Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Band: - (1960)

Heft: 68

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

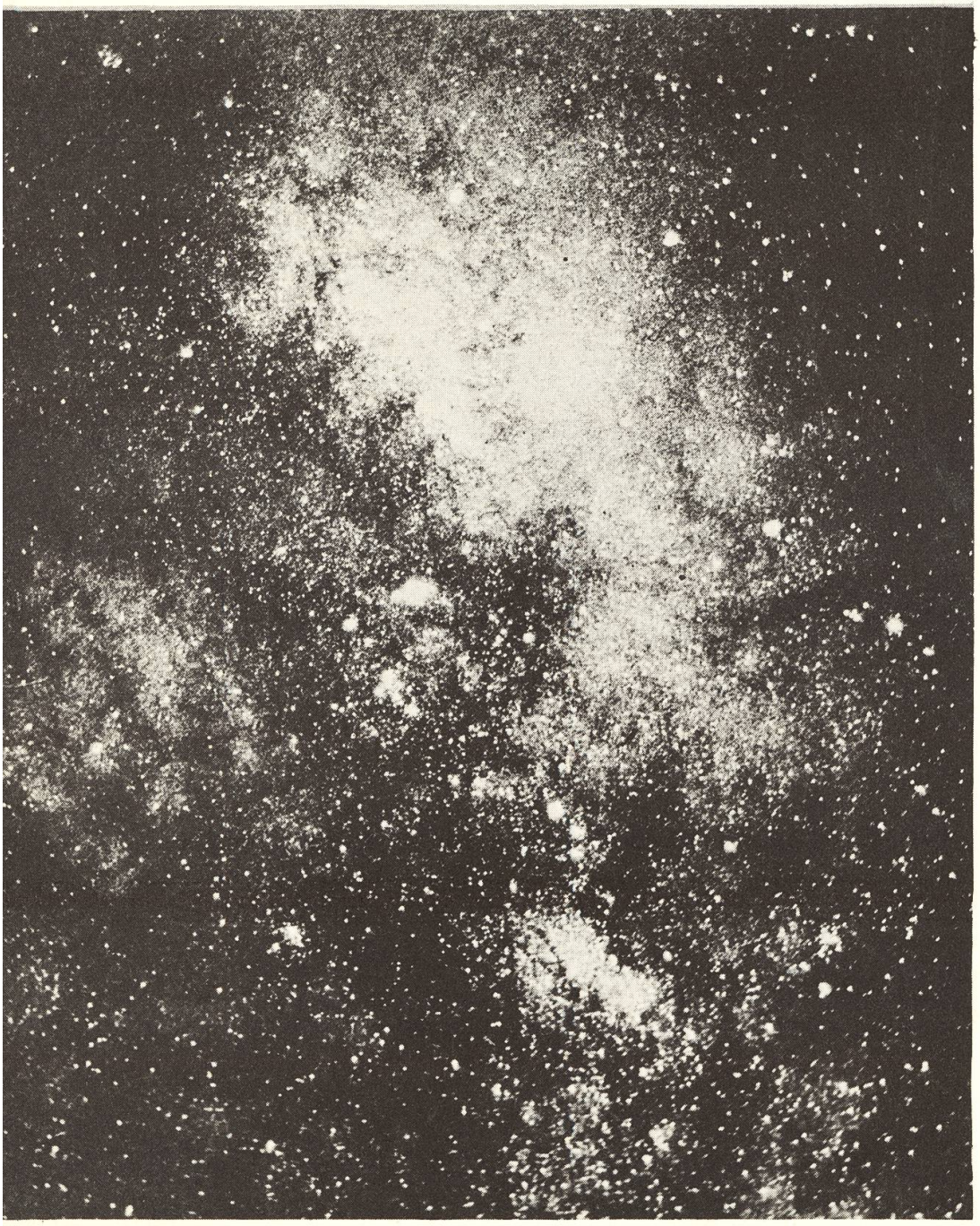
Terms of use

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: 09.07.2025

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

ORION



Die Milchstrasse im Schützen.

La voie lactée dans le Sagittaire.

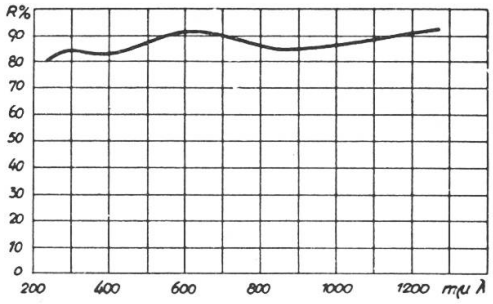
MITTEILUNGEN DER SCHWEIZERISCHEN ASTRONOMISCHEN GESELLSCHAFT
BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE SUISSE

APRIL-JUNI 1960 68

BALZERS

DÜNNE SCHICHTEN

Für Ihre Teleskopspiegel eignet sich besonders



ALFLEX *(Astroqualität)*
Oberflächenspiegel mit Schutzschicht – 90 bis 94% Reflexion im Sichtbaren – hohe Reflexion im UV- und IR-Gebiet – hervorragende Haftfestigkeit und Beständigkeit.
∅ bis 1050 mm können belegt werden.

Aus unserem Fabrikationsprogramm:

CALFLEX
Wärmereflexionsfilter – mittlere Durchlässigkeit im Sichtbaren über 80% – hohe Reflexion des nahen Infraroten.

KALTLICHTSPIEGEL
mittlere Reflexion im Sichtbaren über 95% – Transmission im Infraroten über 85% – aussergewöhnliche Haftfestigkeit und Beständigkeit.

TRANSFLEX
Achrom. Lichtteiler – ohne oder mit nur geringer Absorption – Teilungsverhältnisse (R/T) 25/75, 30/70, 40/53, 55/45, 65/35 u. a. m.

TRANSMAX
Doppelschichtvergütung – Reflexionsverminderung mit hoher Wirksamkeit – integrale Restreflexion unter 0.5

FILTRAFLEX B
Monochrom. Interferenzfilter – Maximum zwischen 334 mμ und dem nahen Infraroten – etwa 20% oder 40% Durchlässigkeit – durchschnittlich 12 mμ Halbwertsbreite – Lagergrössen 50 × 50, 25 × 25, 50 und 32 mm Durchmesser.

FILTRAFLEX K
Eine Serie von Breitbandfiltern – 7 Filter mit Maximum bei 400, 450, 500, 550, 600, 650 und 700 mμ – etwa 75% max. Durchlässigkeit – durchschnittlich etwa 50 mμ Halbwertsbreite.

FILTRAFLEX DT
Breitbandfilter – Blau-, Grün- und Rotfilter für trichromatische Lichtteilung.

FILTRAFLEX DC
Breitbandfilter – Minusfilter trennen Bereiche aus dem sichtbaren Gebiet durch Reflexion ab.

Sie werden sorgfältig und fachgemäss bedient

BALZERS AKTIENGESELLSCHAFT
für Hochwakuumtechnik und Dünne Schichten
Balzers Fürstentum Liechtenstein

ORION

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

APRIL — JUNI 1960 **No 68**

18. Heft von Band V — 18ème fascicule du Tome V

PROBLEMES D'EVOLUTION STELLAIRE

par P. BOUVIER, Observatoire de Genève,
chargé de cours à la Faculté des Sciences

1. LA CORRELATION ECLAT-COULEUR

L'aspect du ciel étoilé, tel qu'il se présente à l'œil nu simplement, nous révèle des points brillants qui diffèrent entre eux par l'éclat et la couleur.

Très tôt pouvait donc se poser la question suivante : y a-t-il corrélation entre l'éclat et la couleur des étoiles ? En d'autres termes, les étoiles brillantes sont-elles de préférence d'une certaine couleur, disons bleues, alors que les étoiles faibles nous paraîtraient plutôt rouges ; est-ce la situation inverse qui se présente ou bien les éclats sont-ils répartis d'égale manière pour toute couleur ?

Avant de répondre à cette question, il importe d'être très au clair sur la définition et la mesure des quantités physiques que nous traduisons par les mots éclat et couleur.

2. ECLATS STELLAIRES

L'éclat d'un astre est l'éclairement qu'il produit au lieu d'où nous observons, c'est-à-dire la puissance lumineuse que nous recevons de cet astre par unité de surface (perpendiculaire aux rayons incidents).

Or la puissance reçue d'une étoile dépend manifestement à la fois de l'éclat intrinsèque de l'étoile et de la distance qui nous en sépare et comme seul importe l'éclat intrinsèque dans le problème abordé ici,

il faudra n'envisager pour l'instant que des étoiles de parallaxe connue ou éventuellement des étoiles dont on peut affirmer qu'elles sont toutes à la même distance.

La mesure d'un éclat stellaire se fait à l'aide d'un récepteur sensible et peu inerte, monté sur un instrument d'optique, lunette ou télescope dont la fonction est de collecter le plus de lumière possible. Ainsi est augmenté l'éclat produit sur le récepteur, lequel est constitué soit par une plaque photographique soit par une cellule photoélectrique ou un montage de plusieurs de ces cellules.

De telles mesures d'éclat sont extrêmement délicates ; elles exigent que l'on ait d'abord corrigé le flux lumineux reçu de l'étoile de l'extinction atmosphérique et des pertes de lumière subies par absorption ou réflection dans l'ensemble du dispositif optique. Il convient ensuite, tenant compte de la sensibilité du récepteur aux diverses radiations monochromatiques et de la courbe caractéristique donnant la réaction de celui-ci en fonction de la puissance reçue, de rattacher les résultats à ceux d'une source de comparaison parfaitement connue. Les effets rencontrés au cours de ces multiples étapes dépendent tous de la longueur d'onde, de sorte que la mesure de l'éclat d'un astre est d'emblée inextricablement mêlée à sa couleur.

3. SPECTRES STELLAIRES. INDICES ET EXCES DE COULEUR

La couleur d'une étoile est liée à la distribution d'énergie dans le spectre et l'on sait que, dans leur grande majorité, les spectres stellaires présentent un fond continu brillant barré de raies d'absorption. La présence de ces raies complique souvent les spectres mais permet d'autre part une classification en une série spectrale laquelle tient lieu, en quelque sorte, d'une série de couleurs.

L'atmosphère d'une étoile, c'est-à-dire les couches extérieures d'où provient le rayonnement que nous recevons, est en effet caractérisée par un certain nombre de grandeurs physiques ; les valeurs de la température notamment déterminent les conditions de production du spectre, influençant aussi bien l'intensité du fond continu émis par l'étoile que les radiations retenues par absorption dans son atmosphère et qui absentes du spectre reçu, y laissent des raies sombres.

La corrélation éclat-couleur peut donc être remplacée, moyennant certaines précisions, par une corrélation éclat-spectre.

La classification spectrale de Harvard distingue, comme on le sait, une dizaine de types spectraux d'après l'allure générale des spectres imprimée par les raies ou les bandes d'absorption et dans quelques cas spéciaux par les raies d'émission.

On fixera plus complètement le type spectral par des mesures d'intensités relatives de raies ou de bandes sélectionnées parmi les plus marquantes ; ainsi par étapes successives, les astronomes ont été amenés à la classification de Harvard-Yerkes dont la précision garantit le dixième de type spectral.

Des raffinements récents, obtenus notamment à l'aide de filtres à bande passante étroite, ont permis de déterminer le type spectral au centième près.

Mais une étoile n'est pas exclusivement caractérisée par son type spectral, indépendamment duquel il faut considérer aussi l'éclat absolu ou luminosité et là encore ce sont certaines intensités relatives bien définies qui servent de critères aux classes de luminosité de Harvard-Yerkes.

Cependant, d'autres classifications spectrales sont possibles ; celle de Chalonge et autres astronomes français de l'I.A.P. est basée sur quelques particularités du spectre de l'hydrogène. On fait donc appel à un seul élément chimique, ce qui est à première vue plus rationnel mais par ailleurs, cet élément ne se montre que dans certains spectres stellaires et pas dans d'autres. Deux grandeurs liées à la limite de la série de Balmer ont ainsi présidé à l'élaboration de la classification spectrale de Paris.

Il est souvent difficile d'établir une correspondance biunivoque entre les deux classifications évoquées ci-dessus, en outre les étoiles qui ne trouvent pas leur place dans l'une des classifications ne la trouvent généralement pas non plus dans l'autre. Ces faits nous conduisent à penser qu'une classification complète nécessite la connaissance de plus de deux paramètres.

D'autre part, la couleur d'un astre peut être estimée globalement d'une façon indépendante de l'analyse spectrale ; il suffit notamment de mesurer l'éclat de l'astre à l'aide de deux récepteurs de sensibilité différente et qui par conséquent réagiront inégalement ou bien encore d'utiliser un seul et même récepteur mais deux filtres délimitant des intervalles spectraux nettement différents. Le rapport des éclats ainsi

mesurés nous fournit l'indice de couleur, qui est en fait une échelle numérique des couleurs liée aux filtres (ou aux récepteurs) employés. Cette méthode des indices de couleur a rendu de grands services dans l'évaluation de la couleur d'étoiles lointaines, beaucoup trop distantes de nous pour que leur spectre soit même approximativement déchiffrable. En contrepartie, nous pourrons dégager le type spectral de ces étoiles lointaines en interpolant la corrélation spectre-indice de couleur établie pour des étoiles relativement proches.

Nous savons aussi que l'espace interstellaire n'est pas vide mais occupé par une matière très ténue et répartie en nuages plus particulièrement nombreux au voisinage du plan galactique. L'éclat d'un astre vu à travers de tels nuages est affaibli et sa couleur paraît plus rouge ; ce double effet d'extinction et de rougissement peut se manifester assez sérieusement dès que la distance atteint 400 parsecs environ. Si l'on parvient néanmoins à estimer le type spectral de l'étoile, la corrélation évoquée plus haut pour des étoiles non rougies nous fournit l'indice de couleur vrai que l'on comparera avec l'indice de couleur excessif donné par la mesure directe, et la différence de ces deux indices, dite excès de couleur, renseignera également sur l'extinction interstellaire subie par le rayonnement global de l'étoile. Mais cette technique manque de précision et n'est pas toujours possible.

D'importants progrès sont actuellement attendus de l'emploi de la photométrie polychromatique où la considération de plus de deux couleurs (ou deux filtres) nous amène à comparer entre eux plusieurs indices de couleur. Ainsi avec trois couleurs, nous disposons de deux indices indépendants, que le rougissement interstellaire affectera inégalement et nous avons donc là un moyen d'étudier le rougissement et l'extinction interstellaires à partir des mesures faites sur des étoiles non rougies de luminosité déterminée.

La photométrie en plusieurs couleurs permet aussi une subdivision plus poussée des diverses catégories d'étoiles définies par leur spectre (ou indice de couleur) et leur classe de luminosité.

Revenons maintenant à la question énoncée au début, et que pouvaient déjà fort bien se poser les bergers de Chaldée ou les grands prêtres des pharaons : y a-t-il corrélation entre l'éclat et la couleur des étoiles ?

Les considérations qui précèdent ont éveillé notre attention sur les subtiles complexités que recouvrent les termes mêmes de cette question

apparemment si simple, aussi n'est-il pas étonnant qu'il ait fallu attendre jusqu'au siècle présent pour voir s'ébaucher une réponse cohérente et cette réponse, c'est dans le diagramme HR que nous allons la lire.

4. *LE DIAGRAMME HR*

On abrège ainsi le nom du diagramme considéré indépendamment par Hertzsprung (1905) et par Russell (1913), obtenu en représentant chaque étoile par un point dans un système d'axes où est porté en abscisse le type spectral ou un indice de couleur et en ordonnée la magnitude absolue visuelle M_V. Cette dernière est une mesure logarithmique de l'éclat lumineux tel qu'il est enregistré par l'œil ; une correction variant avec la couleur permet d'en tirer ensuite la luminosité totale L, c'est-à-dire l'éclat intégré sur toutes les longueurs d'onde et qui a un sens plus fondamental.

Que l'on adopte pour la couleur tel indice ou tel autre ou que l'on répartisse en intervalles arbitrairement égaux les divers types spectraux, peu importe car ce ne sont là que des moyens de mesure destinés à correspondre à une grandeur physique au sens plus profond : la température des couches superficielles de l'étoile. En effet, si l'on parcourt la série spectrale de Harvard en allant des types «précoces» aux types «avancés», on va du même coup des spectres où dominent les éléments chimiques à potentiel d'ionisation élevé vers ceux d'éléments de faible potentiel d'ionisation et l'on observe aussi que le fond continu, d'intensité maximum dans le bleu au début de la série, se déplace graduellement vers le rouge.

Cette convergence des phénomènes montre bien l'importance sous-jacente d'une notion de température, qui confère d'ailleurs à la classification spectrale sa vraie signification.

Restreignons-nous d'abord aux étoiles les plus proches, celles qui sont à moins de 10 parsecs et dont la parallaxe a donc pu être obtenue par voie trigonométrique.

Le diagramme HR relatif à ce proche voisinage montre une corrélation marquée entre la magnitude photovisuelle absolue et le spectre, ceci pour la grande majorité des étoiles, dont les points représentatifs se disposent en effet dans une bande étroite allant des étoiles brillantes de teinte bleutée vers les étoiles rougeâtres de faible éclat. Cette bande se nomme la série principale. Les quelques étoiles qui n'en font pas partie tombent dans le secteur inférieur gauche du diagramme ou éventuellement en haut vers la droite.

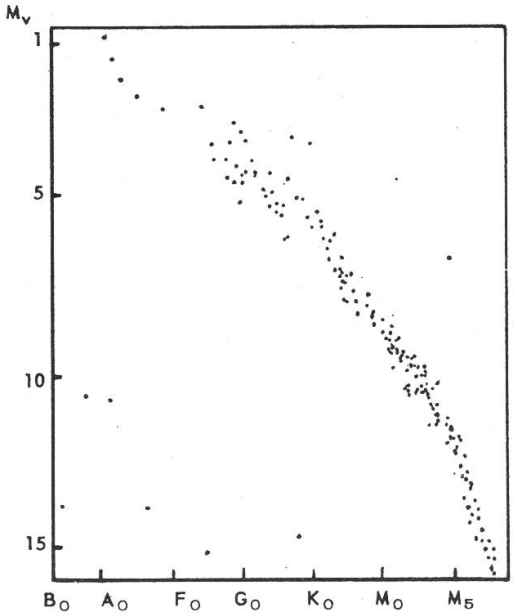


Figure 1 - Diagramme HR des étoiles proches (200 étoiles).

On peut chercher à inclure à ce diagramme des étoiles plus lointaines dont les parallaxes ont pu être déterminées à l'aide de mouvements propres ou dont les magnitudes absolues ont été obtenues spectroscopiquement; le résultat se traduit par un renforcement de la série principale où la dispersion autour de la ligne médiane, qui était de ± 0,4m pour les étoiles proches, augmente sensiblement tandis que l'ensemble du diagramme se peuple graduellement, au point de ne laisser que peu de régions vraiment lacunaires.

Sans discuter maintenant ce diagramme beaucoup plus complexe que le premier, nous remarquerons que les points représentatifs forment en général des bandes plus ou moins larges ou séquences; la série principale est la plus importante de ces séquences, mais nous relèverons parmi d'autres, la branche des géantes rouges qui se détache de la série principale pour se diriger vers le coin supérieur de droite, alors qu'au-dessous de cette séquence vient se placer le groupe des sous-géantes, les sous-naines se disposant, de leur côté, au-dessous de la série principale dans sa portion moins lumineuse.

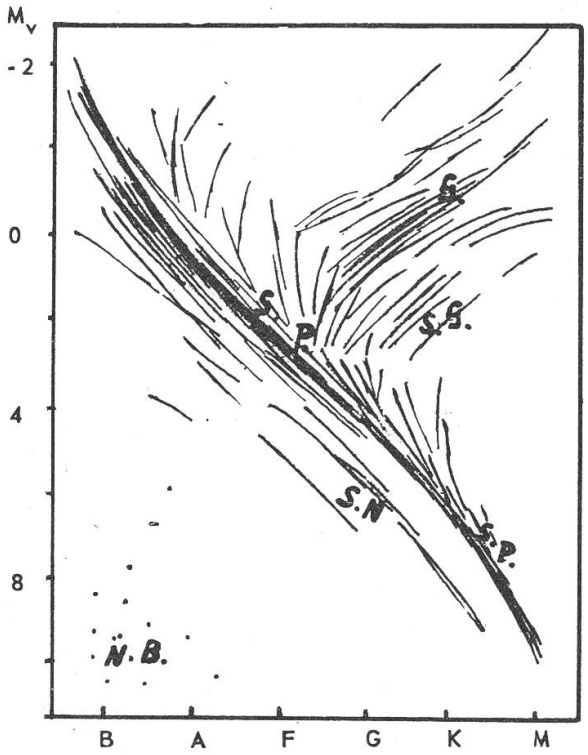


Figure 2 - Diagramme H R du voisinage solaire (4000 étoiles). S.P. série principale; G géantes; S.G. sous-géantes; S.N. sous-naines; N.B. naines blanches.

La disposition des points représentatifs des étoiles qui est loin d'être uniforme, a indubitablement une signification cosmogonique importante; c'est ce qu'avaient pressenti les promoteurs tels que Russell et avant lui déjà Lockyer en tentant de voir dans les diverses bandes les éléments d'une séquence évolutive. L'on s'est rendu compte par la suite que toute tentative d'interprétation en termes d'évolution restait purement spéculative tant qu'on ignorait la nature des processus libérant l'énergie rayonnante.

Or, nous avons acquis récemment, grâce à l'intervention de la physique nucléaire, des connaissances assez satisfaisantes sur ce point pour qu'il nous soit permis de considérer aujourd'hui à nouveau le diagramme HR dans la perspective de l'évolution stellaire.

