne und unverbindlich!



MAKSUTOW-Doppel-Teleskop
200/500 mm und 3200 mm

Royal

Präzisions-Teleskope

Sehr gepflegte japanische Fabrikation

Refraktoren mit Objektiven von 60—112 mm Öffnung

Reflektoren mit Spiegeln von 84—250 mm Öffnung

Grosse Auswahl von Einzel- **und Zubehörteilen**

Verkauf bei allen Optikern

Generalvertretung, **GERN,** Optique, Neuchâtel

Die prachtvolle Farbaufnahme des Kometen «Bennett» (Cl. Nicollier auf Gornergrat), die auf der Titelseite der letzten ORION-Nummer zahlreiche Mitglieder erfreute, ist heute im Bilderdienst der SAG als

neue Farben-Postkarte erhältlich!

Schweiz		**Ausland**	
nur per Nachnahme!		**nur** gegen Vorauszahlung an den Unterzeichneten. **Alles** inbegriffen.	
20 Stück	Fr. 7.50	20 Stück	Sfr. 9.—
50 Stück	Fr. 18.—	50 Stück	Sfr. 20.—
100 Stück	Fr. 35.—	100 Stück	Sfr. 38.—

+ Nachnahme

Dr. h. c. Hans Rohr, Generalsekretär SAG/SAS,
Vordergasse 57, 8200 Schaffhausen

Abb.: Spiralnebel M 51
im Sternbild der Jagdhunde
Copyright by Schweizerische
Astronomische Gesellschaft
Schaffhausen

OP 001 A

SCHOTT MAINZ

Um ferne Nebel zu beobachten, brauchen Sie SCHOTT

ZERODUR®
die transparente Glaskeramik ohne Wärmedehnung.
Das neue Material für astronomische Teleskopspiegel.
Bitte verlangen Sie Druckschrift 3063.

DURAN®
das Spezialglas mit der niedrigen Ausdehnung
von $\alpha = 32 \times 10^{-7}/°C$ als preisgünstige Spiegelträger.
Kennen Sie das Standardrundscheiben-Programm aus DURAN?

Filtergläser
in allen Abmessungen und Absorptionseigenschaften.
Bitte geben Sie bei Anfragen Ihre Wünsche
zu den Transmissionseigenschaften bekannt.
Neuentwicklung: Schwächungsfilter zur Sonnenbeobachtung.
Merkblatt 3722