5. *AMAS D'ETOILES*

Les étoiles qui ont servi à établir le HR sous la forme précédente (figure 2) ne constituent pas un échantillon statistique en ce sens qu'il y figure un excès d'étoiles très lumineuses. En outre des études photométriques et cinématiques ont montré que les étoiles au voisinage du soleil ont des caractères mêlés; il s'agit d'un mélange de plusieurs catégories ou populations distinctes d'étoiles.

En conséquence, le diagramme HR aura une signification plus nette si on arrive à l'établir en s'en tenant à des étoiles qui présentent une origine commune. Nous pensons que de telles conditions sont réalisées dans les amas d'étoiles; car dans un groupement semblable, les étoiles ont dû vraisemblablement, un peu à la façon des gouttes d'une averse, se condenser à partir d'un même nuage de matière diffuse, avec des masses différentes mais une composition chimique initialement identique.

Les amas ont aussi un autre avantage: étant donné que les étoiles membres d'un amas sont pratiquement toutes à la même distance de nous (à l'exception de l'amas des Hyades, très proche) il suffit de comparer au spectre ou à la couleur les éclats apparents mesurés directement.

Nous savons que l'on distingue les amas stellaires ouverts ou galactiques des amas globulaires. Les premiers, que nous observons en général dans la zone du plan galactique et à des distances moins grandes que les seconds, sont formés de quelques centaines, parfois de quelques dizaines d'étoiles groupées en une structure plutôt irrégu-

lière, souvent dépourvue de condensation centrale et voisinant avec des nuages de matière interstellaire. Les amas globulaires par contre, circulaires d'apparence, peuvent contenir de dix mille à dix millions d'étoiles et on les observe à des distances de l'ordre de 10 Kpc. dans une région entourant le noyau central du système galactique.

6. *LA SERIE PRINCIPALE INITIALE*

Ne considérons pour l'instant que le HR des amas galactiques les plus typiques (figure 3) ; il n'est pas sans rappeler le diagramme des étoiles proches (figure 1) mais la série principale, surtout marquée dans ses parties supérieure et centrale, y apparaît remarquablement fine, avec une dispersion de l'ordre de quelques centièmes de magnitude vers le bas.

La corrélation éclat-couleur est donc très étroite ici ; la série principale est à peu près rectiligne mais, à partir d'un point qui varie d'un amas à un autre elle a tendance à se courber vers le haut. Nous disposons ainsi d'une collection de diagrammes HR dont les ordonnées sont des magnitudes apparentes corrigées s'il y a lieu de l'extinction interstellaire ; ces diagrammes ont une allure générale très semblable : série principale quasi-rectiligne avec tendance au redressement vers le haut. En outre, il arrive parfois que des points représentatifs, en nombre restreint, tombent dans la région des géantes et des sous-naines ; mais la question d'importance majeure qui vient se poser ici est la suivante : y a-t-il moyen de raccorder entre elles les séries principales des divers amas galactiques et de les raccorder ensuite à la série principale des étoiles proches ?

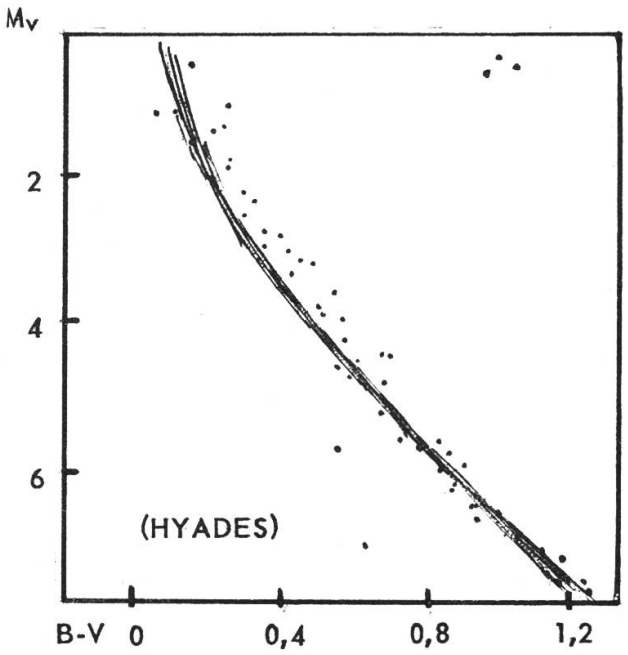


Figure 3 - Diagramme HR d'un amas galactique.

Si tel était le cas, il suffirait, à partir des valeurs d'abscisse (couleur vraie) d'ajuster la série principale d'un amas galactique de manière

qu'elle se confonde avec le prolongement de la série principale tracée dans le diagramme HR des étoiles proches où les ordonnées mesurent la magnitude absolue. On obtiendrait alors immédiatement le module de distance, c'est-à-dire la distance de l'amas galactique.

Cette façon de procéder suppose essentiellement l'existence d'une série principale unique à laquelle on puisse ainsi rattacher les séries principales des amas galactiques.

Or cette hypothèse est en accord avec la théorie des premiers stades d'évolution stellaire et, pour des raisons liées à cette théorie, on parle de la séquence principale initiale ou d'âge zéro.

7. *EQUILIBRE ET EVOLUTION STELLAIRES*

Le problème général de la structure interne d'une étoile se présente au départ comme un problème d'équilibre.

Négligeant ici les effets de rotation, nous envisageons une sphère en équilibre mécanique et thermique, dont le flux de chaleur s'écoule des régions centrales vers l'extérieur soit par convection soit par rayonnement.

Tout ceci se traduit par quatre équations différentielles de base, qu'il faudra compléter par trois relations caractéristiques du milieu stellaire, devant décrire respectivement l'état gazeux de ce milieu, son opacité et le mode de libération d'énergie rayonnante.

La composition chimique intervient dans ces dernières relations, sous une forme qu'il est très souvent possible de réduire à deux paramètres qui représentent les abondances relatives X, Y de l'hydrogène et de l'hélium respectivement.

Dans ces conditions, si l'on se donne la masse totale M de l'étoile et des valeurs fixes de X et Y, la répartition en profondeur des diverses grandeurs physiques (pression, température, luminosité, etc.) s'obtient en principe à partir des sept relations évoquées plus haut, moyennant des conditions aux limites bien définies, et déterminent univoquement la configuration d'équilibre prise par l'étoile. En pratique, les grandeurs observables d'une étoile ne sont pas M, X, Y mais sa luminosité L (correspondant à la magnitude bolométrique) et parfois aussi son rayon R ; et comme L et R sont, d'après ce qui précède, univoquement déterminés par la masse et la composition chimique, cela signifie qu'il existe deux relations de base entre L, R d'une part et M, X, Y de l'autre.

Cependant, des valeurs fixes de X et Y se rapportent à une composition chimique homogène dans toute l'étoile et nous savons d'autre part que les sources d'énergie rayonnante résident dans certaines réactions thermonucléaires que favorisent une température et une densité élevées.

C'est donc au centre de l'étoile, où la matière est la plus dense et la plus chaude, que ces réactions se développeront d'abord et y modifieront la composition chimique. Nous pourrions, il est vrai, nous donner à priori X et Y non pas comme des valeurs constantes mais comme des fonctions de la distance r au centre, le problème serait mathématiquement à peine modifié mais ces fonctions X (r), Y (r), contrairement aux répartitions des autres grandeurs physiques, ne résultent alors pas des conditions d'équilibre, elles dépendent en fait de toute l'histoire antérieure au cours de laquelle les réactions thermonucléaires ont pu altérer la composition chimique. Nous ne pouvons donc isoler un état d'équilibre des autres, mais sommes contraints d'envisager toute la suite des modèles qui nous serviront à décrire la structure de l'étoile au cours de son évolution.

8. *LA CONSTRUCTION DES MODELES*

Nous partons par conséquent de modèles homogènes de composition chimique donnée χ_0 et de masse donnée ; nous devons faire un choix quant aux relations spécifiques du milieu stellaire, relations qui, rappelons-le, complétaient les équations générales d'équilibre et dans ce choix, nous sommes généralement guidés par une première estimation supposée des valeurs probables de la densité et de la température internes.

Par exemple, les étoiles massives et chaudes du haut de la série principale sont considérées comme des sphères d'un gaz parfait où la pression de radiation n'est pas négligeable, et dont l'opacité est due à la photoionisation des éléments les plus lourds ainsi qu'à la diffusion par électrons libres.

Quant au débit d'énergie, il est assuré par le cycle carbone-azote, d'une manière très sensible aux variations de température de sorte que si la température centrale devient juste suffisante pour que démarre la réaction, celle-ci restera limitée au voisinage immédiat du centre et dans ces conditions, il est facile de montrer que des courants de convection vont prendre naissance dans la région centrale. Le modèle qui

en résulte est alors formé d'un noyau convectif entouré d'une enveloppe radiative où le flux est transporté uniquement par rayonnement jusqu'à la surface de l'étoile (figure 4 a).

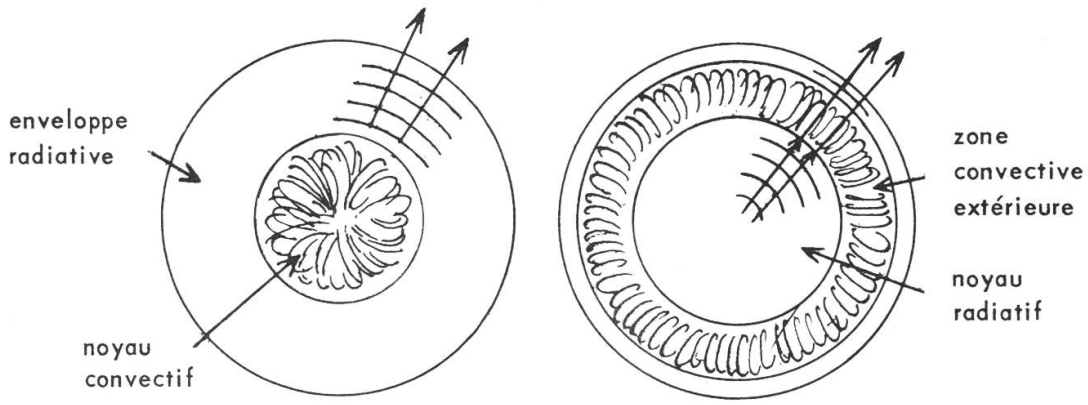


Figure 4 a Figure 4 b

Une situation en quelque sorte inversée se présente pour les étoiles relativement froides du bas de la série principale, le modèle initial est encore généralement une sphère de gaz parfait ; la pression de radiation et la diffusion par électrons y sont d'ailleurs négligeables, et le débit d'énergie est ici fourni surtout par la chaîne proton-proton, qui dépend moins étroitement de la température que le cycle carbone-azote. L'intérieur de la sphère est par conséquent en équilibre radiatif mais c'est dans les couches extérieures que se développera une zone convective en raison de l'opacité accrue par la formation d'ions négatifs d'hydrogène (figure 4 b).

L'existence de cette zone convective extérieure a été postulée par Osterbrock pour mettre en accord avec l'observation les luminosités trop élevées (ou les abondances relatives d'hydrogène trop faibles) auxquelles conduisait l'application aux naines rouges d'un modèle en équilibre purement radiatif.

D'autre part, en construisant des modèles capables de représenter les naines blanches, il est indispensable de tenir compte de la dégénérescence du gaz d'électrons ; la pression en tout point intérieur d'une telle étoile est produite avant tout par la pression résiduelle des électrons au zéro absolu et en première approximation, la température ne joue aucun rôle dans la configuration de la naine blanche.

9. *THEORIE DE L'EVOLUTION STELLAIRE INITIALE*

Si une étoile est représentée à un certain moment de son existence par un modèle chimiquement homogène (X et Y constants dans toute l'étoile), l'effet des premières réactions thermonucléaires transformant l'hydrogène en hélium, sera de faire baisser X au profit d'une augmentation de Y, dans les régions centrales tout d'abord. Ces variations de composition se font à une cadence dictée par le débit d'énergie des réactions nucléaires, plus précisément du cycle carbone-azote pour les étoiles plus massives du haut de la série principale ou de la chaîne proton-proton qui domine dans les étoiles du bas de cette série.

Désignons la composition chimique initiale par le symbole χ_0 qui peut être X, Y ou tout autre paramètre décrivant cette composition ; après une durée τ à spécifier mais très inférieure au temps de consommation de tout l'hydrogène, nous calculerons la nouvelle composition chimique χ (r, τ) telle qu'elle se présentera à la distance r du centre, par un développement au premier ordre

1) $\chi (r, t) = \chi_0 + \tau \dot{\chi} (r, 0)$
où $\dot{\chi}$ (r, 0) est la dérivée temporelle de χ à l'époque initiale.

C'est sur la base du développement symbolique (1), qui suppose une variation locale de composition en tout point sans qu'intervienne aucun effet de mélange, que repose la théorie de l'évolution stellaire initiale.

Cependant, deux causes de mélange semblent devoir intervenir : la rotation de l'étoile et la convection régnant dans certaines couches limitées.

En ce qui concerne la rotation, l'adjonction d'un potentiel centrifuge exige, pour que l'étoile reste en équilibre à la fois mécanique et thermique, la production de courants de matière dans les plans méridiens ; toutefois les travaux effectués sur la question ne paraissent en général pas devoir conférer à la rotation en tant que mécanisme mélangeur un rôle véritablement important.

Par contre dans une zone en équilibre convectif, le brassage par convection uniformise très rapidement (vis-à-vis des variations des paramètres chimiques eux-mêmes) la distribution des sources d'énergie ainsi que la composition chimique dont nous suivrons le changement en invoquant (1) à tout niveau r intérieur à la zone convective, avant de faire la moyenne des valeurs χ (r, t) ainsi obtenues.

La zone convective pourrait-elle s'étendre à toute l'étoile? Un tel modèle serait à la rigueur concevable pour les naines rouges les plus faibles, mais des étoiles si peu lumineuses n'ont pas dû évoluer sensiblement depuis cinq milliards d'années. Si toutefois un modèle purement convectif pouvait convenir à une étoile donnée, la composition chimique de celle-ci resterait homogène en cours d'évolution ; en particulier la masse moléculaire augmenterait uniformément dans toute l'étoile et les relations liant luminosité, rayon et masse à la composition chimique (figure 7) nous apprendraient que le point représentant l'étoile dans le HR doit se déplacer vers le haut mais à gauche (c'est-à-dire en dessous) de la série principale.

10. EVOLUTION HORS SERIE PRINCIPALE

Reprenons le modèle du noyau convectif contenant toutes les sources d'énergie et entouré d'une enveloppe radiative.

Si l'on admet que durant l'évolution le noyau, dans lequel l'hydrogène est peu à peu transmuté en hélium, renferme toujours la même fraction de la masse totale de l'étoile, il en résultera seulement une discontinuité de composition chimique à la surface du noyau.

Dans ces conditions simplifiées, le calcul de ce modèle devenu inhomogène sans effet de mélange entre le noyau et l'enveloppe (restés tous deux homogènes), nous amène finalement à un tracé évolutif qui fait quitter au point représentatif la série principale en le déplaçant vers le haut et à droite de celle-ci, comme pour l'aiguiller sur la branche des géantes.

Malgré la schématisation de la situation réelle qui a permis de l'obtenir, ce résultat est d'une grande portée ; il nous explique le redressement des séries principales des amas galactiques (figure 6) et nous donne l'espoir d'interpréter la structure des géantes rouges à l'aide de modèles chimiquement inhomogènes.

A vrai dire l'hypothèse faite d'une fraction de masse constante pour le noyau dépend étroitement du choix effectué pour l'opacité ; en particulier la diffusion par électrons libres qui vient s'ajouter à l'absorption par photo-ionisation dans les étoiles chaudes du haut de la série principale complique le problème. Il n'y a plus discontinuité de composition à un niveau précis car alors le noyau, au lieu de conserver le même pourcentage de masse, diminue en fait de masse relative et de rayon tandis que se développe une zone intermédiaire inhomogène délaissée par le noyau lors de sa contraction.

En outre, le combustible hydrogène finit par s'épuiser dans le noyau; la génération d'énergie va s'arrêter, ainsi que la convection et l'on est alors amené à envisager une séquence de modèles à noyau isotherme déshydrogéné et enveloppe radiative (figure 5).

L'on peut penser que l'inhomogénéité chimique entre noyau et enveloppe se sera alors d'autant plus accusée que la fraction de masse subsistant dans le noyau sera faible.

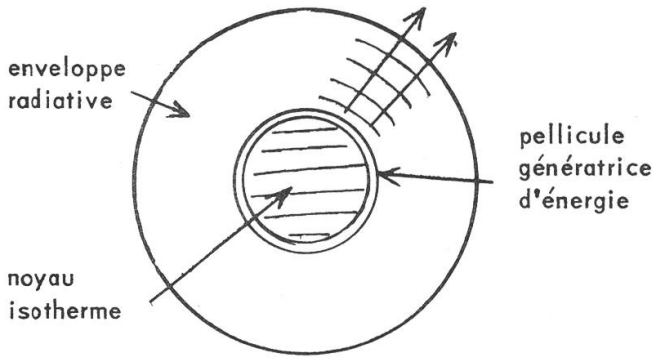


Figure 5

Les calculs nous montrent effectivement qu'il n'est pas toujours possible d'ajuster une enveloppe radiative à un noyau isotherme ; pour toute valeur α du rapport de la masse moléculaire du noyau à celle de l'enveloppe, il existe une fraction critique de la masse totale que le noyau ne saurait dépasser, on l'appelle la limite de Schoenberg-Chandrasekhar.

Donc après épuisement de l'hydrogène dans le noyau, la masse relative de ce dernier sera généralement inférieure à la valeur critique ; mais les réactions nucléaires sont maintenant localisées dans une mince couche entourant le noyau et à mesure que l'hydrogène s'y consume, cette couche progresse vers l'extérieur, un peu à la façon d'un feu de prairie allumé en un point.

Le noyau isotherme augmente donc jusqu'à ce que soit atteinte la limite de Schoenberg-Chandrasekhar.

La construction de modèles à noyau isotherme exige d'ailleurs que l'on prenne en considération, pour des masses stellaires de l'ordre d'une masse solaire ou au-dessous, la dégénérescence partielle du gaz.

11. AGE DES AMAS GALACTIQUES

Faisons ici le point des premiers stades d'évolution stellaire.

A la suite d'une contraction gravitationnelle relativement rapide, l'étoile est passée d'un état originel plus ou moins diffus (protoétoile) à l'état d'étoile de série principale initiale ; sa température centrale

s'est élevée au point de permettre le déclenchement des premières réactions nucléaires, celles qui consument de l'hydrogène.

En raison de la prédominance de cet élément chimique, l'étoile passera la plus grande partie de son existence sur la série principale, en un point placé d'autant plus haut que la masse de l'étoile est grande.

La structure interne va perdre son caractère initial d'homogénéité chimique et, quand l'hydrogène des régions centrales se sera épuisé graduellement, le point représentatif de l'étoile amorcera un déplacement vers la droite, sans s'éloigner encore beaucoup de la série principale tant que n'est pas atteinte la limite de Schoenberg-Chandrasekhar.

Après ce premier stade d'évolution, les événements se précipiteront et le point représentatif se déplacera rapidement du côté de la branche des géantes.

Revenons alors aux diagrammes HR des amas galactiques caractérisés par une série principale quasi-rectiligne tendant à se courber vers le haut ; si l'on identifie le point où s'amorce cette courbure avec le point représentatif d'une étoile qui vient d'atteindre la limite de Schoenberg-Chandrasekhar, il devient alors possible d'évaluer au moins approximativement l'âge actuel de l'amas. Il suffit de connaître la masse du noyau isotherme et de calculer le temps qu'il a fallu pour que l'hydrogène s'y soit entièrement consumé. Ainsi avec un contenu d'hydrogène (resté constant) de $X = 0,6$ dans l'enveloppe, Sandage et Schwarzschild trouvent que la limite de Schoenberg-Chandrasekhar est atteinte lorsque le noyau renferme 12% de la masse totale de l'étoile. D'autre part, les étoiles les plus massives, c'est-à-dire les plus lumineuses, sont celles qui évoluent le plus rapidement ; l'amas galactique considéré sera donc d'autant plus vieux que le détachement d'avec la série principale se produit plus bas, pour de plus faibles luminosités. Nous aurons de la sorte, successivement, par rang d'âge croissant, les amas galactiques NGC 2362, h et χ Persei, Pléiades, M11, Praesepe, NGC 752, M 67.

12. AMAS GLOBULAIRES

Qu'advient-il ensuite à une étoile qui a atteint la limite Schoenberg-Chandrasekhar ?

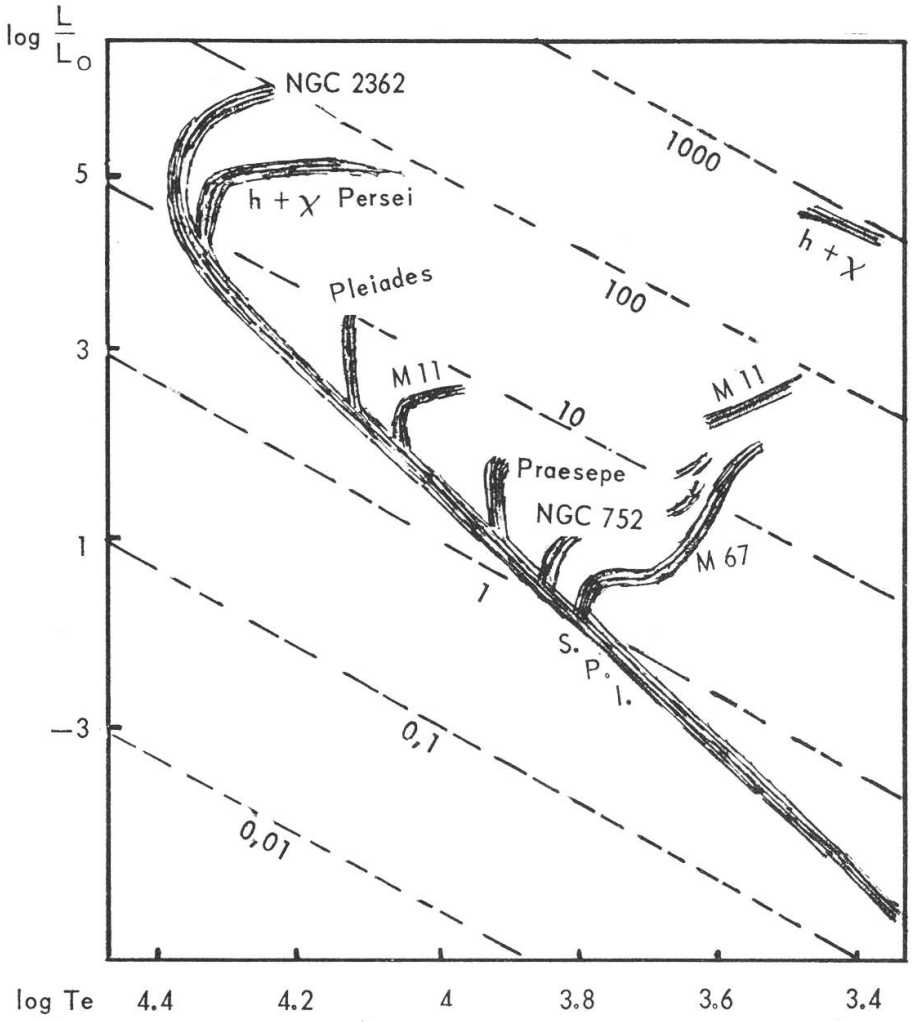


Figure 6 - Ajustement des HR de divers amas galactiques le long de la série principale initiale S.P. I. Les droites pointillées sont les lieux de rayon constant (R/R_0).

Si l'on admet, avec Sandage et Schwarzschild, que le noyau isotherme vient à se contracter, une certaine énergie de gravitation est libérée qui se retrouve partiellement en rayonnement et partiellement en énergie interne ; la température centrale augmente (bien que l'hydrogène ne soit consumé qu'à la surface du noyau) et il en résulte aussi une expansion marquée de l'enveloppe ; le point représentatif de l'étoile s'éloignera rapidement à droite de la série principale. Mais ce genre de modèle ne rend pas correctement compte des faits observés.

Les stades plus avancés de l'évolution dont nous parlons maintenant concernent surtout la branche des géantes et nous ramènent ainsi naturellement au diagramme HR des amas globulaires dont cette branche était la séquence la plus caractéristique.

Comme le montre la figure 7, la branche des géantes plafonne à environ 3 magnitudes de moins que la branche horizontale et à des indices de couleur d'une magnitude et demie supérieure au centre de la région lacunaire où les seules étoiles que l'on trouve sont des variables du type RR Lyrae.

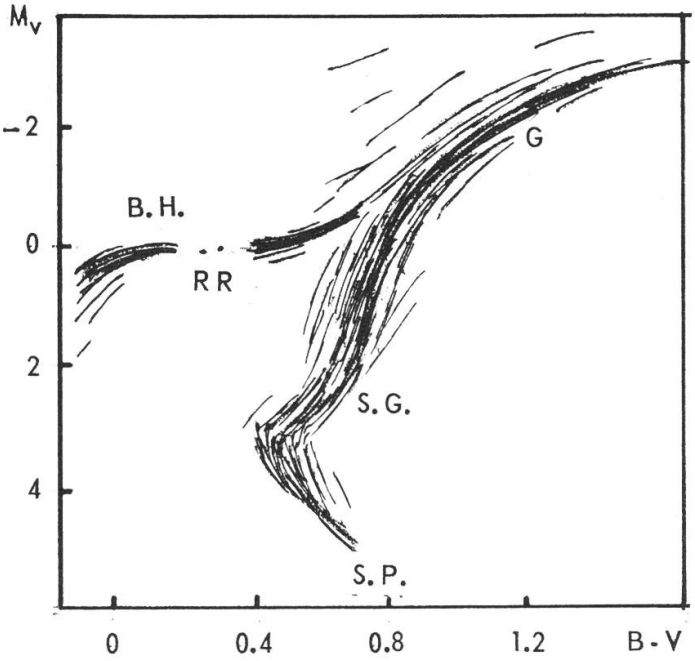


Figure 7 - Diagramme HR d'amas globulaire. G = géantes rouges ; S.G. = sous-géantes ; S.P. = série principale ; B.H. = branche horizontale (géantes bleues) ; RR = lacune où se trouvent des variables du type RR Lyrae.

Il serait souhaitable de pouvoir raccorder entre eux les divers diagrammes d'amas globulaires ; leur série principale étant souvent à peine esquissée, et la branche des géantes manquant de finesse, c'est sur la branche horizontale, plus précisément sur la lacune des RR Lyrae que l'on est fondé à tenter le raccord. Cela revient à supposer que les céphéides RR Lyrae ont, quel que soit l'amas auquel elles appartiennent, la même luminosité et le même indice de couleur vrai ; les observations ne contredisent pas cette manière de voir. La mise en accord des diagrammes couleur-magnitude reste néanmoins délicate, et la partie inférieure de la séquence des sous-géantes paraît se raccorder aux sous-naines du diagramme HR (figure 2) plutôt qu'à la série principale. Les sous-naines diffèrent des étoiles de série principale par une abondance très réduite des éléments métalliques et ne semblent d'ailleurs pas constituer une seule séquence bien définie. Elles se rattachent, comme toutes les étoiles d'amas globulaires, à la population II d'origine plus ancienne que les étoiles de population I que l'on trouve en particulier groupées en amas galactiques.

Le diagramme de la figure 7 est un lieu de points représentant à un instant donné, des étoiles ayant des masses réparties sur un intervalle relativement restreint car, en vertu de la rapidité d'évolution à ce

stade, les étoiles beaucoup plus massives ont déjà terminé leur évolution et celles qui le sont beaucoup moins ont encore à peine quitté la région des sous-naines. Le tracé évolutif d'une seule étoile a donc probablement aussi une allure semblable à celle de la figure 7 ; Hoyle et Schwarzschild ont abordé la construction de suites de modèles capables d'interpréter une telle évolution ; les complications sont sérieuses car il faut faire intervenir à la fois le cycle carbone-azote et la chaîne proton-proton, jouer sur plusieurs causes d'opacité, invoquer l'existence d'une zone convective près de la surface, et tenir compte d'une dégénérescence partielle du gaz dans le noyau. Ce dernier caractère permettrait peut-être d'expliquer le rebroussement par lequel semble passer le tracé évolutif au sommet de la branche des géantes, avant de revenir par la branche horizontale.

La température centrale a dû s'élever, au voisinage de ce point de rebroussement, à des valeurs dépassant cent millions de degrés, autorisant ainsi la formation de carbone à partir de l'hélium. Si comme on le pense, la température devait ensuite atteindre des valeurs même plus grandes, ce serait la porte ouverte à la formation d'éléments chimiques encore plus lourds.

Le passage du tracé évolutif à travers la région des RR Lyrae doit correspondre à une phase d'instabilité de l'étoile.

Un avenir assez proche devra pouvoir nous fournir, grâce aux calculs engagés actuellement sur des calculatrices électroniques de grand format, les précisions de nature à confirmer ce qui n'est encore aujourd'hui qu'une esquisse qualitative. Signalons aussi que certains savants soviétiques (Fessenkov, Parenago, Massevich) sont amenés à considérer une évolution stellaire avec perte de masse par éjection de l'étoile ; évolution qui se ferait tout d'abord en descendant la série principale. L'importance de cette éjection de matière a été contestée par certains auteurs, mais elle doit être réelle pour les étoiles très massives.

Quoiqu'il en soit, nous ne sommes pas encore au clair sur le rôle des supergéantes ni sur les phases tardives de l'évolution stellaire qui nous conduisent peut-être au stade final des naines blanches, ces étoiles superdenses dans lesquelles la matière est certainement dans un état de dégénérescence avancé, et qui ne rayonnent plus que leur dernière réserve d'énergie thermique.

STERBENDE STERNE

Von JESSE L. GREENSTEIN
Mount Wilson und Palomar Observatorien, Kalifornien *

Unter den Zehntausenden von Sternen in den nächstliegenden Teilen unserer Milchstrasse finden sich um die hundert, deren Feuer ausgegangen ist. Einst strahlten sie so hell wie jene, die wir heute am Himmel sehen. Einige hatten «normale» Grösse und die Leuchtkraft von Hauptreihen-Sternen, die heller sind als die Sonne; andere waren Riesensterne, mit Durchmessern und Helligkeiten, welche jene der Sonne weit übertrafen. Nun sind sie am Ende ihres Weges angelangt. Ihr Brennstoff ist aufgebraucht. Die einwärtsgerichtete Gravitationskraft, der nicht mehr der auswärtsgerichtete und von der hohen Temperatur aufrechterhaltene Gasdruck entgegenwirkt, hat zur Schrumpfung des Durchmessers geführt. Die gewaltige Masse des einstigen Sternkörpers ist auf das Volumen der Erde und noch kleiner zusammengepresst worden. Dabei hat schliesslich die Dichte den unvorstellbaren Wert einer Tonne pro Kubikzentimeter und mehr angenommen. Mit ihrem verdämmernden Licht, feststellbar nur mit den Instrumenten und Methoden der modernen Astronomie, strahlen sie den Rest ihrer einstigen Wärme hinaus in die kalten Tiefen des Raumes.

Diese sogenannten *weissen Zwerge* bergen die Schlüssel zur Antwort auf manche interessante astrophysikalische Frage in sich. Bis heute beruhten allerdings unsere spärlichen Kenntnisse fast ausschliesslich auf theoretischen Ueberlegungen. Ungefähr 3% aller Sterne unserer Milchstrasse sind weisse Zwerge, wir dürfen sie also als gewöhnlichen Sterntyp behandeln. Ihre Leuchtkraft ist jedoch so klein, dass nur wenige Hunderte erkannt und davon nur 80 eingehend beobachtet worden sind. Die Untersuchung ihrer Farbe und der in ihren Spektren vorhandenen Linien eröffnet neue Einblicke in den Aufbau der Elemente in jüngeren Sternen. Die ausserordentliche Massendichte stellt einen Zustand der Materie dar, den wir kaum je in irdischen Laboratorien nachahmen können. Die weissen Zwerge haben aber eine viel allgemeinere

---

*) Diese Arbeit erschien im Scientific American, Januar 1959. Herausgeber und Autor haben uns freundlicherweise die Genehmigung zur Uebersetzung und Veröffentlichung erteilt. Prof. Greenstein hat die Uebersetzung geprüft und ergänzt, wofür ihm auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Bedeutung: Sie sind ein Hinweis auf die Tatsache, dass die Gesetze der Thermodynamik, welche das Geschehen in der winzigen Welt unseres Planeten beherrschen, auch im unaufhaltsamen Ablauf der Lebensgeschichte der Sterne gelten.

Ein Physiker hat einmal in etwas unehrerbietiger Weise die thermodynamischen Gesetze folgendermassen umgedeutet: 1. man kann nichts gewinnen; 2. man kann Gerades nicht gerade brechen; 3. eine Situation verschlechtert sich, bevor sie sich bessert; 4. wer sagt, dass sie je bessert?

Auf die Vorgänge in den Sternen übertragen, erinnert das erste Gesetz daran, dass die Sterne keine Energie erzeugen, sondern sie nur von einer Form in die entsprechende Menge einer andern Form umwandeln: die im Gravitationspotential und in der durch thermonukleare Reaktionen umsetzbaren Masse enthaltene Energie wird in Strahlungsenergie umgewandelt. Die Sterne können also niemals mehr Energie abgeben, als jene, mit der sie begonnen haben. Ein stabiler Stern, in welchem sich die Schwere-Kontraktion und der durch die Wärme erzeugte innere Druck jederzeit das Gleichgewicht halten, kann sehr lange von der thermonuklearen Energie leben – 10 Milliarden Jahre im Falle der Sonne.

Das zweite Gesetz sagt uns, dass dies nicht ewig so weitergeht. Ein Stern kann niemals die Energie zurückgewinnen, die er in die Tiefen des Raumes hinausgestrahlt hat; der Ablauf seiner Entwicklung ist nicht umkehrbar. Indem er den Wasserstoff, den Hauptteil seiner Substanz, aufbraucht, beginnt auch sein thermonuklearer Ofen zu flackern. Die Schwere-Kontraktion stellt das Gleichgewicht durch Umwandlung von potentieller in Wärme-Energie (Kompression) wieder her. Dabei wird aber die Dichte der Sternmaterie erhöht; das neue Gleichgewicht zwischen Gasdruck, Wärme-Ableitung, Energieproduktion und Strahlungsverlust verändert die innere Struktur. Der Stern wird heller, die äussere Hülle bläht sich auf, und die Stern-Entwicklung nimmt ihren Anfang, für die hellen Sterne früher, später für die schwächeren.

Wenn der Stern in die Schlussphase seines Daseins eintritt, schrumpft er zur letzten stabilen Form, dem weissen Zwerg, zusammen. Das dritte und vierte Gesetz der Thermodynamik kommen jetzt zur Geltung. Das dritte Gesetz besagt, dass der Stern schlussendlich die Temperatur seiner Umgebung, des Weltraumes, annimmt, und das vierte, dass er fortan weder Licht noch Wärme abgibt. In diesem Endpunkt ist aus dem

weissen ein schwarzer Zwerg geworden. Da wir nicht imstande sind, schwarze Zwerge zu beobachten, sofern es solche gibt, wollen wir sie hier ausser Betracht lassen. Jedesfalls bleibt ein Stern während Milliarden von Jahren im Stadium des weissen Zwerges. Im folgenden befassen wir uns mit der Struktur und den Bedingungen in ihrem Innern.

Die Materie von der Dichte in weissen Zwergen ist sowohl vom astronomischen als auch vom irdischen Standpunkt aus sehr sonderbar. Ein Stern wie die Sonne hat eine Dichte von rund einem Gramm pro Kubikzentimeter, ungefähr wie Wasser. Die Astrophysiker behandeln die Sonnenmaterie als ein Gas, dessen Bestandteile sich nach Wahrscheinlichkeitsgesetzen frei bewegen. Bei der hohen Temperatur im Sonneninnern ist der Wasserstoff zu 97 % ionisiert; die Elektronen sind von den Atomen abgestreift, sodass nur noch die nackten Wasserstoff-Kerne, die Protonen, übrigbleiben. Damit verliert jedes Wasserstoff-Atom sein Volumen, dessen Durchmesser rund 10 000-mal jener des Protons ist. Somit besteht auch die Sternmaterie, hauptsächlich Protonen, weitgehend aus leerem Raum. Die winzigen Protonen und Elektronen können sich ebenso frei in allen Richtungen mit beliebiger Geschwindigkeit bewegen wie die Moleküle in einem stark verdünnten Gas.

Andrerseits kann so in einem weissen Zwerg die Masse von der Grösse der Sonne (332 000 Erdmassen) auf das Volumen der Erde (ein Millionstel Sonnenvolumen) zusammengepackt werden. Die Dichte wächst dann auf 1000 kg pro Kubikzentimeter. Auch wenn der weisse Zwerg sich unter die Ionisationstemperatur abgekühlt hat, bleiben die Atome bei dem gewaltigen Druck in Kern und Elektronen zerteilt. Immer noch berühren sich die einzelnen Teilchen nicht; immer noch ist leerer Raum zwischen ihnen. Weil aber jedes nur noch einen beschränkten Platz zur Verfügung hat, ist sowohl seine Bewegungsgrösse (Impuls) als auch sein Ort eng umschrieben. Das Paulische Ausschliessungsprinzip der Physik sagt aus, dass niemals zwei Partikel das gleiche Energieniveau besetzen können; damit sind aber die räumlichen Koordinaten und die Bewegung aller energiearmer Teilchen festgelegt. Die Elektronen, als die leichtesten Teilchen, sind in Raum und Geschwindigkeit gewissermassen festgefroren. Zusammenstösse können nicht beliebige Impulsänderungen bewirken; die Elektronen werden höchstens in unbesetzte Energiestufen geworfen. Einige wenige Elektronen, welche der Lichtgeschwindigkeit nahekommen und die sogenannte Fermi-Schwelle übersteigen, sind noch wie Kernteilchen freier Bewegung fähig. Das Gas befindet sich nunmehr im degenierten Zustand.

Wir verdanken Subrahmanyan CHANDRASEKHAR, dem indischen Astrophysiker vom Yerkes Observatorium, eine schöne und vollständige Theorie der stabilen entarteten Gaskugel. Merkwürdigerweise nimmt der Radius einer solchen bei zunehmender Masse ab (Abb. 1). Nach den Gesetzen für das entartete Gas kann für eine gegebene Dichte der Gasdruck berechnet werden, der nur in einem genügend zusammengebrochenen weissen Zwerg das Gewicht der äusseren Schichten zu tragen vermag. Dieser ungewohnte Zusammenhang zwischen Masse und Radius wird nicht wie in andern Sternen von Temperatur, Leuchtkraft und Energieproduktion beeinflusst (Abbildung 2). Die Masse, und damit auch der Radius, ist in der Theorie nur durch die chemische Zusammensetzung des Sterns bestimmt. Für jede chemische Zusammensetzung ist eine obere Massengrenze festgelegt. Z. B. ergibt sich aus der Theorie für einen nur aus Wasserstoff bestehenden Stern eine grösste mögliche Masse von 5.5 Sonnenmassen. Andrerseits dürfte die Masse eines nur aus schwereren Elementen bestehenden Sterns 1.4 Sonnenmassen nicht übersteigen. Ein schwererer Stern müsste Masse verlieren oder eine Katastrophe durchmachen, bevor er weisser Zwerg wird. Keine der wenigen bisher bekannten Massen weisser Zwerge liegt über 1.4 Sonnenmassen, eine wichtige Bestätigung der Ansicht, dass diese Sterne ihren Wasserstoff, den wichtigsten thermonuklearen Brennstoff, aufgebraucht haben.

Das theoretische Bild des weissen Zwergsterns, durch andere Forscher erweitert, zeigt uns die bestehenden Schwierigkeiten der Prüfung durch die Beobachtung. Der dichte degenerierte Kern des Sterns ist umgeben von einer scharf begrenzten Hülle von rund 100 km Dicke; diese besteht, infolge des geringeren Druckes, aus nicht degenerierter Materie. Ueber diese Hülle lagert sich eine wenige Dutzend Meter mächtige Atmosphäre. Sie ist der einzige Teil des Sterns, der spektroskopisch untersucht werden kann. Die Spektren der tausende von Kilometern tiefen Atmosphären normaler Sterne geben uns viele Aufschlüsse über die Oberflächentemperatur und die Zusammensetzung der Sternmaterie, ja auch über das Sterninnere. Die zusammengeschrumpfte Atmosphäre eines weissen Zwerges vermag uns hingegen kaum Hinweise auf seine übrigen Teile zu geben.

Evry SCHATZMANN vom Institut d'Astrophysique in Paris hat nachgewiesen, dass das Innere und die Hülle der weissen Zwerge nicht gleiche Zusammensetzung haben können. Mangels Durchmischung (Konvektion) schichten sich die Gase im starken Schwerefeld. Der wenige

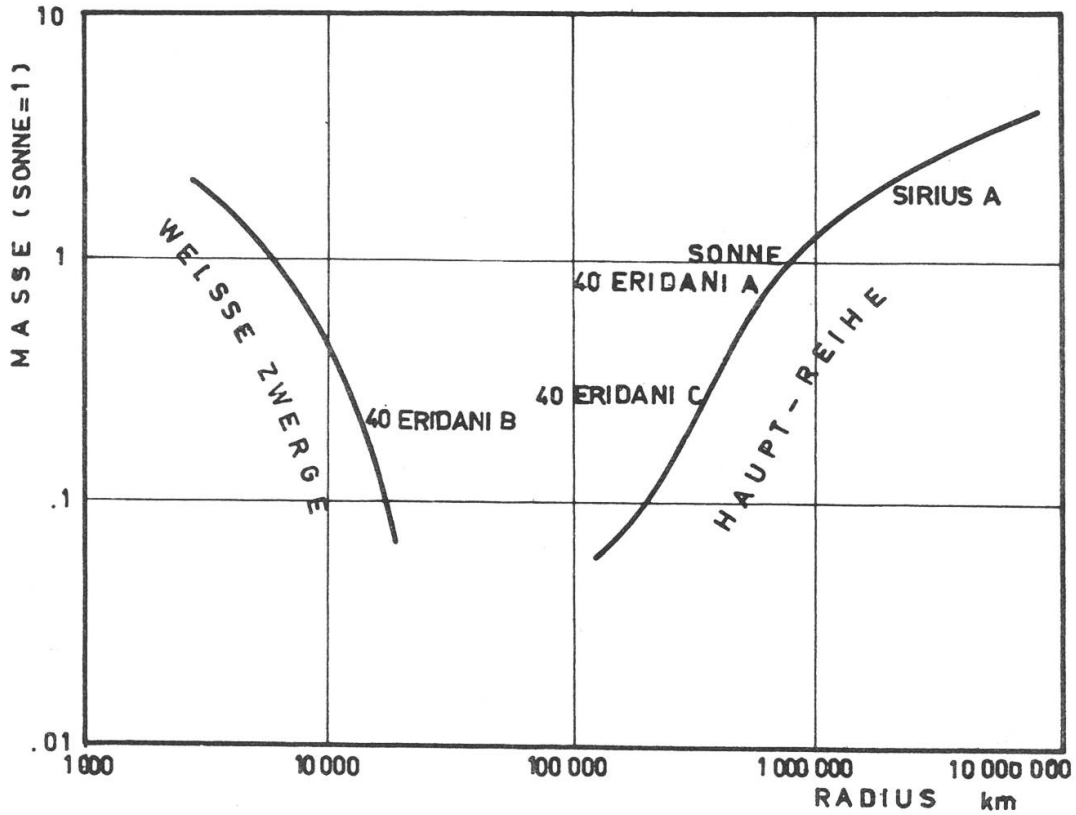


Abbildung 1 - Masse und Radius bei den weissen Zwergen (links) verhalten sich genau entgegengesetzt wie bei den gewöhnlichen Hauptreihensternen (rechts). Die letzteren zeigen mit zunehmender Masse auch zunehmenden Radius; bei den weissen Zwergen nimmt der Radius mit zunehmender Masse ab.

noch vorhandene Wasserstoff wird, seiner Leichtigkeit wegen, an die Oberfläche gepresst, während Helium und die schwereren Elemente gegen das Zentrum hin sinken. Die Elektronen, als leichteste Bestandteile, würden ganz obenauf schwimmen, wären nicht gleichzeitig elektrische Kräfte im Spiel. Die elektrischen Felder und die Kernkräfte in den geschichteten Gasmassen ziehen den Stern noch mehr zusammen, sodass die grösste mögliche Masse eines aus schweren Elementen bestehenden Sterns auf 1.25 Sonnenmassen herabgesetzt wird.