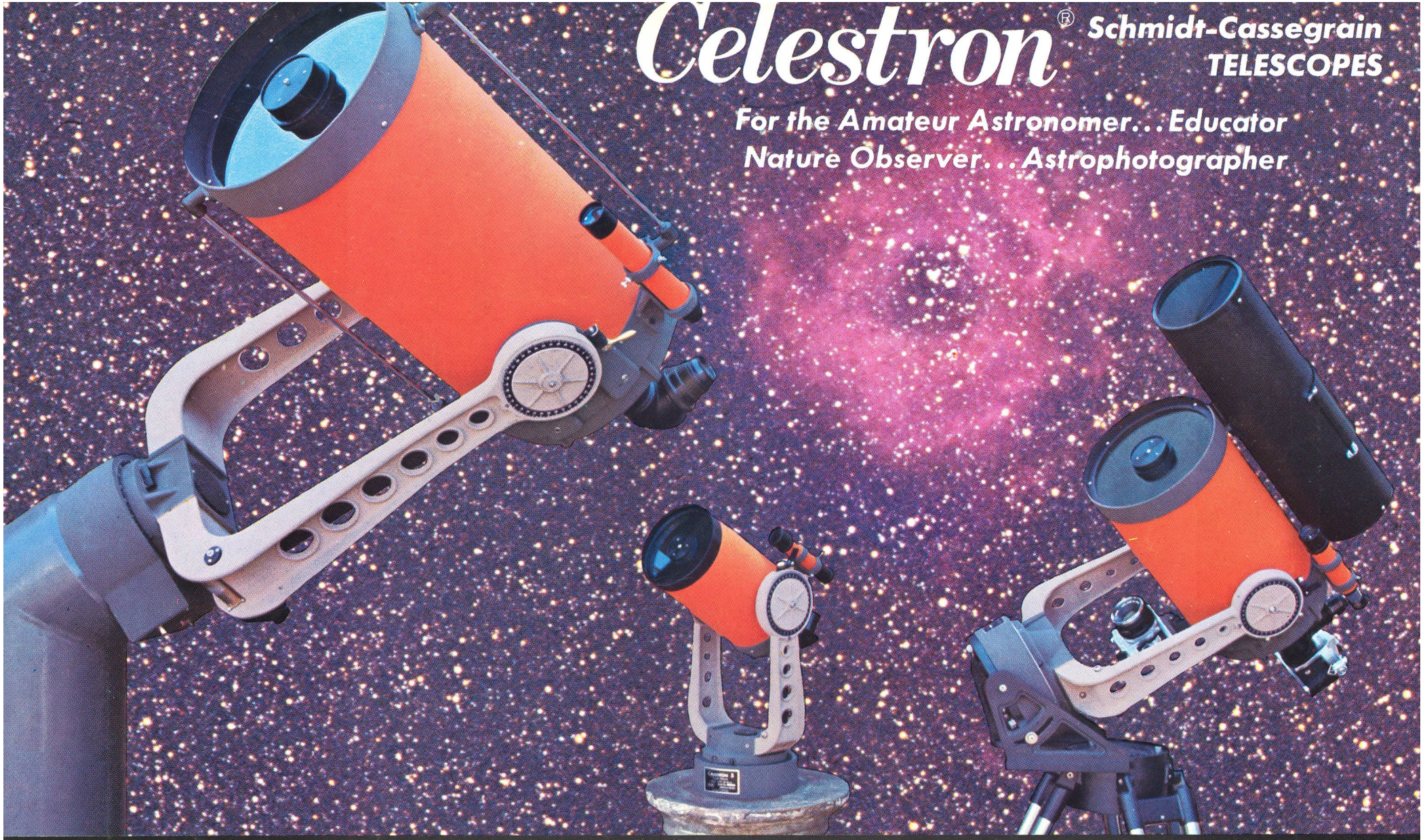
Interferenzfilter
für den Spektralbereich von 2000-20000 Å. Merkblatt 3711.
Neuentwicklung: Filter zur Beobachtung von Protuberanzen.
Merkblatt 3721.

SCHOTT | JENA^ER GLASWERK SCHOTT & GEN., MAINZ
Geschäftsbereich Optik · D-65 Mainz/Rh. · Postfach 2480 · Tel. (06131) 6061

Vertretung für die Schweiz: Louis Schleiffer AG, CH-8714 Feldbach (Zürich), Tel. 055/42 22 12

Celestron® Schmidt-Cassegrain TELESCOPES

For the Amateur Astronomer... Educator
Nature Observer... Astrophotographer



Celestron 14 | **Celestron 5** | **Celestron 8 (Astrophoto Lab)**

EINE INTERESSANTE NEUIGKEIT!
CELESTRON, der in der Welt führende Hersteller von **Schmidt-Caissegrain**-Teleskopen, bringt seine hervorragende Reihe dieser Instrumente nun auf den europäischen Markt. Diese Instrumente machen durch optische Faltung des Strahlengangs aus grossen Fernrohren kleine, portable Teleskope. Computer-Durchrechnungen beweisen, dass damit schärfere Bilder über ein grösseres flaches Feld als mit irgendwelchen anderen derzeit angebotenen Teleskopen erhalten werden.

Zudem war die Zeit für den Kauf eines CELESTRONS noch nie so günstig wie jetzt — der Preis beträgt nur etwa die Hälfte im Vergleich mit jenem vor zwei Jahren, wozu auch die Währungsverhältnisse beigetragen haben. CELESTRON-Schmidt-Caissegrain-Teleskope (made in U.S.A.) sind jetzt in Europa erhältlich.

Im Hintergrund: Rosetten-Nebel, aufgenommen mit CELESTRON 14 cm f/1.65 Schmidt-Kamera

CELESTRON	5	8	14
Freie Öffnung:	12.7 cm	20 cm	35.5 cm
Lichtstärke:	f/10	f/10	f/11
Gewicht:	5.5 kg	10 kg	50 kg
Richtpreise in sFrs.:	2306.—	3321.—	12 910.—

Diese Preise verstehen sich für Lieferung frei Zürich, können aber den Wechselkursen entsprechend schwanken.

Repräsentant für Europa: Treugesell-Verlag, Schillerstrasse 17, D 4000 Düsseldorf 4 (Dr. H. Vehrenberg)