Das verdämmernde Licht, die spärliche Wärme aus ihrem Innern forttragend, hat uns den Standort einiger hundert weisser Zwerge verraten. Der hellste unter ihnen hat die Leuchtkraft von 0.01 Sonnen; der schwächste bekannte weisse Zwerg erreicht nur 0.0001 Sonnenleuchtkraft. Sterne dieser Leuchtkraft können vorläufig nur in Entfernungen von weniger als 30 Lichtjahren beobachtet werden. Ihre geringe Helligkeit, zusammen mit unseren theoretischen Kenntnissen ihres innern

Aufbaues, liefert überzeugende Anzeichen dafür, dass sie aufgehört haben, Masse in strahlende Energie umzuwandeln. Selbst wenn die Temperatur 10 bis 30 Millionen Grad nicht übersteigt, würden die thermonuklearen Reaktionen bei der hohen Dichte mit ungeheurer Schnelligkeit ablaufen. Durch die dichte Lagerung der Elektronen würde die Reaktionsgeschwindigkeit noch vergrössert, da diese mit ihrer negativen Ladung die gegenseitige Abstossung der Kerne teilweise aufheben. Die einzige mögliche Erklärung für die geringe Leuchtkraft ist der kleine Anteil von Wasserstoff (0.00001) an der totalen Stern-Masse. Reaktionen, an denen schwerere Elemente – z. B. Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Neon – beteiligt sind, erfordern höhere Temperaturen als hier auftreten, obschon Helium in grosser Konzentration und unter hohem Druck mit ihnen reagieren kann. Eine Reihe anderer Gründe sprechen hingegen zuungunsten der Wahrscheinlichkeit jeglicher Energie-Erzeugung: In einem normalen Stern ist die Energieproduktion durch Rückkopplung reguliert; bei steigender Temperatur bläht sich der Stern auf und die Reaktionsgeschwindigkeit wird gedämpft. Nicht so in einem degenerierten Gas, wo der Druck von der Temperatur unabhängig ist. Wenn in einem degenerierten Gas eine lokale Aufheizung erfolgte, würde nur die Reaktionsgeschwindigkeit grösser, und der Stern würde explodieren. Es bleibt also die Annahme, dass die vorhandenen weissen Zwerge ihre Kernenergie-Quellen erschöpft haben.

Die geringe Leuchtkraft der weissen Zwerge erschwert die Spektralanalyse ihres Lichtes, und Kenntnisse über weitere Eigentümlichkeiten sind nur äusserst schwer zu gewinnen. Erst 80 solcher Sterne sind eingehend studiert. Mit dem lichtstarken 200-Zoll-Hale-Teleskop von Palomar Mountain habe ich 50 Spektren vom grössten bisher möglichen Masstab untersucht.

Die Spektralanalyse bestätigt mit Sicherheit, dass die weissen Zwerge tatsächlich zwerghaft sind. Der Radius kann aus den Spektren allerdings nur indirekt abgeleitet werden. Sowohl photoelektrische Farbanalyse als auch das Verhalten der Absorptionslinien im Spektrum erlauben die Bestimmung der Temperatur. Die scheinbare Helligkeit zusammen mit der davon unabhängig gemessenen Distanz gibt die absolute Helligkeit, die Leuchtkraft. Temperatur und Leuchtkraft liefern schliesslich die Grösse der leuchtenden Oberfläche und damit den Radius des Sterns. Die Ergebnisse sind äusserst eintönig: die wohlbestimmten Radien liegen sämtliche zwischen 5 000 und 20 000 km, im Gegensatz zu der Streuung bei normalen Sternen, deren Radien 0.1 bis

10 Sonnenradien (zu je 696 000 km) für Hauptreihen-Sterne und bis zu 10 000 für rote Riesen betragen. Der Radius des kleinsten bekannten weissen Zwergs wird auf nur 4 500 km geschätzt, einiges weniger als der Erdradius. Dies entspricht sehr nahe dem theoretisch erwarteten Wert. Für diesen Radius errechnet sich eine Masse von 1.2 Sonnen und Zentraldichte von 10 000 kg/ cm^3.

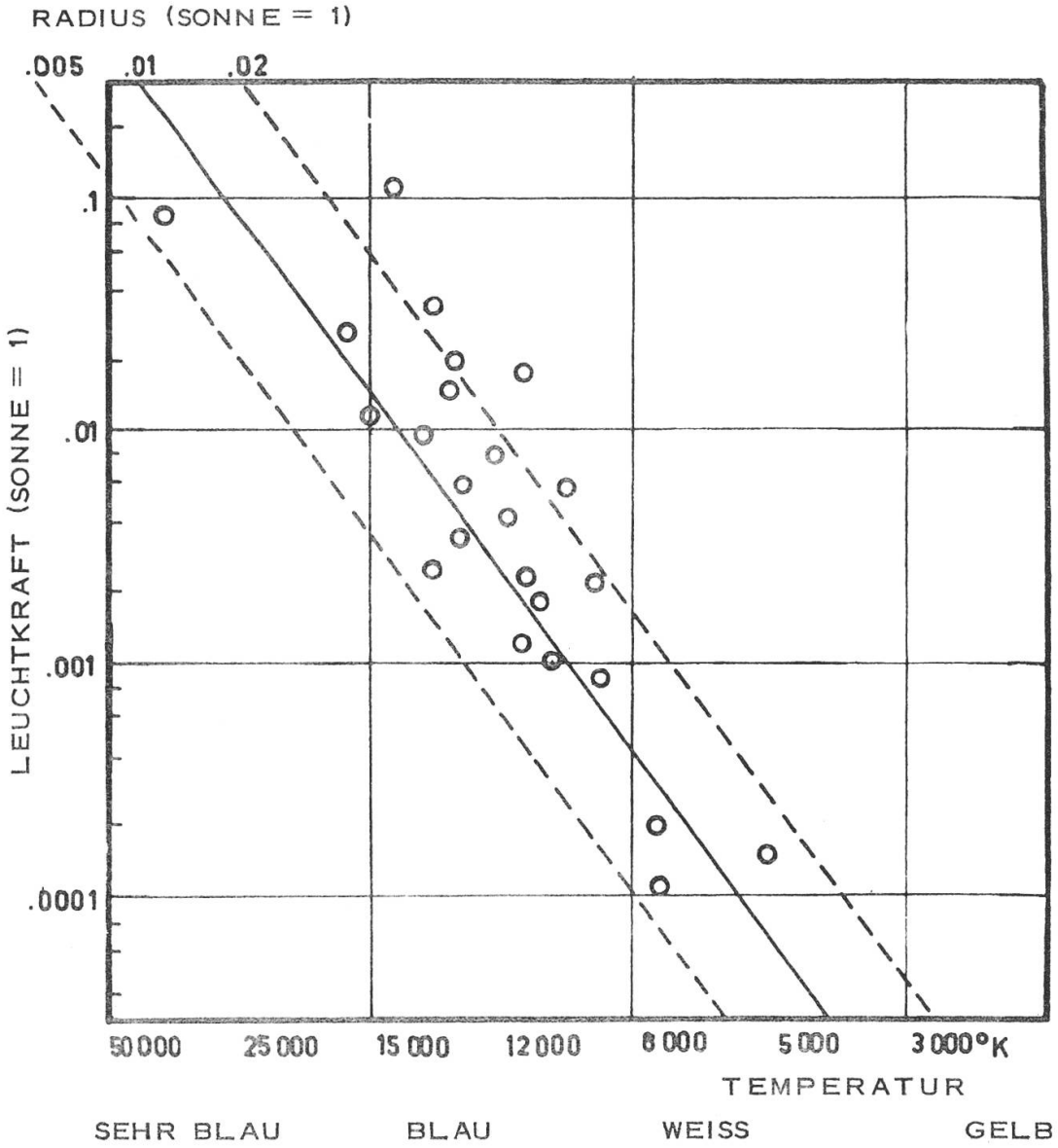


Abbildung 2 - Radius und Temperatur weisser Zwerge zeigen keine gegenseitige Abhängigkeit. Sterne verschiedener Radien kommen bei allen Temperaturen vor, wie die eingezeichneten Punkte zeigen. Dies deutet darauf hin, dass sich die Zwergsterne ohne weitere Gravitations-Kontraktion abkühlen.

Die Beobachtung bestätigt auch eine der wichtigsten theoretischen Voraussagen, nämlich dass der Radius nicht von der Oberflächentemperatur abhängt (Abbildung 2). Die von uns bearbeiteten Sterne haben Temperaturen von 50 000 bis 4000 °K. Der heisseste ist ein blau-weisser Stern in der frühesten Phase der Entwicklung als weisser Zwerg, der kälteste ein schwacher rötlich-weisser Zwerg. Aus der Darstellung in Abbildung 2 ist ersichtlich, dass es Sterne gleichen Radius von beliebiger Temperatur gibt. Da ihre ursprünglichen Massen bestimmt unterschiedlich waren, ist es klar, dass sie mit kleiner Streuung der Radien in der linken oberen Ecke des Diagrammes beginnen und dann ohne weitere Schwere-Kontraktion sich abkühlen, hinab in die rechte untere Ecke.

Leider ist es unmöglich, diesen Radius-Bestimmungen entsprechend zuverlässige Masse-Bestimmungen gegenüberzustellen. Nach den Newtonschen Gesetzen können die Massen aus der beobachteten Bahnbewegung nur für Sterne berechnet werden, die Mitglieder von Mehrfach-Systemen sind. Wir kennen drei solcher Zwerge. Von zweien, Sirius B und Procyon B, liegen wohl zuverlässige Massen vor, nämlich 1 und 0.65 Sonnenmassen; die Hauptsterne, Sirius A und Procyon A, sind jedoch derart hell und nah, dass keines der aufgenommenen Spektren ein wirklich ungestörtes Bild der Zwerge gibt. Daher ist die Messung ihrer Radien immer noch unmöglich.

Von den weissen Zwergen, die Mitglieder von Mehrfach-Systemen sind, ist 40 Eridani am besten untersucht. Dieser Stern ist genügend weit von den anderen Komponenten entfernt, dass gute Spektren erhältlich sind, und doch genügend nahe, dass die Bahnbewegung eine einigermassen gesicherte Massenbestimmung zulässt. Aus dem Spektrum habe ich einen Radius von 10 500 km, 0.016 Sonnenradien, abgeleitet; aus der Gravitationswirkung ergibt sich eine Masse von 0.45 Sonnen. Das theoretische Massen-Radius-Gesetz hätte, in guter Uebereinstimmung, 0.39 Sonnen ergeben. Wenigstens in diesem einzigen vollständig beobachteten System findet so die wohlfundierte Theorie eine kräftige Stütze.

Die Spektren der weissen Zwerge (Abbildung 3) bestätigen ganz allgemein auch die theoretischen Schlüsse bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung. Bei einigen besonderen heissen weissen Zwergen zeigen sie entweder überhaupt keine Wasserstoff-Linien, oder die vorhandenen Linien weisen auf verhältnismässig spärliche Wasserstoff-Reste hin. Verglichen mit den Spektren normaler Sterne, in denen die

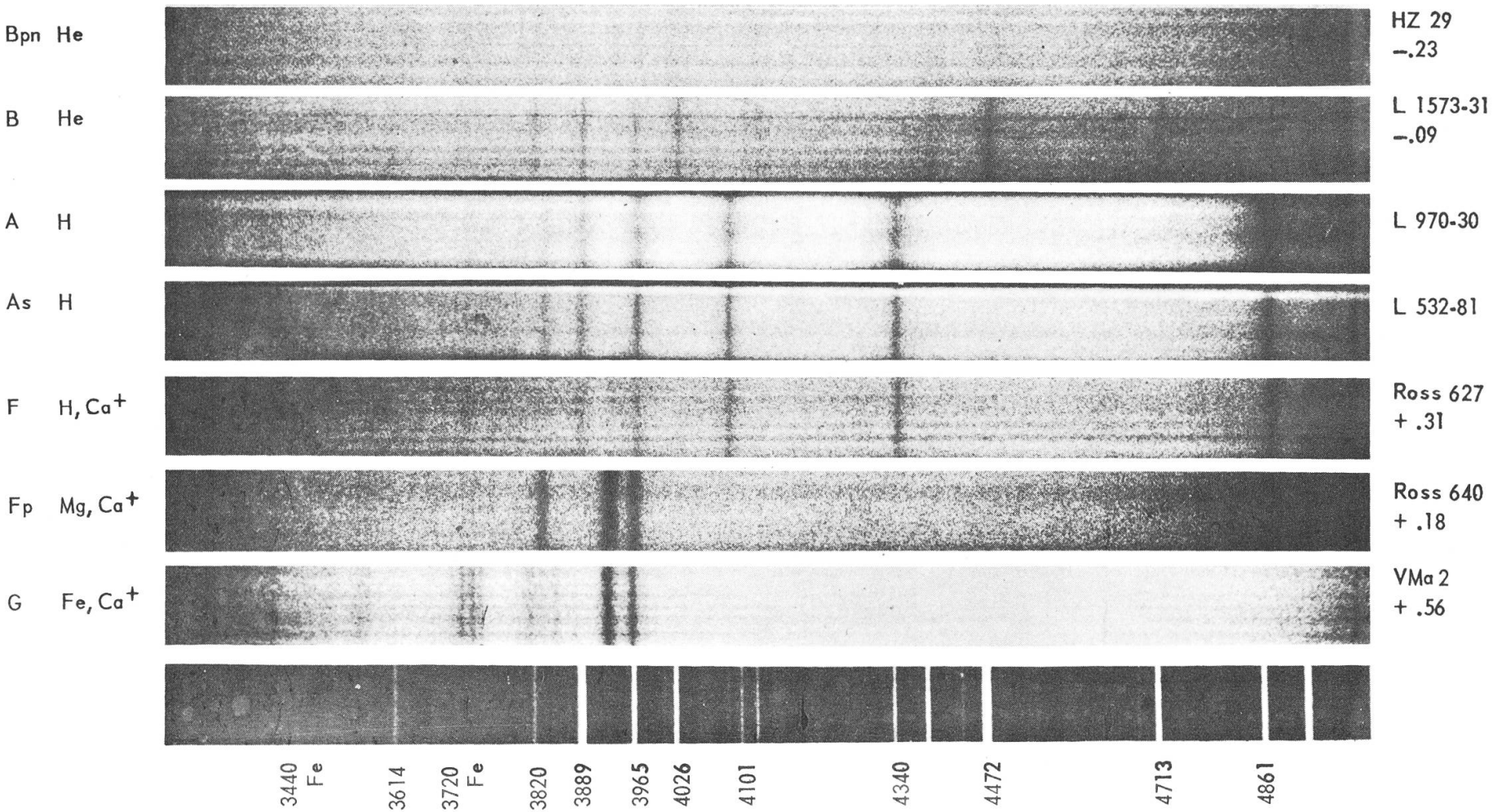


Abbildung 3 - Spektren einiger weisser Zwerge (Typenbezeichnung links aussen, Sternbezeichnung rechts). Die Absorptionslinien nur einiger weniger chemischer Elemente (zweite Kolonne von links) sind darin enthalten. Das unterste Spektrum ist ein Vergleichs-Spektrum von Helium und Wasserstoff. Im Spektrum vom Typ A (L 970-30) sind die diffusen und in charakteristischer Weise verbreiterten Absorptionslinien zu erkennen.

Wasserstoff-Linien in der Regel kräftig sind, müsste bereits dieser Umstand einige weisse Zwerge als Sondergruppe von Himmelskörpern kennzeichnen. Die Spektren des verbreitetsten Typs (Typ A) zeigen, wenn schon, nur die Wasserstoff-Reste, aber keine schwereren Elemente. Hier sind infolge der Gravitationswirkung alle schweren Elemente, selbst Helium, aus der Atmosphäre ins Stern-Innere gezogen und der Wasserstoff an die Oberfläche gequetscht worden. Bei weissen Zwergen mit Oberflächen-Temperaturen unter 8000° verschwinden die Wasserstoff-Linien vollständig, nur einige wenige, Metallen zugeordnete, Linien sind noch sichtbar. Ein derartiger Stern ist Ross 640, dessen Temperatur, wäre überhaupt noch Wasserstoff vorhanden, an und für sich für die Erzeugung von Wasserstoff-Linien genügt. Gewöhnlich lassen die weissen Zwerge kaum wie die normalen Sterne den Zusammenhang zwischen Linienintensität und Temperatur erkennen. Die unterschiedliche Zusammensetzung ihrer Atmosphäre liesse sich wohl als Hinweis auf ihre Vergangenheit deuten. Aus dem Spektrum von Ross 640 können wir schliessen, dass dieser Stern und die andern seiner Art nach Erschöpfung ihres Wasserstoffs bereits mit dem Aufbau schwerer Elemente aus Helium begonnen haben. Der kälteste der spektrographischen Analyse noch zugängliche Stern ist vorläufig van Maanen 2 (VMa 2). Sein absonderliches Spektrum deutet darauf hin, dass er als metallarmer Stern der langlebigen und beständigen Population II begonnen hat. Da seine gegenwärtige geringe Leuchtkraft auf rund fünf Milliarden Jahre Zwergdasein schliessen lässt, muss van Maanen 2 sein gesamtes Leben als heller Stern bereits vor der Bildung der Sonne und der Erde durchlebt haben. Bei einem andern noch schwächeren, kühleren und älteren Stern sind bis jetzt überhaupt keine Linien mit Bestimmtheit nachgewiesen worden.

Man mag sich fragen, welches Interesse für den Astrophysiker ein Spektrum hat, dem die aufschlussreichsten Teile, die Absorptionslinien, vollkommen fehlen. Wir haben manche Beobachtungsnacht und viele Monate Messung gebraucht, um die tatsächliche Abwesenheit jeglicher Absorptionslinien in den Spektren von sechs weissen Zwergen sicherzustellen. Selbst mit Hilfe der empfindlichsten photoelektrischen Methoden waren weder Linien noch Banden nachzuweisen, die mehr als 5% tief sind*. Verschiedene Erklärungen sind möglich. Die

---

*) d.h. deren Intensität um mehr als 5% von jener ihrer Umgebung im Spektrum abweicht; m. a. W., die keine sicher erkennbaren Schwärzungsunterschiede auf der photographischen Platte hervorzurufen vermögen (d. Ue.).

wahrscheinlichste kann vielleicht gefunden werden, wenn die in den Spektren anderer weisser Zwerge auftretenden Linien näher untersucht werden. Die extreme Verbreiterung und Abschwächung der Wasserstoff-Linien in einigen Spektren macht ihr vollständiges Verschwinden bei sehr hohem Druck verständlich. Diese Linien-Verbreiterung ist auf statistisch verteilte elektrische Felder und auf Zusammenstösse zwischen geladenen Teilchen zurückzuführen. Volker WEIDEMANN von der Bundesanstalt in Braunschweig (der dank einer Subvention des Air Force Office of Scientific Research mit uns arbeitete) hat im Spektrum von van Maanen 2 Eisen-, Magnesium- und Kalzium-Linien gefunden, deren Verbreiterung auf eine 10 000-mal grössere Stoss-Häufigkeit der Teilchen als in der Sonnenatmosphäre hinweist. Er schätzt den Druck in dieser Sternhülle auf 2 000 Atmosphären; die Dichte genügt, um die Bildung von Molekülen zuzulassen. Trotzdem ist es überraschend, dass die Linien, wie in den sechs erwähnten weissen Zwergen, überhaupt ganz verschwinden.

Das Rätsel wurde noch verwirrter, als wir auf einige Spektren stiessen, welche diffuse schwach ausgeprägte Banden aufweisen, die keinen laboratoriumsmässig festgestellten Linien entsprechen. Diese Banden sind vielleicht den unter ungewohnten Temperatur- und Druckverhältnissen strahlenden Molekülen oder unbeständigen Radikalen* zuzuschreiben. Wir kennen aber das Verhalten der Atome in der extremen Umgebung der Atmosphären weisser Zwerge überhaupt noch nicht.

Bei wenigstens einem Stern hat unsere Generation den Uebergang von der normalen Evolution zum weissen Zwerg miterleben können. Es ist die wiederkehrende Nova WZ Sagittae, die 1913 explodierte und 1946 einen erneuten Ausbruch mit einer Helligkeitssteigerung um den Faktor 1000 zeigte. Ihre heutige Leuchtkraft ist ein Hundertstel der Sonne, und ihr Spektrum ist dem eines weissen Zwergen ähnlich, nur dass ihm noch Emissionslinien überlagert sind. Diese Linien rühren wahrscheinlich von der fortwährend ausgeschleuderten Materie her. WZ Sagittae führt uns einen, wenn auch nicht den einzigen, Vorgang vor, durch welchen Sterne Masse verlieren können und so den Uebergang in die Endphase ihres Lebens vollziehen.

Wie alle lebenden Dinge auf unzählige Arten leben und sterben können, haben auch die Sterne viele Möglichkeiten der Entwicklung und des Todes. Wenn wir gelernt haben, im Spektrum der weissen Zwerge

---

*) chemisch reaktionsfähige Gruppen verschiedener Atome (d. Ue.).

besser zu lesen, werden wir auch ihren zurückgelegten Lebensweg übersehen können. Ihr schwaches Licht mag uns Hinweise geben auf den zeitlichen Ablauf der Prozesse in ihrem thermonuklearen Ofen.

Ein weisser Zwerg lässt sich viel Zeit zum Sterben. Sein Licht verrät den langsamen Verlust an Wärme, die vom Innern durch das schlecht leitende entartete Gas nach aussen sickert. Die Wärme-Energie ist nur noch in den nicht-entarteten Atomkernen und in den wenigen Elektronen über der Fermi-Schwelle gespeichert. Auch wenn die einstige Temperatur sehr hoch war, ist diese Wärme-Energie der einzige greifbare Energievorrat für das ganze Lebensende. Das Licht des kühler werdenden Sterns nimmt ab, und damit auch der Temperaturabfall nach aussen. Der Energieumsatz sinkt, und der zeitliche Ablauf der weiteren Entwicklung verlangsamt sich im gleichen Masse. Nach Martin SCHWARZSCHILD vom Princeton Observatory braucht ein hauptsächlich aus Helium bestehender weisser Zwerg drei Milliarden Jahre, um sich vom blau-weissen Ausgangsstadium auf 7 000° im gelb-weissen abzukühlen. Weitere fünf Milliarden Jahre verstreichen, bis der Stern die Sichtbarkeitsgrenze bei 4 000° (rot-weiss) erreicht. 4 000° bedeutet aber immer noch glühend rot. Von rot bis infrarot verdämmert der Stern während phantastischer Zeiträume, denen gegenüber das Alter unserer Milchstrasse klein erscheint.

Die Temperaturabnahme bringt die Zone des degenerierten Zustandes immer näher an die Oberfläche heran. Die freien Elektronen werden immer seltener, und bei tiefen Temperaturen degenerieren schliesslich auch die Atomkerne. Wenn sämtliche Teilchen, Elektronen und Kerne, alle tiefsten erlaubten Energie-Niveaus besetzt halten, hört jegliche Strahlung auf, und der Stern wird zum gigantischen «Molekül». Dieses ist der Abschluss des irreversiblen Prozesses, womit auch das vierte thermodynamische Gesetz erfüllt ist. Freilich enthält unsere Milchstrasse noch keine eigentlichen schwarzen Sterne, sie ist dazu viel zu jung.

Am Ende dieser eben beschriebenen «Einbahn» wartet mit grosser Wahrscheinlichkeit allen Sternen das schliesslich Auslöschen. Wie wird der Himmel aussehen, wenn die Zeit auch unserer Sonne abgelaufen ist und unsere Planeten um einen sterbenden Stern kreisen? In ungefähr sieben Milliarden Jahren wird die Sonne ein heisser blauweisser Zwerg sein, so klein, dass sie dem unbewaffneten Auge auf der Erde nicht mehr als Scheibe erscheint. Die Temperatur auf unserem Planeten wird noch rund −180° C betragen. Der nächtliche Himmel

wird nicht mehr von Sternen übersät sein, da die Neubildung von Sternen aufgehört haben wird und die hellen Sterne unserer Sternbilder längst verlöscht sein werden. Kein Stern wird mehr sichtbar sein, ausser vielleicht einem zufällig nahe unserem sterbenden System vorbeiziehenden roten Hauptreihen-Stern, der so wenig strahlt, dass sein Kernenergie-Vorrat für tausende von Milliarden Jahren ausreicht. Alle andern einst hellen Sonnen werden weisse Zwerge sein, zu schwach um gesehen zu werden, und schwarze Nacht wird uns umhüllen. Nur noch ganz nahe einem der leuchtschwachen roten Sterne könnte man sich lebentragende Planeten denken, in einer für uns unvorstellbaren Weise und für unvorstellbare Zeiten.

(Eingegangen am 17. Oktober 1959.) *Uebersetzung von F. EGGER.*

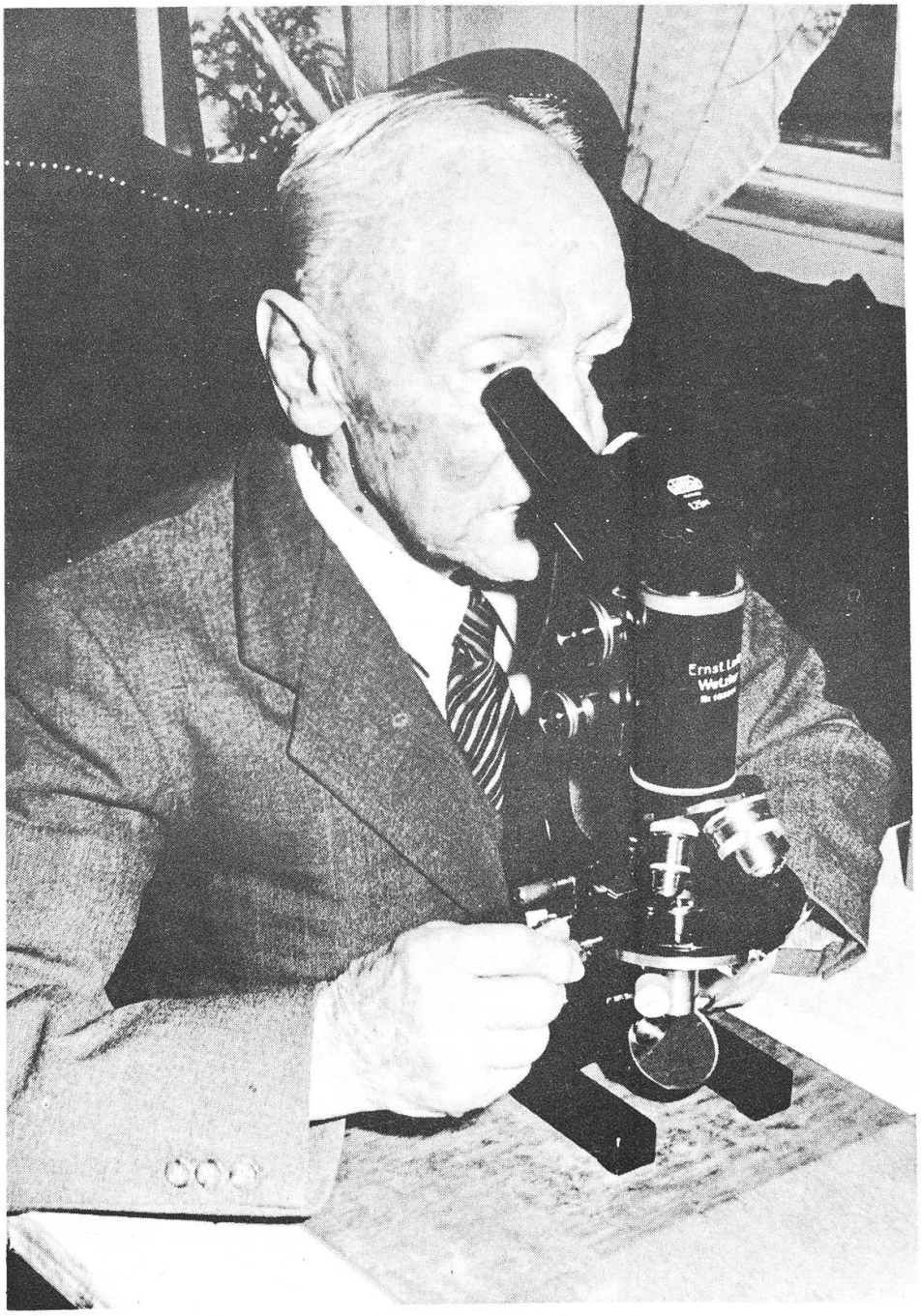
ZUM 90. GEBURTSTAG VON DR. FRIEDRICH SCHMID

Ein Forscher eigener Prägung, Friedrich Schmid, Doctor honoris causa der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich, wird am 5. Oktober 1960 die Vollendung seines 90. Lebensjahres feiern.

Im hochgelegenen Dorfe Oberhelfenswil im Toggenburg brandet noch nicht die Flut der modernen Hast. Einsam, wie ein Granitfels, hält der Jubilar der täglichen Brandung des modernen Lebens stand.

Dr. Schmid widmet sich neben andern Wissenszweigen hauptsächlich der Erforschung jener sonderbaren Lichterscheinung am Nachthimmel, des Zodiakallichtes, welches die Stadtbewohner im Meere der verschwenderischen, künstlichen Lichteffekte nicht mehr zu erkennen vermögen.

Dr. Schmid hat in rund 70 Jahren mehr als 1 100 Nächte wissenschaftlichen Forschungen geopfert, und seine Aufzeichnungen über Beobachtungen umfassten kürzlich 2196 Zodiakallichter, 822 Gegenscheine, 790 sömmerliche Nachtscheine, 271 Lichtbrücken Ost-West, 105 Nordlichter usw.



Dr. Friedrich Schmid bei der mikroskopischen Untersuchung von Proben kosmischen Staubes.

Seine umfangreichen Beobachtungen füllen nicht weniger als 42 Tagebücher. Die Reichhaltigkeit seiner sorgfältigen Beobachtungen dürfte einzigartig sein. Wohl ist der Hauptteil seiner äusserst systematischen Arbeiten über das Zodiakallicht in seiner privaten Sternwarte gemacht worden, doch war es Dr. Schmid vergönnt auf zwei ausgedehnten Weltreisen höchst wertvolles ergänzendes Beobachtungsmaterial zu sammeln.

Die erste Weltreise führte ihn nach Südafrika, nach Kapstadt, und weit in das Innere des afrikanischen Kontinents, in die Gegend des Kiljmandscharo, zu einer Zeit, als Afrikareisen noch nicht so leicht ausführbar waren. Seine zweite Weltreise führte ihn 1934 über Mittel-Amerika nach der Inselwelt des pazifischen Ozeans, Neuseeland, Tasmanien, Australien, wo er vom 40. südlichen Breitengrad aus seine Beobachtungen anstellen konnte.

Dr. Schmid ist Bauer und Gentleman. Seine Schulbildung bestand aus sechs Jahren Dorfschule und zwei Jahren Realschule. Alles andere hat er in eiserner Arbeit selbst aufgebaut. Den Doctor honoris causa verlieh ihm die Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich im Jahre 1917, eine Ehrung, die einem Bauer gewiss nur sehr selten zu Teil wird. Dr. Schmid steht mit einer ganzen Reihe von bedeutenden Naturwissenschaftern im In- und Ausland in regem Korrespondenzwechsel.

Eine letzthin verfasste wissenschaftliche Abhandlung von vierzig Druckseiten zeigt, dass seine geistige Vitalität ungebrochen ist. Der Jubilar beschäftigt sich heute auch mit mikroskopischen Arbeiten, hauptsächlich über den kosmischen Staub, eine Materie, die bis in die neueste Zeit wenig beachtet wurde. Dr. Schmid verfolgt nach Möglichkeit die modernen Publikationen und seine Arbeiten werden auch von amerikanischen Autoren wiederholt zitiert.

Möge Dr. Schmid noch eine Reihe von ruhigen Jahren im Kreise seiner Familie, Grosskinder und Urgrosskinder beschieden sein.

E. F. Schlaepfer, Furth-Brunnadern.

Der Vorstand der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft und die Redaktion des «Orion» benützen die Gelegenheit Herrn Dr. Friedrich Schmid, bei Anlass seines bevorstehenden 90. Geburtstages, zu seiner unermüdlichen und erfolgreichen Tätigkeit um die Erforschung des Zodiakallichtes und zu seinem mit grösster Hingabe gesammelten, einzig dastehenden und höchst wertvollen Beobachtungsmaterial herzlich zu gratulieren.

Für die freundliche Mitarbeit an unserer Zeitschrift, besonders in Form von verschiedenen Aufsätzen und Berichten über das Zodiakallicht und Nordlichterscheinungen spricht die Redaktion dem Jubilaren ihren verbindlichen Dank aus. Mögen Herrn Dr. Schmid zur Weiterführung seines Lebenswerkes noch recht viele Jahre erspriesslicher Forschertätigkeit beschieden sein.

Robert A. Naef

ASTROGNOSIE

SINN UND HERKUNFT DER STERNBILD- UND STERNNAMEN

Von W. BRUNNER-HAGGER, Kloten (Zürich)

Die auffälligsten und wohl auch schon in der Urzeit beobachteten astronomischen Erscheinungen sind der Mondlauf unter den Sternen und damit zusammenhängende Phasenwechsel des Mondes, sowie die Sonnen- und Mondfinsternisse. Für mittlere Breiten, mit ausgeprägten klimatischen Jahreszeiten, ist die Verfolgung des Sonnenlaufs wichtig. Durch Steinsetzungen (wie z.B. in Stonehenge), wird der nördlichste

Abbildung 1 - Frühlingspunktverschiebung vom Jahre 1 - 1954 (Pfeillänge).

bzw. südlichste Sonnenaufgang vermarcht und so die *Sonnenwendfeste* festgestellt, die zugleich den Winter bzw. den Sommer einleiten. Von allen Himmelslichtern werden fünf als beweglich erkannt, die übrigen behalten ihre gegenseitige Lage während Jahrtausenden unverändert. Es sind Fixsterne, die an der Himmelsfeste, dem Firmament, befestigt sind oder einer uralten Vorstellung gemäss, als Löcher in der Himmelskugel zu betrachten sind, durch welche das Licht der darüber thronenden himmlischen Herrlichkeit durchschimmert.

Das wichtigste Ergebnis dieser ersten Beobachtungen war, dass alle Finsternisse auf einem unveränderlichen Grosskreise, der Ekliptik (Linie der Verfinsterungen), stattfinden, auf der die Sonne scheinbar in einem Jahre umläuft und von der die Planeten und der Mond nur wenig abweichen. Es lag nun nahe die Fixsterne in der Nähe der Ekliptik als Marken für den Lauf der Wandelgestirne zu gebrauchen. Die Chinesen kennen 28 Mondhäuser, die der Mond auf seinem monatlichen Umlauf der Reihe nach heimsucht. Der Vollmond (Gegenpunkt der Sonne) hat im Laufe eines Jahres 12 Stationen. Diese umspannen aber nur einen Bogen von 354°, sodass der Ausgangspunkt sich von Jahr zu Jahr um 6° verschieben würde. Man ist deshalb schon früh dazu übergegangen für genauere Messungen als Ausgangspunkt den Frühlingspunkt der Sonne zu verwenden. Dieser verschiebt sich nur um 1° in 72 Jahren (siehe Abbildung 1). Die Verfolgung des Sonnenlaufs auf der Ekliptik, zwischen den Fixsternen, war nur bei Finsternissen direkt möglich. Mit einer einfachen Messtechnik mittels des Mondes oder der Venus ist ein Anschluss der Sonne an den Fixsternhimmel möglich. Einfache Wasserauslaufuhren können diese Ueberbrückung auch gewährleisten.

In den heutigen Kalendern ist der Frühlingspunkt immer noch mit «Widder» bezeichnet, obschon er heute an der Grenze des Sternbildes der Fische gegen den Wassermann hin liegt. In der Epoche 2000-4000 v. Chr. lag der Frühlingspunkt im *Stier*, der Sommerpunkt im *Löwen*, der Herbstpunkt im *Skorpion* und der Winterpunkt im *Wassermann*.

I. STIER: Ums Jahr 3000 v. Chr. lag der Frühlingspunkt beim Stern erster Grösse Aldebaran (α Tauri). Beim Eintritt der Sonne ins Sternbild Stier zwischen Plejaden und Hyaden, sind in der Abenddämmerung gerade noch die beiden Hörnerspitzen, als letztes des himmlischen Stieres, zu sehen. War gerade Neumond

zu Frühlingsbeginn, so waren zwischen den heliakisch untergehenden Fixsternen β und ζ Tauri die Hörner der erstmals sichtbar wachsenden Mondsichel knapp vor Untergang aus der Dämmerung aufgetaucht. Zu dieser Zeit werden auf der Erde die Jungstiere geboren, deren Erstlinge dem Mondgotte Japhe geopfert wurden. Die Sternkundigen suchten aus der Sternengruppe beim Frühlingspunkt das Bild eines Stierkopfes herauszulesen, was hier verhältnismässig gut gelungen ist. In Babylon war sein Name ALAP, in Palästina ALEPH, in Aegypten APIS. Aus dem Bildzeichen ist später das Buchstabenzeichen ALEPH und im Griechischen A, α ALPHA, im Latein a, A, durch Umwenden des Zeichens entstanden. Aus archaischen Sprachbetrachtungen wird der Begriffsinhalt am besten mit: «Himmlische Zeugungskraft» umschrieben. (AL = Himmlisch; AP = Pa = Pha = Rind = Stier = männlich, verwandt damit Pe-Cu = Vah = Vieh-Kuh). Der zweite Buchstabe im Alphabet heisst: Betha = Haus ΔΔ β. Die beiden ersten Buchstaben bedeuten somit zusammen Alphabet = himmlisches Stier Haus = «Sternbild des Stier». – Es ist naheliegend zu versuchen, ob die weiteren Buchstabenwörter auch einen Bezug haben mit Tierkreissternbildern. Der 3. und 4. Buchstabe Gimmel-Dalet (griechisch: Gamma-Delta) bedeutet «Kamel durch das Geburtstor» und ist ein früherer nur noch in einer arabischen Sternbezeichnung überlieferter Name des Sternbildes der Zwillinge. Das alt hebräisch-phönizische Buchstabenwort: hE = = Eselhengst ist noch in den «Eselein» an der Krippe im Sternbild Krebs bis in unsere Zeit hinübergerettet worden.

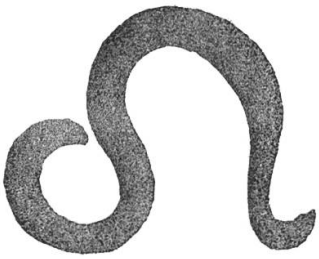
Dem ersten Viertel des Tierkreises, dem Frühjahr sind die Herdentiere, Stier, Kamel, Esel zugeordnet gewesen. Zu ihnen gesellen sich noch Capella = Ziege und, im letzten Jahrtausend vor Christigeburt, das neu auftretende Sternbild des Widders. Diese Herdentiere werden vom Hirten Orion und seinen beiden Hunden, Sirius und Prokyon, bewacht. Nördlich thronen die Hirtenkönigin Cassiopeia und ihr Gemahl Cepheus. Die Namen der Zwillinge: Castor und Pollux deuten auch auf ein Zweihuferpaar hin: Ca-Star und Pa-Lux = «Kuhstern und Stierlicht». Die Begriffe Kuh und Stier galten, wie teilweise heute noch, nicht nur für das Rind, sondern für alle grossen Wiederkäuer. Die Araber erzählen*: «Am Rande der Wüste weideten Gazellen, da wurden sie durch das Gebrüll des Löwen aufgeschreckt und in grossen Sprüngen rannten sie zum Brunnen». Die Gazellensprünge werden von den Wüstenbewohnern in den drei Sternpaaren Jota-Kappa, Lambda-My und Ny-Xi Ursae

*) Mündliche Mitteilung von Prof. Hess.

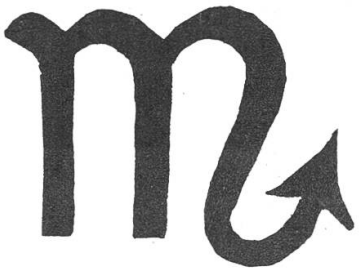
maioris am Himmel wieder erkannt. Der Brunnen bei dem die Gazellen Zuflucht suchen, ist das Sternbild der Zwillinge, das am Himmelsfluss (Milchstrasse) gelegen ist. In neuerer Zeit wurde die Weidetiergegend am Himmel noch durch das Sternbild Giraffe = Camelopardalis sinnvoll ergänzt. Auch das Einhorn ist ein solches neues Sternbild, das aus schwachen Sternen zwischen Orion und Prokyon gebildet wurde.

Einen weiteren Hinweis auf den früheren Namen «Brunnen» des heutigen Sternbildes der Zwillinge habe ich bei der astrognostischen Erklärung des alten Märchens der «Sieben Geisslein» gefunden. Das Haus der sieben Geisslein ist mit den Plejaden zu identifizieren. Dem räuberischen Mond-Wolf gelingt es nach viermaligem Vorübergang beim Siebengestirn sechs der Geisslein zu verschlucken. Nach dem Frass wird sein Bauch mit Steinen gefüllt (Erdlicht), und er stirbt als Neumond im Sternbild des Brunnen (jetzt Zwillinge).

Auf der Sternkarte von Peter Apianus 1540 ist das Sternbild Fuhrmann noch mit Erichthonius (ein griechischer König) bezeichnet, der auf der Achsel eine Ziege trägt. Die lateinische Uebersetzung: Auriga = Wagenlenker bei den Rennen, bedeutet eigentlich wörtlich: Aurea-ago = die goldenen Zügel führen. Da Capella der hellste Stern im Bereiche der Herdentiere ist, so ist sie die «goldene Führende». Ueber diese Begriffsbrücke ist der merkwürdige Uebergang von Ziege zu Fuhrmann denkbar.

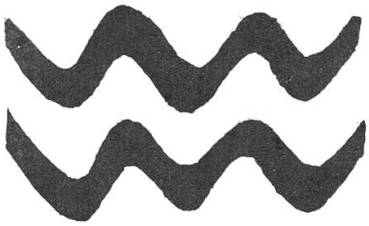


II. LOEWE: Der Regulus, babylonisch Ur-gu-la = (Ur = Löwe), stand im Hochsommer am Mittag nahe am Zenith. Mit dem Vorrücken der Sonne an diese Himmelstelle begann der Sommer. Die Weiden verdorrten, die Sonne wirkte wie ein verzehrendes Feuer. Der König der Wüste, der Löwe, dominierte. In dieser Himmelsgegend herrschen die Raubtiere: Löwe, kleiner Löwe, grosser und kleiner Bär, Luchs vor. Als Personen sind beigegeben: Der Bärenhüter Arkturus. (Bootes heisst eigentlich der Stierenführer, der die sieben Dreschochsen, die sebtemtriones = Himmelswagen antreibt.) Die Jungfrau als Schnitterin mit der Aehre = Spica. Diese Bilder hängen mit der hochsommerlichen Getreideernte zusammen.



III. SKORPION: Mit dem Herbstbeginn treten wir in den Bereich der Winde und Dünste, der den Tierreichen der Vögel und des Gewürmes zugeordnet ist.

Die Leitsternbilder des Herbstbereichs sind Skorpion und Adler. Der hellste Stern des Skorpion ist Antares. Er steht am Himmel dem Aldebaran gegenüber. Die Längendifferenz beträgt 177°. Der Name wird meines Erachtens fälschlich als Anti-Ares = Gegen-Mars erklärt. Nach den archaischen Wurzelbedeutungen scheint mir die Aufgliederung An-Ta-Res = himmlischer Herr der Erde = (ta = Erde), (Res = Herr) die richtigere. Die hellsten Sternwolken der Milchstrasse sind hier durch intensive Dunkelwolken teilweise zugedeckt. Die Milchstrasse ist in zwei Arme gespalten. Aus der dunkeln Spalte windet sich die Sternkette der Schlange, die vom Schlangenträger Ophiuchus gebändigt wird. Das Sternbild Schütze = Sagittarius liegt nahe der Stelle, die aus dem unsichtbaren Zentrum unseres galaktischen Systems die kosmische Strahlung aussendet. Steht die Sonne im Sternbild des Schützen, so wird an dieser Stelle die kosmische Strahlung noch erhöht. Die kosmische Strahlung wirkt keimtötend aber auch mutierend auf die Erbmasse. Die giftig beissenden und stechenden Tiere bewachen hier den Eingang zur Unterwelt und zum Paradies. Längs der Milchstrasse fliegt im Reiche der Vögel der Schwan = Cygnus, begleitet vom fliegenden Adler = Atair und vom fallenden Adler = Wega (Stimmlich mit dem Worte Weih verwandt). Zu den fliegenden Wesen gehören noch Delphin, der an der Grenzzone des Wasserbereiches liegt und das neuere Sternbild Pfeil.



IV. WASSERMANN: Im subtropischen Mittelmeer ist die Regenzeit im Winter. Der Wassermann giesst sein kostbares Nass auf die dürren Felder. Folgende Sternbilder mit Wassertieren beleben diese Himmelsgegend: Die beiden Fische, der südliche Fisch mit dem hellen Stern erster Grösse: Fum-al-hut = Mund des Fisches (fälschlich als Fomalhaut überliefert). Der Walfisch = Cetus. Der Ziegenfisch (heute Steinbock = Capricornus) und Delphin liegen an der Grenze des himmlischen Wasserreiches. Im Norden ist dieses durch Andromeda, die an der Küste an einen Felsen geschmiedet wurde, abgegrenzt. Der Fels, das grosse Quadrat, das den Rumpf

des Pegasus bildet, war in der Vorzeit das Haupt der Medusa, das von Perseus abgeschlagen wurde und heute im Stern Algol vorgestellt wird. Der Wasserbereich und die Gegend der Herdentiere wird durch die Andromeda-Sage gegenseitig in Beziehung gesetzt. Der Held Perseus = Rinderherr wird auch zum Beherrscher des Meeres. Der Pegasus = Pe-Gasus ist eigentlich ein «Wolkenvieh», das nach einer Vulkaneruption aus der abgeschlagenen Vulkan-Kegelspitze mit Feuer und Rauch hervorbricht und dann die Flügel des Wolkenschirmes ausbreitet. Aus dem Wolkenschirm brechen einerseits die Blitze des Zeus und anderseits die Wassergüsse des Wassermanns hervor. Die männliche Figur, die die Amphoren trägt, wurde erst später, ähnlich wie die Jungfrau zum Sternbild der Aehre (Spica), hinzugefügt.

Zusammenfassend können wir folgende Ergebnisse festhalten: Die Jahreszeiten Sommer und Winter sind durch die Polaritäten heiss-trocken und nass-kalt charakterisiert. Die vermittelnden Zwischenjahreszeiten sind Frühling und Herbst, mit dem Klimagegensatz warm-feucht und kalt-trocken. Die gleiche Qualitätenpolarität finden wir bei den vier alten Elementen: Feuer-Wasser, Erde-Luft. Im Tierreich ist die analoge Polarität gegeben durch: Raubtiere (Löwe) – Wassertiere (Fisch), Herdentiere (Stier) – Lufttiere (Vögel) und Insekten (Adler und Skorpion). Die Viertelung des Tierkreises tritt am Sternenhimmel durch die vier Sterne erster Grösse: Regulus (α Leonis) – Fumalchut (α Piscis austr.) und Aldebaran (α Tauri) – Antares (α Skorpii) deutlich in Erscheinung.

Die Auswahl der Tiernamen ist somit einer überlegten Systematik entnommen. Die Zuordnung zu den einzelnen Sterngruppen ist nach ihrer Lage zum jahreszeitlichen Sonnenlauf gegeben.

LES ETOILES VARIABLES (suite[1])

par G. FREIBURGHAUS, assistant à l'Observatoire de Genève

5.6. *Variation du rayon*

Le rayon d'une céphéide varie. Ce phénomène est mis en évidence par la mesure de la vitesse radiale de l'étoile, mesure qui est faite en utilisant l'effet Doppler-Fizeau : le spectre d'une source lumineuse se rapprochant d'un observateur voit ses raies se décaler du côté du bleu, alors qu'un éloignement se traduit par un décalage vers le rouge.

On peut donc mesurer la vitesse radiale d'une étoile, c'est-à-dire la vitesse avec laquelle cette étoile s'éloigne ou se rapproche de nous. Dans le cas d'une céphéide, on constate que cette vitesse est variable ou, plus exactement, qu'elle oscille autour d'une valeur moyenne et ceci très régulièrement. On en déduit que la vitesse moyenne est la vitesse réelle d'approche ou d'éloignement de la céphéide et que la variation de cette vitesse est causée par le changement de rayon de l'étoile. Une céphéide est une étoile pulsante qui se gonfle puis se dégonfle et, suivant que le rayon augmente ou diminue, une vitesse d'approche ou d'éloignement vient s'ajouter à la vitesse radiale moyenne.

Or, comme la figure 12 va nous le montrer, la variation du rayon n'est pas en phase avec la courbe de lumière. C'est ce qui permet d'affirmer que la variation de rayon n'est pas la cause principale de la variation de lumière.

Instant 1 — Le rayon est maximum, nous sommes à mi-chemin de la branche descendante de la courbe de lumière ainsi que de la courbe de couleur. La vitesse radiale est à sa valeur moyenne, c'est-à-dire que le rayon est stationnaire, la courbe de variation de rayon a un maximum.

Entre les instants 1 et 2, la vitesse radiale devient plus grande que sa valeur moyenne, ce qui indique que l'étoile s'éloigne de nous plus rapidement. En réalité c'est sa surface qui s'éloigne et non son centre par suite de la diminution de son rayon.

---

[1]) Voir « Orion » N° 65, page 636 ; N° 66, page 691; N° 67, page 689.

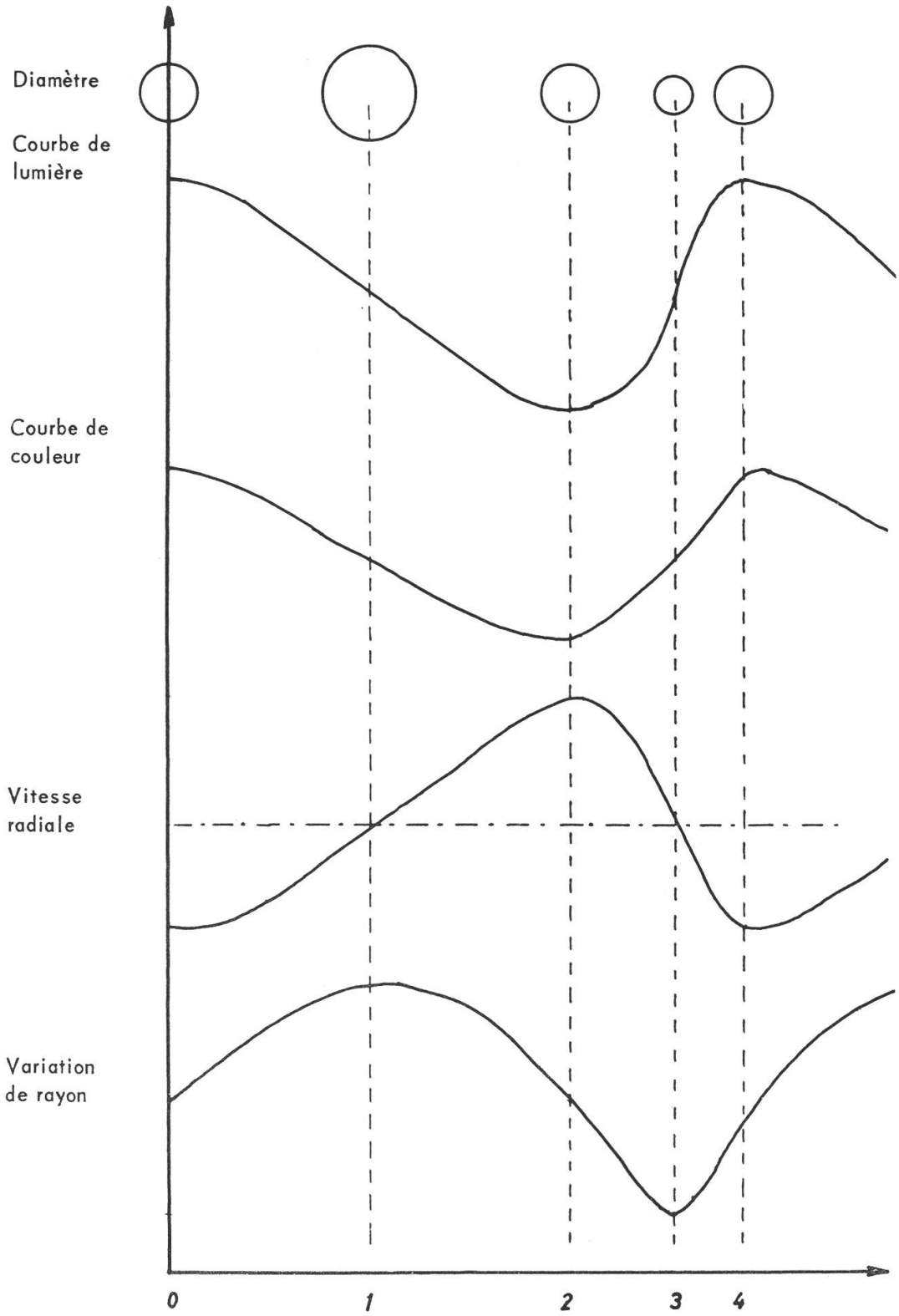


Figure 12 - Explication de la variation lumineuse des céphéides.

Instant 2 – Le rayon a sa valeur moyenne et l'étoile son minimum d'éclat. C'est à cet endroit que le rayon diminue le plus vite, la courbe de la vitesse radiale ayant un maximum. Le type spectral est le plus avancé, la température étant la moins chaude et la couleur la plus rouge.

Instant 3 – Le rayon a sa valeur minimum et nous sommes à mi-chemin de la branche montante de la courbe de lumière. La vitesse radiale passe à nouveau par sa valeur moyenne, c'est-à-dire que le rayon est à nouveau stationnaire, mais cette fois au minimum.

Entre les instants 3 et 4, la vitesse radiale passe en-dessous de sa valeur moyenne ce qui indique que la surface de l'étoile se rapproche de nous, donc que le rayon de la céphéide croît.

Instant 4 – Le rayon a sa valeur moyenne et la vitesse radiale passe par un minimum ce qui indique que c'est à ce moment que le rayon croît le plus vite. Nous sommes au maximum d'éclat et le type spectral est le moins avancé, la température de l'étoile étant la plus élevée et la couleur la plus bleue.

Puis nous retrouvons notre point de départ, l'instant 4 étant équivalent à l'instant 0.

Il ressort de l'examen de ces courbes que la variation de rayon ne joue qu'un rôle insignifiant dans la variation d'éclat des céphéides car c'est au moment où le rayon augmente le plus rapidement que l'éclat se met à décroitre, et c'est quand le rayon diminue le plus rapidement que l'éclat commence à croître.

Au contraire, la courbe de couleur, c'est-à-dire de température, varie en accord avec la courbe de lumière ce qui confirme ce qui avait été dit lors de l'étude de la variation de la température (5.4).

5.7. *Dimension d'une céphéide.*

L'étude des vitesses radiales permet de calculer la variation absolue du rayon. En appliquant ceci à δ Céphée, une des plus proche et la céphéide la plus lumineuse de tout le ciel, on a trouvé $3{,}5 \cdot 10^6$ km (3 500 000) de différence entre le rayon maximum et le rayon minimum. Cette différence est stupéfiante si on la compare au rayon du Soleil qui est de $7 \cdot 10^5$ km (700 000) environ. Elle vaut donc cinq fois le rayon du Soleil.

Il est étonnant qu'une telle variation de rayon n'influence que très peu la courbe de lumière. La seule explication possible qui vient à l'esprit est que cet écart, si considérable comparé au rayon du Soleil, est insignifiant à côté du rayon même de l'étoile.

C'est effectivement le cas, le rayon moyen de δ Céphée valant $25 \cdot 10^6$ km environ on voit que la variation de rayon n'est que de 14 % environ.

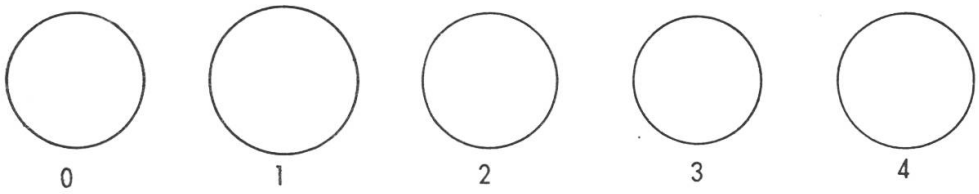


Figure 13

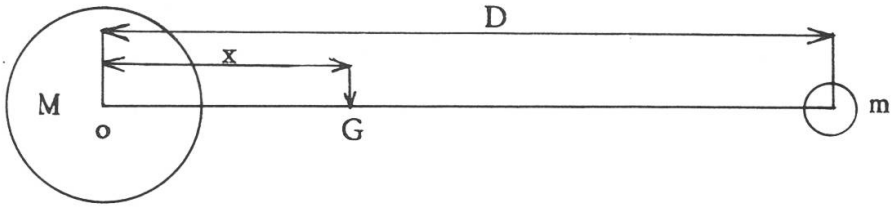
La figure 13 montre la variation proportionnelle de diamètre. Ce sont les cercles qui auraient dû être tracés en haut de la figure 12. Les différences de diamètre de cette dernière ont donc été fortement exagérées. Les céphéides sont donc des supergéantes.

(à suivre)

POSITION DU CENTRE DE GRAVITE DU SYSTEME TERRE – LUNE

En prenant pour unité la masse de la Lune et en admettant que le rapport des masses de la Terre et de la Lune vaut 81, on peut très facilement calculer la position du centre de gravité G.

Plaçons l'origine au centre de la Terre et soient x l' abscisse de G et D la distance Terre-Lune que nous prendrons égale à 384 000 km.



D'après la formule des leviers : $M \cdot x = m \cdot (D - x)$, on tire x

$$x = \frac{m \cdot D}{M + m} = \frac{1 \cdot 384\,000}{81 + 1} = 4700 \text{ km}$$

Le rayon de la Terre valant 6 400 km, on constate que le centre de gravité se trouve à l'intérieur de celle-ci, à 1700 km sous sa surface.

ZUR BEOBACHTUNG DER TOTALEN SONNENFINSTERNIS VOM 2. OKTOBER 1959 AUF DEN KANARISCHEN INSELN

Nach Redaktionsschluss der letzten Nummer sind von Mitgliedern im In- und Ausland noch Beiträge und Bilder eingegangen, die wir unseren Lesern nicht vorenthalten möchten, da sie die früheren Aufsätze sehr wertvoll ergänzen. Wir haben daher dem folgenden Bericht von Herrn Dr. W. Malsch, Karlsruhe, eine Korona-Zeichnung von Herrn E. Helenius, Stocksund, Schweden, und ein Bild der Totalität von Herrn P. Strinati, Genf, eingegliedert.

Die Redaktion

Von Genf bis Teneriffa und von da bis nach Gran Canaria, zusammen mit den Freunden aus der Schweiz reisend, schloss ich mich in Las Palmas der Gruppe «Vereinigung der Sternfreunde» an, bei welchen Bekannte waren, mit denen ich schon 1954 die Finsternis in Galtö (Südschweden) erlebt hatte.

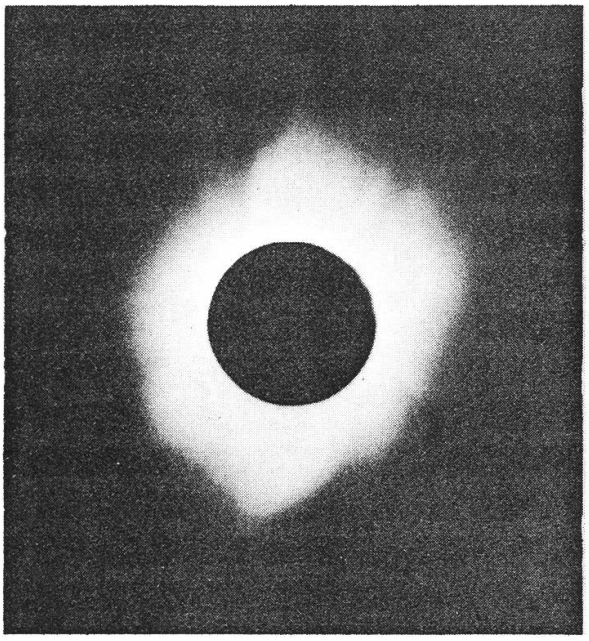


Abbildung 1 - Totale Sonnenfinsternis vom 2. Oktober 1959. Aufnahme von P. Strinati, Genf, in Las Palmas, um $11^h 45^m$ WZ. Hasselblad-Kamera, Objektiv Dallmeyer 508 mm. Film: Kodak Panatomic -X, Belichtung $^1/_5$ Sek., Blende 5.6.

Unser Beobachtungsstand war oberhalb der Stadt bei der «Batteria Guanarteme», von wo ein herrlicher Blick auf die Stadt, das Meer, die Isletta und im Westen bis zum Pico de Teide auf Teneriffa war. Am

Morgen des 2. Oktober war der Himmel stark bewölkt, aber wir vertrauten unserem Wetterglück, das uns auch in Galtö bei ähnlicher Lage nicht im Stich gelassen hatte. Der erste Kontakt, die Berührung des Mondrandes mit dem Sonnenrand, war hinter den Wolken verborgen, dann war die mehr und mehr abnehmende Sonne zeitweilig in Wolkenlücken sichtbar. Und kurz vor Beginn der Totalität segelte, wie in Schweden, ein grosses Wolkenloch auf die Sonne zu! Etwa eine Minute vor dem zweiten Kontakt (Beginn der Totalität), waren auf dem gelbgrauen Sand deutlich die «Fliegenden Schatten» wahrzunehmen, die wir seinerzeit in Schweden nicht gesehen hatten: In Richtung des Windes, also von Südost nach Nordwest, zogen mit einer Geschwindigkeit von über 1 m/sek. etwa 20 cm breite, sich von Nordost nach Südwest erstreckende Schattenstreifen über den Boden, wie ein Heer von Ameisen, getrennt durch etwa 40 cm breite helle Streifen. Hervorgerufen wird die (Interferenz-) Erscheinung durch die schmale Lichtquelle der Sonnensichel und die Luftunruhe (Schlieren). Dann der Moment des Perlschnurphäno-

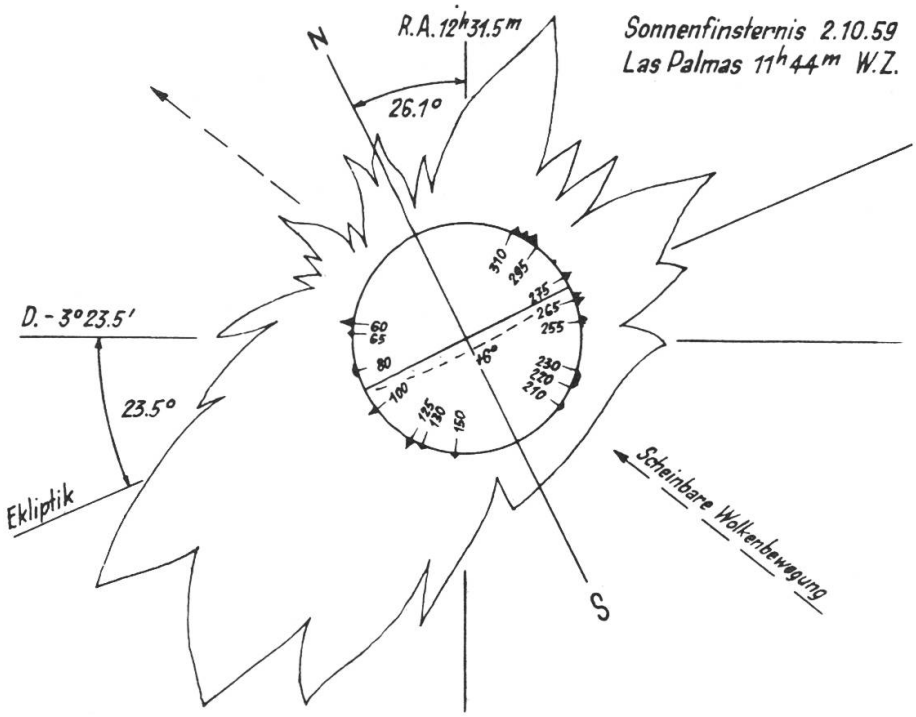


Abbildung 2 - Umrisse und Lage der Korona ermittelt aus eigenen photographischen Aufnahmen von E. Helenius, Stocksund (Schweden). Die Darstellung zeigt auch die sichtbar gewesenen Protuberanzen mit Angabe der approximativen Positionswinkel. Die nicht eingezeichnete Sonnenachse fällt ungefähr mit den gestrichelten Pfeilen zusammen, die mit «Scheinbare Wolkenbewegung» bezeichnet sind. Das verwendete Instrument ist in «Orion» N° 67, Seite 743, abgebildet.

mens, wobei sich schon die Korona zu entfalten beginnt. In den 2¼ Minuten der Totalität ist es fast dauernd ganz klar und ich mache mehrere Farbaufnahmen, sowohl der Sonne als auch der verfinsterten Landschaft. Die Korona ist diesmal viel vielstrahliger und gewissermassen «rechteckig» gegenüber den nur in Aequatorrichtung vorhandenen Strahlen im Fleckenminimum 1954. In der Stadt unter uns läuten Glocken, die Menschen schreien und jubeln, Lichter gehen an, Schiffe tuten im Hafen. Dann wieder das Perlschnurphänomen, die Korona sinkt ins Nichts zurück und nochmals «umkrabbeln» uns die fliegenden Schatten. Gleich darauf kommen wieder Wolken, wir hatten also ausserordentliches Wetterglück. «Unser» Wolkenloch kam leider für die Schweizer auf der Isletta etwas zu spät.

Die Rückfahrt erfolgte wieder mit Dampfer, ab Marseille mit der Bahn, zusammen mit Schweizer Kollegen.

Dr. W. Malsch, Karlsruhe/ Baden.

L'ECLIPSE DU 2 OCTOBRE 1959 (SUITE)

Aux articles parus dans le précédent numéro, nous ajoutons les trois photographies ci-dessous prises par Monsieur Béroud :

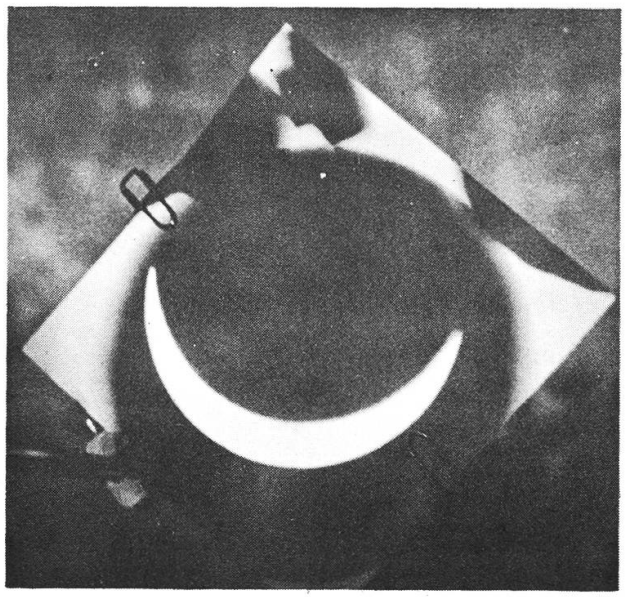


Figure 1 - Phase partielle en projection.

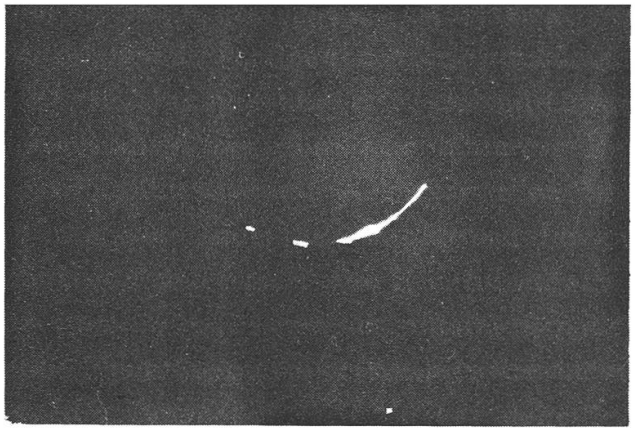


Figure 2 - Phase partielle avec grains de Baily.

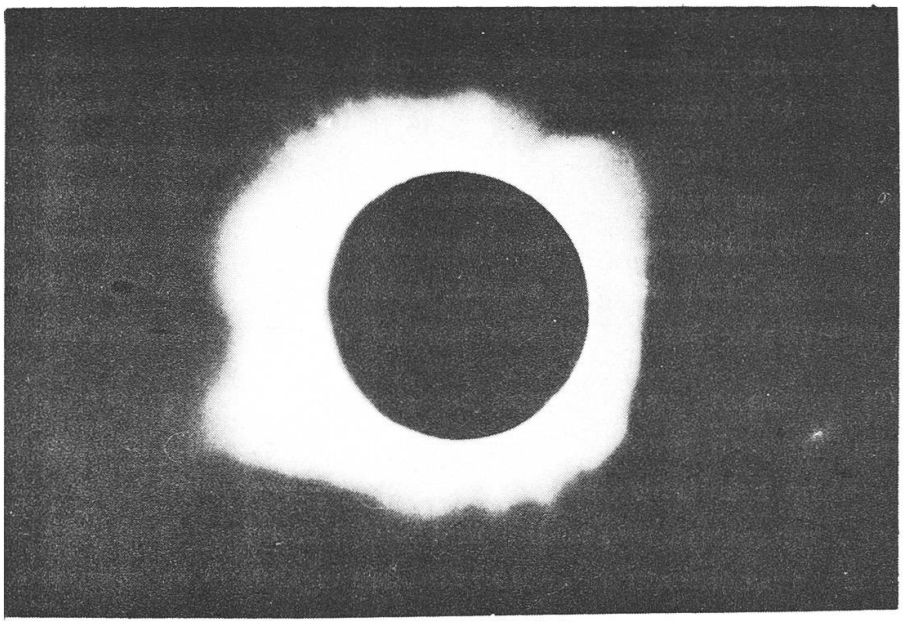


Figure 3 - Totalité.

HELLE FEUERKUGELN VOM 21. FEBRUAR 1960

Aus den vielen Meldungen über helle Meteore aus der Nord-, Ost- und Zentralschweiz, die auf der Meteorologischen Zentralanstalt und der Eidg. Sternwarte Zürich eingingen und die mir zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt wurden, ergab sich folgendes:

Die Beobachtungszeiten gruppieren sich um $19^h 35^m - 19^h 45^m$ MEZ, $19^h 53^m - 19^h 55^m$ MEZ und um $20^h 09^m$ MEZ. Die am besten belegte, nur wenige Sekunden dauernde Meteorerscheinung erfolgte um $19^h 54^m$. Aus astronomischen Positionsangaben von Prof. E. Kuhn in Trogen, und einem Korrespondenten der Neuen Zürcher Zeitung in Zürich, lässt sich eine Raumbahn konstruieren, deren Projektion auf die Erde etwa auf einer Linie: Pforzheim, Immenstaad (Bodensee), Staad bei Rorschach, Bludenz-Montafon verläuft. Bei Annahme einer geradlinigen Bahn von 43° Neigung würde der Durchstosspunkt mit der Erdoberfläche 10 km östlich von Feldkirch liegen. Die Feuerkugel hat den Rhein bei Diepoldsau auf ca. 15 km Höhe überquert. Nach Beobachtungen von Chur, Sagogne (Valendas) und Lenzerheide lag die Leuchtkugel immer noch auf 11 km Höhe über Bludenz und bewegte sich nahezu horizontal, eventuell leicht aufwärts bis zum Stilfserjoch. Die Bahn muss sich demnach in ihrem letzten Stück durch starken thermischen Auftrieb der auf mehrere Tausend Grad erhitzten Gaskugel verflacht haben. Da alle Beobachter ausdrücklich bemerken, dass sie kein Zersprühen feststellen konnten, müssen wir ein vollständiges Verdampfen und Verglühen der Meteoritenmaterie annehmen. Der wenig genaue Punkt des ersten Aufleuchtens dürfte sich auf 150 km Höhe in der Nähe von Pforzheim befunden haben. Das Meteor kreuzte auf 55 km bis 30 km Höhe den Bodensee und ist dann in eine sehr flache Bahn übergegangen.

Die Schätzungen der Dauer der Erscheinung streuen zwischen 3 und 10 Sekunden. Die Bahnlänge bis zum Bodensee, von ca. 240 km, wurde in ca. 4 Sekunden durchlaufen, was eine Geschwindigkeit von 60 km/sec ergibt. Die restlichen 90 km wurden in ca. 3 Sekunden zurückgelegt, was nur noch eine Geschwindigkeit von 30 km/sec (Grössenordnung einer hyperbolischen Geschwindigkeit eines Erdsatelliten) ergibt.

Es wurde von Prof. Kuhn eine Minute nach der Leuchterscheinung ein Donnerrollen gehört. Die Schalldistanz von 20 km ist in guter Uebereinstimmung mit der kürzesten räumlichen Entfernung von der Meteorbahn. Die hohe Anfangsgeschwindigkeit spricht sehr für einen kosmischen Ursprung der Feuerkugel. – Möglicherweise hat die Leuchtkugel ihre Bahn über Italien fortgesetzt. Es liegen aber keine Meldungen vor.

Ein anderes, sehr helles Meteor, über das Lehrer Peter in Glattfelden Mitteilung machte, fällt zeitlich nahe mit einer auf dem Flughafenturm in Kloten um $20^h 09^m$ gemachten Beobachtung zusammen. Bei Annahme, dass es sich um das gleiche Objekt gehandelt haben könnte, ergibt die Konstruktion eine Bahn, deren Aufleuchtungspunkt auf 50 km Höhe über Bargen (Nordgrenze der Schweiz) und deren Endpunkt auf ca. 1 km über Buchberg (Schaffhausen) lag. Die Bahn verlief nahezu Nord-Süd mit einem Neigungswinkel von ca. 65°. Es wurden keine Geräusche gehört. Der sehr niedere Endpunkt lässt diese Deutung doch etwas fraglich erscheinen. Beobachter, die diese Meteore auch gesehen haben, werden gebeten, dies dem Unterzeichneten mitzuteilen.

Dr. W. Brunner-Hagger, Speerstrasse 2, Kloten (Zürich).

Herr Martin Bundi, Sekundarlehrer, Felsberg (GR), schreibt uns wie folgt zur zweiten Meteorbeobachtung:

«Am 21. Februar 1960, ca. 5 Minuten vor 20 Uhr, wurde ich auf dem Wege zwischen Sagogn und Valendas-Station, durch eine plötzlich einsetzende Helligkeit aufgeschreckt, welche die Schlucht des Vorderrheins, wie mit Scheinwerferlicht, taghell erleuchtete. Ich sah ein Meteor von grünem Licht, das sich von Nordwesten gegen Südosten hin bewegte, einen kurzen, etwas zackigen Schweif nach sich ziehend und das etwa 7 Sekunden zu sehen war. Ob die Erscheinung mit einem Geräusch verbunden war, kann ich nicht sagen, da in der Nähe ein Bach rauschte. Ich mache Ihnen diese Mitteilung, da Sie im Jahrbuch «Der Sternenhimmel» um Bekanntgabe von besonderen Himmelserscheinungen bitten.»

Die Redaktion

ASTRONOMIE IM DIENSTE DER SEISMOLOGIE

Im Moment des Erdbebens vom 24. März 1960, um $0^h 09^m$ MEZ, wurde mit der neuen Schmidt-Kamera der Sternwarte Zimmerwald eben ein Feld photographiert, das nicht weit vom Zenit stand. Die Erschütterungen des Instrumentes haben deutliche, schleifenförmige Anhängsel an den Bildern aller helleren Sterne erzeugt. Aus ihnen ist abzulesen, dass die fast vertikal gerichtete Kamera und natürlich der ganze, sieben Meter hohe Pfeiler, der zwei Meter tief im Moränenboden verankert ist, sich um rund eine halbe Bogenminute aus ihrer Normallage neigten,

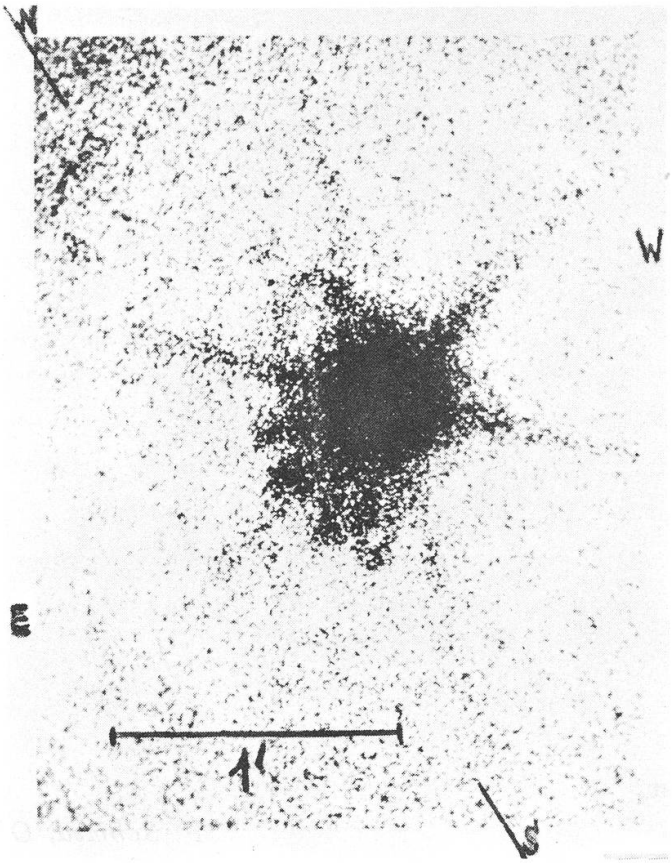


Abbildung 1 - Erdbeben vom 24. März 1960.
Schmidt-Kamera Zimmerwald. (Stern 6.5^{m} pg
$\alpha^{1950} = 11^{h}\,32^{m}\,20^{s}\,16$; $\delta^{1950} = +55^{\circ}\,3'\,42''\,0$.
Vergrösserung 100 ×; 1 mm = 2".)

und zwar einseitig vorwiegend gegen Nordwesten. Der hier reproduzierte Ausschnitt aus der halbstündigen Aufnahme gibt das Bild eines einzelnen Sterns der Helligkeit 6.5 wieder, in so starker Vergrösserung, dass das Emulsionskorn sichtbar wird. Die weite Ausdehnung des Sternbildchens und zum Teil auch die sechs regelmässigen Strahlen, die von Lichtbeugung an den drei Lamellen der Kassettenaufhängung stammen, machen es leider unmöglich, den Zusammenhang zwischen den einzelnen Schleifen zu sehen; auch ist nicht bekannt, in welcher Reihenfolge die Schleifen durchlaufen wurden. Der Beobachter blickte nämlich erst während des Ausklingens der Bewegungen zufällig ins Leitrohr, da die Nachführung, besonders in hohen Deklinationen, so gut funktioniert, dass oft minutenlang kaum eine Korrektur notwendig ist.

Paul Wild

NORDLICHTTÄTIGKEIT IM APRIL 1960

In der Nacht vom 2. auf den 3. April 1960 war schon zur Zeit, als die Mondsichel noch über dem Horizont stand, ein deutlicher Nordlichtschein sichtbar. Nach Monduntergang wurde er sehr auffällig. Er beherrschte den ganzen Nordhimmel und reichte auf halbe Zenithöhe. Die normale Nachtdunkelheit wurde etwas erhellt, wie beim Maximum des sommerlichen Nachtscheins.

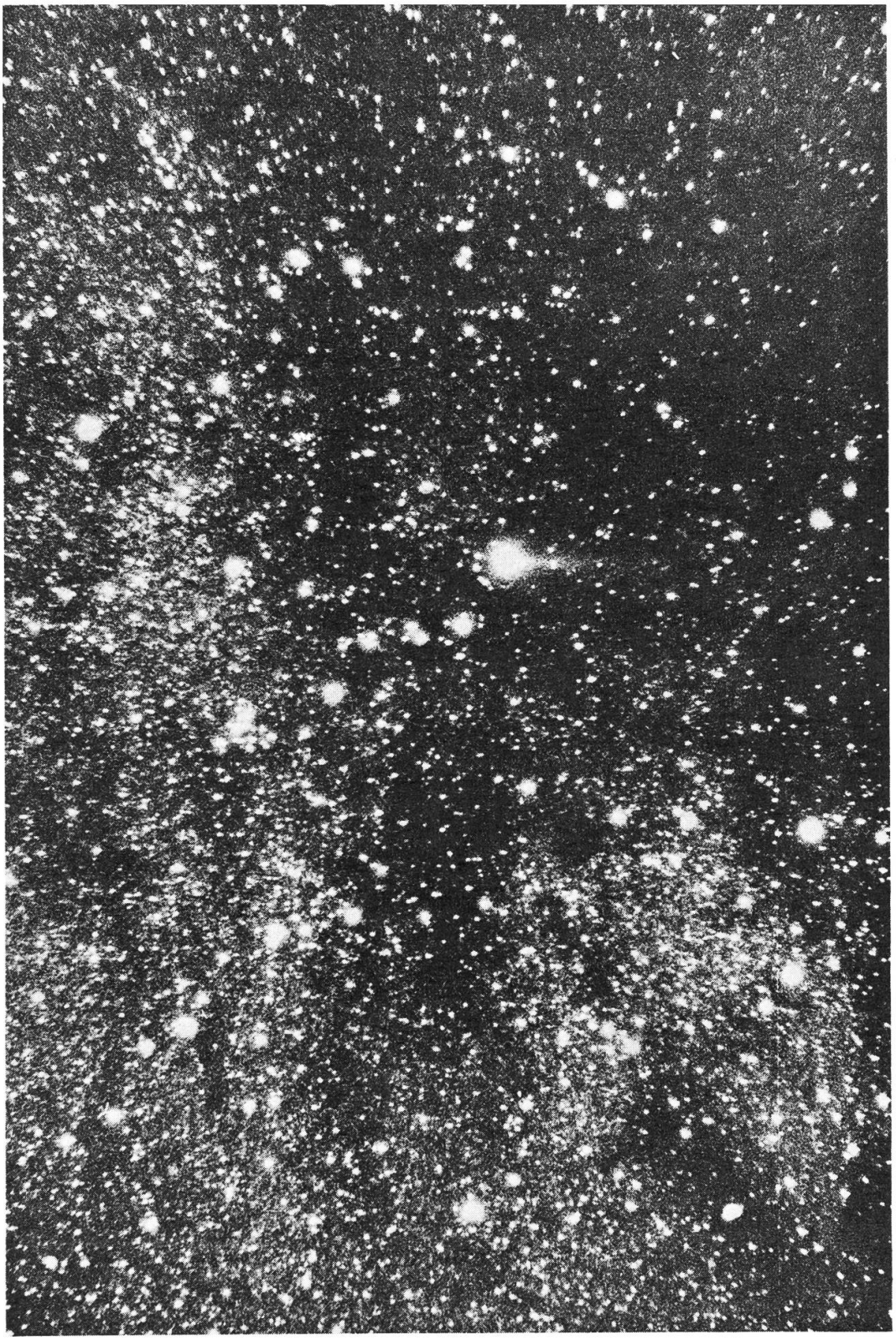
Nach Zeitungsberichten fand in den Morgenstunden des 31. März eine starke Sonneneruption statt, und eine folgende Nordlichtauslösung wurde erwartet. Von London kam die Meldung, dass am 1. April morgens eine sehr starke Störung der Kurzwellen-Radioverbindungen eintrat. Aehnliche Meldungen kamen von Moskau, Peking, Singapore und anderen Stationen. Auch die Verbindungen mit Nord- und Südamerika wurden gestört. Ein grosser Fleckenherd näherte sich anfangs April dem Westrand der Sonne. Es ist anzunehmen, dass dieser die Nordlichtauslösung unterstützt hat.

F. Schmid, Oberhelfenswil

COMÈTE BURNHAM (1959k)

Monsieur Phildius de La Tour-de-Peilz nous envoie la belle photographie ci-après de cette comète, prise le 26 avril 1960 à 3 heures du matin. Sur l'original, la queue est visible jusqu'au bord droit de l'image.

Cette comète a été découverte par Burnham à l'Observatoire Flagstaff le 30 décembre 1959, comme objet de 11ème grandeur. Elle a atteint, suivant les calculs de Marsden, son périphélie vers le 20 mars (distance au Soleil : 0,503 U.A.). Son plus grand rapprochement avec la Terre a eu lieu à la fin avril (à 0,205 U.A.), moment où elle atteignait la troisième grandeur environ.



Comète Burnham (1959 k). Objectif de projection F = 15 cm, 1 : 3, sur Praktina, pose 2 minutes sur Agfa Record (32 DIN.).

Zur Beobachtung extrem südlicher Sterne in der Schweiz

Seit längerer Zeit beobachte ich Sterne, die in unserer Gegend nahe dem Südhorizont stehen.

Der Sternfreund verfolgt solche Gestirne bei klarem Wetter mühelos bis etwa 7—5° Horizontnähe. In dieser Höhe kulminieren in Zürich von den hellern Sternen die folgenden:

λ Scorpii	1.7^m	ν Scorpii	2.8^m	η Sagittarii	3.1^m
δ Centauri	2.3^m	ι Centauri	2.9^m	γ Gruis	3.1^m
π Puppis	2.7^m	β Columbae	3.1^m	μ_1 Scorpii	3.2^m

Bei einigermassen klarem Himmel werden diese neun in der Kulmination vom blossen Auge nicht übersehen. Sie zählen deshalb zu den bekannten Objekten eines Beobachters in der Schweiz.

Nun sind mit zunehmender Schwierigkeit etwa fünf weitere Sterne zu sehen, die weniger als 5° über den Südhorizont steigen:

K'höhe	Stern	Helligkeit	Spektrum
3½°	χ Scorpii	2.5^m	B
2½°	ζ Puppis	2.3^m	O
2½°	ι_1 Scorpii	3.1^m	F
2°	δ Eridani	3.1^m	A
1½°	γ Lupi	3.0^m	B

Die ersten beiden habe ich in Zürich mehrmals von blossem Auge gesichtet, die übrigen drei nur im Feldstecher.

Es ist bei solchen Beobachtungen wichtig, die Spektralklassen der Sterne zu beachten; denn bei dieser Horizontnähe erfährt das Licht blauer Sterne eine stärkere Extinktion als dasjenige roter Sterne. — Im weiteren ist es bemerkenswert, dass diese horizontnahen Sterne relativ lange sichtbar sind; so ergibt sich für Zeta Puppis ein Tagbogen von etwa drei Stunden, d. h. der Stern kann praktisch eine Stunde lang verfolgt werden.

Uebertragen wir zum Schluss diese Beobachtungsergebnisse auf einen andern, weit interessanteren Fall: Es ergibt sich, dass der zweithellste Stern (Canopus = α Carinae, -0.9^m) in Europa sichtbar ist, nämlich in Südspanien in einer Kulminationshöhe von 1 bis 1½°.

Die klare Sicht am Horizont ist stark wetterabhängig. Am günstigsten erweist sich eine kurze Aufhellung bei unbeständigem Westwindwetter, d. h. gerade bei schlechten Bedingungen für Beobachtungen am Fernrohr. Beständige antizyklonale Witterung bringt meist in Horizontnähe zu starken Dunst mit sich, ausgenommen im Hochsommer.

K. Locher, Zürich

Aus der Forschung

Provisorische Sonnenflecken-Relativzahlen Januar-März 1960

(Eidg. Sternwarte, Zürich)

Tag	Jan.	Feb.	März	Tag	Jan.	Feb.	März
1.	136	173	52	17.	117	73	86
2.	110	**191**	57	18.	89	60	85
3.	133	184	71	19.	80	50	102
4.	156	152	76	20.	94	49	97
5.	158	142	74	21.	103	46	115
6.	174	145	79	22.	134	50	128
7.	167	123	108	23.	138	56	145
8.	153	116	111	24.	130	74	123
9.	150	143	109	25.	152	80	128
10.	127	143	109	26.	**209**	82	133
11.	143	115	82	27.	186	89	146
12.	108	116	68	28.	159	82	139
13.	108	97	85	29.	193	78	**154**
14.	118	114	76	30.	178		142
15.	112	94	84	31.	178		138
16.	119	84	106				

Monatsmittel: Januar = 139.1; Februar = 103.5; März = 103.5

M. Waldmeier

Definitive Sonnenflecken-Relativzahlen Monatsmittel 1959

Jan.	217.4	Mai	172.0	Sept.	145.2
Feb.	143.1	Juni	168.7	Okt.	111.4
März	185.7	Juli	149.6	Nov.	124.0
April	163.3	Aug.	199.6	Dez.	125.0

Jahresmittel = 159.0

M. Waldmeier

Sternketten

Schon vor einiger Zeit haben russische Astronomen darauf hingewiesen, dass an verschiedenen Stellen des Himmels, besonders in der Nachbarschaft diffuser Nebel, Sterne vorhanden sind, die wie in «Ketten» aneinander gereiht erscheinen. Mit Hilfe des 70 cm-Teleskops des Observatoriums Abastumani wurden in der Gegend nordöstlich des Nordamerika-Nebels (NGC 7000) Untersuchungen an über 250 Sternen angestellt. In mindestens drei Fällen konnte einwandfrei nachgewiesen werden, dass zwischen solchen «Kettensternen» ein physischer Zusammenhang besteht.

(«Coelum», Bologna 1959 — 11/12) R. A. Naef

Nova Herculis 1960

Olaf Hassel (Oslo, Norwegen) hat am 7. März 1960 einen neuen Stern entdeckt. Die Helligkeit betrug 5^m. Seine Position ist

für 1855.0 Rekt.$_{1855.0}$ = 18^h51^m Dekl.$_{1855.0}$ = $+13^0 0'$,
für 1950.0 Rekt.$_{1950.0}$ = $18^h55{,}4^m$ Dekl.$_{1950.0}$ = $+13^0 7'$.

Herr A. Hunkemöller, Arbon, und der Unterzeichnete haben die Nova mehrfach beobachtet. Ihre Helligkeit nahm zuerst ziemlich rasch ab, blieb dann bei 6^m einige Zeit konstant.

Der neue Stern ist im Fernrohr leicht erkennbar durch seine etwas eigenartige, violettrote Färbung. Diese hat ihre Ursache in einem merkwürdigen Spektrum. Im Okularspektroskop sehen wir einen intensiv rotleuchtenden Punkt, erzeugt durch eine ausserordentlich intensive Hα-Emission. Die gelbe Farbe fehlt, im Grünen und Blauen zeigen sich auf schwachem kontinuierlichem Grund weitere Emissionen von nach violett steigender Intensität. Nach einem weiteren Unterbruch setzt sich das Spektrum im Violetten mit geringer Helligkeit fort. Das unverbreiterte fadenförmige Spektrum — erzeugt durch ein Okularspektroskop ohne Zylinderlinse — präsentiert sich wie ein kräftiges Ausrufzeichen.

Aus dem Spektrum ist gefolgert worden, dass die Nova in einem relativ späten Zeitpunkt entdeckt worden ist. Ihre grösste Helligkeit muss sie vorher gehabt haben; sie mag 2^m oder 3^m betragen haben. In der Tat ist die Nova Herculis 1960 von S. Kaho, Mitaka-Tokyo (Japan) auf Ueberwachungsplatten aufgefunden worden. Ihre Helligkeit war am 24. Febr. $< 10^m$, am 27. Febr. $<10^m$, am 4. März 3.0^m, am 5. März 3.5^m, am 7. März 4.4^m. Der Ausbruch der Nova dürfte also um den 1. März herum stattgefunden haben.

E. Leutenegger

Die Entfernung Erde—Mond

Radarbeobachtungen, die am Naval Research Observatory in Washington ausgeführt wurden, ergaben eine mittlere Monddistanz von 384394.47 km mit einem möglichen maximalen Fehler von 1.2 km. Die gemessene Entfernung ist um 8.8 km kleiner als der durch trigonometrische Methoden erhaltene Wert.

Bei den Messungen zeigten sich aber merkwürdigerweise monatliche periodische Schwankungen, deren Studium und Abklärung weitere längere Beobachtungsserien erheischen.

(Sky and Tel., Vol. XIX, Nov. 1959) E. Leutenegger

Ueber das Umkopieren von astronomischen Negativen

Von G. KLAUS, Grenchen

Jeder Amateur, der sich mit der Astrophotographie beschäftigt, hat schon festgestellt, dass selbst mit relativ kleinen Apparaten ein ungeheurer Reichtum an Objekten auf die Platte gebannt werden kann.

Abb. 1
Die Milchstrasse im Schützen. Unter der Mitte des Bildes Gasnebel mit Sternhaufe M 8. Direkte Kopie auf extrahartem Papier (keine Umkopierung). Busch-Glankar, f = 15 cm, 1 : 3,1, Belichtungszeit 30 Min.

Tausende von Sternen der verschiedensten Helligkeit, ein unübersehbares Meer von hellen und dunklen Wolken zeigen sich dem aufmerksamen Auge auf einem Negativ aus dem Gebiet der Milchstrasse.

Für die Auswertung einer Aufnahme genügt denn auch in vielen Fällen die direkte Betrachtung des erhaltenen Negativs. Oft möchte

man aber eine positive Kopie, sei es auf Papier, sei es auf Dia-Material, herstellen, um eine bessere Anschaulichkeit der Aufnahme zu erhalten. Bei flächenhaften Objekten ist es aber leider meist so, dass selbst auf extrahartem Kopiermaterial noch keine befriedigenden Kontraste herauszubringen sind. Viele Versuche mit chemischer Verstärkung, Hypersensibilisierung usw. haben uns zur Ueberzeugung gebracht, dass auf diesem Wege kein genügendes Resultat zu erzielen ist, ganz abgesehen von der Gefahr, der man dabei das Negativ aussetzt.

Abb. 2
Die Milchstrasse im Schützen
Gleiche Aufnahme wie Abb. 1, jedoch einmal umkopiert.

Ein erster Hinweis, dass man auf einem andern Weg weiter kommt, stammt aus der unlängst erschienenen Schrift von J. Texereau und G. de Vaucouleurs «Astrophotographie d'amateur» (Edition de la revue d'optique — Paris, 1954), wo gezeigt wird, dass man auf dem Umweg über ein Diapositiv und ein Duplikatnegativ zu einer enormen Verstärkung der Kontraste gelangen kann. Auf eine Anfrage hin hat ferner Herr J. Lienhard in Innertkirchen, der dieses Verfahren seit längerer Zeit praktiziert, in freundlicher Weise wie folgt geantwortet:

«Als Umkopieren wird in der Regel das Uebertragen des Originalnegativs auf eine bedeutend härtere Emulsion bezeichnet, da die Originalnegative für manche Zwecke zu weich sind.

Als Aufnahme-Material für die Schmidt-Kamera verwendet man z. B. Planfilme Kodak Ortho-X, Super Panchro-Press und andere, mit einer Empfindlichkeit um ca. 18/10 DIN (Kontrastverhältnis der Emulsion: Gamma ca. 1,6).

Als bedeutend härteres Umkopier-Material verwendet man z. B. Planfilme Kodak Contrast Process Ortho (Kontrastverhältnis der Emulsion: Gamma ca. 4,5—5,0).

Die Härte des erlangten Negativs ist weitgehend vom Entwickler abhängig. Während man für die Originalaufnahme z. B. einen Entwickler verwendet, in dem das Methol zum Hydrochinon 1 : 1 oder 1 : 2 steht, verwendet man für die harten Emulsionen ein Verhältnis 1 : 8 bis 1 : 10, oder man gebraucht z. B. Aetznatron-Entwickler. Ich setze die Entwickler immer selber an und verwende zum Umkopieren in der Regel den Entwickler nach Kodak-Rezept D 11 mit

Wasser	1 l
Methol	1.0 g
Natr. Sulfit sicc.	75.0 g
Hydrochinon	9.0 g
Natr. Carbonat	25.0 g
Bromkali	5.0 g

Das Umkopieren muss natürlich geübt sein, sonst gibt es kein maximales Ergebnis.»

Im Einzelnen vollzieht sich also der Vorgang so, dass man entweder mit dem Vergrösserungsapparat oder im Kontakträhmchen eine Diapositiv-Kopie auf der erwähnten harten Emulsion herstellt, von der man dann auf die gleiche Weise und auf dasselbe Material wieder ein Negativ kopiert. Die «Uebung» besteht vor allem darin, dass man hiebei die notwendigen Belichtungszeiten sehr exakt bestimmt. Insbesondere dürfen die dunkelsten Stellen auf dem Diapositiv nicht schwarz, sondern nur dunkelgrau werden. Die Kontraststeigerung wird erst auf dem Duplikatnegativ deutlich. Der ganze Arbeitsgang erfordert peinliche Sauberkeit, da sich Staub und andere Fehler, sowie natürlich auch das Korn, mitverstärken.

Die beiden Abbildungen geben einen Begriff davon, was so erreicht werden kann. Es handelt sich um eine Aufnahme der Milchstrasse im Schützen, die mit einem Busch-Glankar-Objektiv (Triplet) von 4,8 cm Oeffnung und 15 cm Brennweite (1 : 3,1) bei einer halbstündigen Belichtung gewonnen wurde. Abbildung 1 zeigt eine Vergrösserung des Originalnegativs, Abbildung 2 eine solche des Duplikatnegativs, beide auf extrahartes Papier kopiert.

Beobachter-Ecke

Besondere Himmelserscheinungen im Juli - September 1960

Die beiden hellen Planeten *Jupiter und Saturn* rücken einander allmählich näher und sind jetzt auch am Abendhimmel zu beobachten. Nachdem Jupiter am 20. Juni in Opposition zur Sonne stand, gelangt Saturn am 7. Juli in die gleiche Stellung. Abgesehen von ihrer tiefen Lage im Tierkreisgürtel, sind jetzt beide Planeten die ganze Nacht günstig zu beobachten. Viele besondere Trabantenerscheinungen! – Im gleichen Himmelsareal bewegt sich der *Planetoid Vesta,* der am 2. Juli bei einer Helligkeit von 6^m (Feldstecher!) in Gegenüberstellung zur Sonne gelangt. – *Mars* steigt anfangs Juli gegen 2 Uhr im ONO empor, Ende September ist er schon ab 23 Uhr zu beobachten. Sein scheinbarer Durchmesser nimmt in dieser Zeit allerdings nur von 6.0'' auf 9.0'' zu, seine Helligkeit von $+ 1.0^m$ auf $+ 0.3^m$. Ende Dezember gelangt er in Opposition zur Sonne. – *Venus* taucht erst gegen Ende August am Abendhimmel auf. – *Merkur* lässt sich in der ersten August-Dekade morgens auffinden. – Am 19. Juli bedeckt der Mond am Tag den Stern 1. Grösse Aldebaran im Stier. – In der Zeit vom 9.-13. August versäume man nicht nach den Perseiden-Sternschnuppen Ausschau zu halten. – Alle Einzelheiten und Kärtchen im Jahrbuch «Der Sternenhimmel 1960».

Astro-Fragen-Ecke

Frage 6:

Wie entstehen Nordlichter?

Antwort:

Nordlichter entstehen in den höchsten Schichten der Atmosphäre, in etwa 100 bis 1000 Kilometern Höhe. Bei Eruptionen auf der Sonnenoberfläche können geladene Elementarteilchen, die dabei von der Sonne ausgeschleudert werden, die Erde erreichen. Am wahrscheinlichsten ist das Auftreten von Nordlichtern in den Tagen nach der Entwicklung einer neuen grossen Sonnenfleckengruppe. Die einfallenden Teilchen werden vom Magnetfeld der Erde zu den beiden magnetischen Polen der

Erde hin abgelenkt. Da diese ziemlich nahe beim geographischen Nordpol und Südpol liegen, sind die von den in die Atmosphäre eindringenden Teilchen erzeugten Nordlichter in nördlichsten (und südlichsten) Gebieten der Erde am häufigsten zu treffen, während sie in den Tropen so gut wie nie zu sehen sind. Treffen die raschen Teilchen von der Sonne auf die sehr dünnen Gase der oberen Atmosphäre (deren Dichte etwa der entspricht, die in einer gut ausgepumpten Vakuumröhre noch herrscht), beginnen diese zu leuchten, ein Vorgang ganz ähnlich dem, der in den farbigen Leuchtröhren (Neonröhren) vor sich geht.

U. Steinlin

Buchbesprechungen – Bibliographie

Die Wissenschaft von den Sternen

Von Prof. Dr. W. Kruse und Dr. W. Dieckvoss, Hamburg-Bergedorf, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg; Bücherreihe: Verständliche Wissenschaft, 179 Seiten, 106 Abbildungen, Preis DM 7.80.

Das bereits vor einiger Zeit erschienene ansprechende Bändchen gibt einen ausgezeichneten Ueberblick über die Forschungsmethoden und -Ergebnisse der Stellarastronomie. Es bildet eine sehr gute, empfehlenswerte Einführung für jedermann. Im ersten Teil wird die Bestimmung der Oerter, Entfernungen, Eigenbewegungen, Helligkeiten und Spektren behandelt, im zweiten Teil die Milchstrasse und fernen Sternsysteme (Spiralnebel).

Die Mondfinsternisse

Von Dr. F. Link, Dozent für Astrophysik an der Karls-Universität, Prag. Verlag Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., Leipzig, 118 Seiten.

Die Probleme der Mondfinsternisse bilden ein Grenzgebiet zwischen der Astronomie und der Physik der Atmosphäre. Der Verfasser behandelt daher in diesem Buch die Mondfinsternisse hauptsächlich vom Standpunkt der Erforschung der Erdatmosphäre aus, nimmt aber auch Rücksicht auf andere astronomische Probleme. Das Buch setzt mathematische Kenntnisse voraus.

Sichtbares und unsichtbares Licht

Von Dr. Eduard Rüchart, Professor für Physik an der Universität München. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, Bücherreihe: Verständliche Wissenschaft, 168 Seiten, 137 Abbildungen, Preis DM 7.80.

Dieses schon vor einiger Zeit erschienene kleine Buch bildet für den Amateur-Astronomen ein ausgezeichnetes kleines Nachschlagewerk über alle Fragen das Licht betreffend. Die zahlreich eingestreuten Abbildungen ergänzen das Bändchen in vortrefflicher Weise.

R.A. Naef

Die Welt des Merkur

par le Dr. W. Sandner (Orion Bücher, Band 129, Verlag Sebastian Lux, München).

Ce petit livre de 66 pages donne un bon aperçu de nos connaissances sur Mercure et des problèmes qui restent encore à résoudre à ce sujet.

Dix-sept illustrations complètent le texte. On y trouve les cartes de Schiaparelli et d'Antoniadi, mais malheureusement pas celle qui a été établie plus récemment au Pic du Midi. En bref, pour celui qui possède suffisamment l'allemand, une excellente monographie sur cette planète au sujet de laquelle on trouve fort peu de littérature. *E. A.*

Mitteilungen – Communications

Astro-Aufnahmen in Farben

Die bisher erschienenen sechs farbigen Astro-Aufnahmen der Mount-Wilson- und Palomar-Sternwarten, über deren Entstehung in der letzten Nummer des «Orion» berichtet wurde, sind in Form normaler Kleinbild-Dias (5 × 5 cm) beim Sekretariat in Schaffhausen erhältlich, nämlich:

1. Grosser Andromeda-Nebel (M 31, NGC 224), (Grosse Palomar-Schmidt-Kamera).
2. Nordamerika-Nebel in Cygnus (NGC 7000), (Grosse Palomar-Schmidt-Kamera).
3. Cirrus-Nebel in Cygnus (NGC 6992), (Grosse Palomar-Schmidt-Kamera).
4. Ring-Nebel in Lyra (M 57, NGC 6720), (Hale-Teleskop auf Palomar).

5. Krebs-Nebel in Taurus (M 1, NGC 1952), (Hale-Teleskop auf Palomar).
6. Grosser Nebel in Orion (M 42, NGC 1976), (Hale-Teleskop auf Mount Palomar).

Dank dem Entgegenkommen der amerikanischen Sternwarten kann die Serie der fertig in Glas gefassten Dias zu Fr. 19.20 zuzüglich Porto und Nachnahmespesen abgegeben werden. Lieferung nur in der Schweiz und nur in ganzen Serien. Benützen Sie die Gelegenheit zum ergänzenden Bezug der prachtvollen Schwarz-Weiss-Aufnahmen aus unserer modernen Sammlung. Interessenten senden wir gerne den illustrierten Katalog.

Generalsekretär

Astrophotographies en couleurs

Les clichés déjà parus, provenant des Observatoires du Mt Wilson et du Mt Palomar, et dont il a été question dans le dernier numéro de «Orion», peuvent être obtenus au Secrétariat sous la forme de dias (5 × 5 cm) *.

La série sous verres est livrée à Frs. 19.20 (frais de port et de remboursement en plus). (On ne fournit que pour la Suisse et par séries entières.)

Profitez aussi pour compléter vos séries d'astrophotographies en noir et blanc. Demandez-nous le catalogue illustré.

Le Secrétaire général

*) en voici la liste :

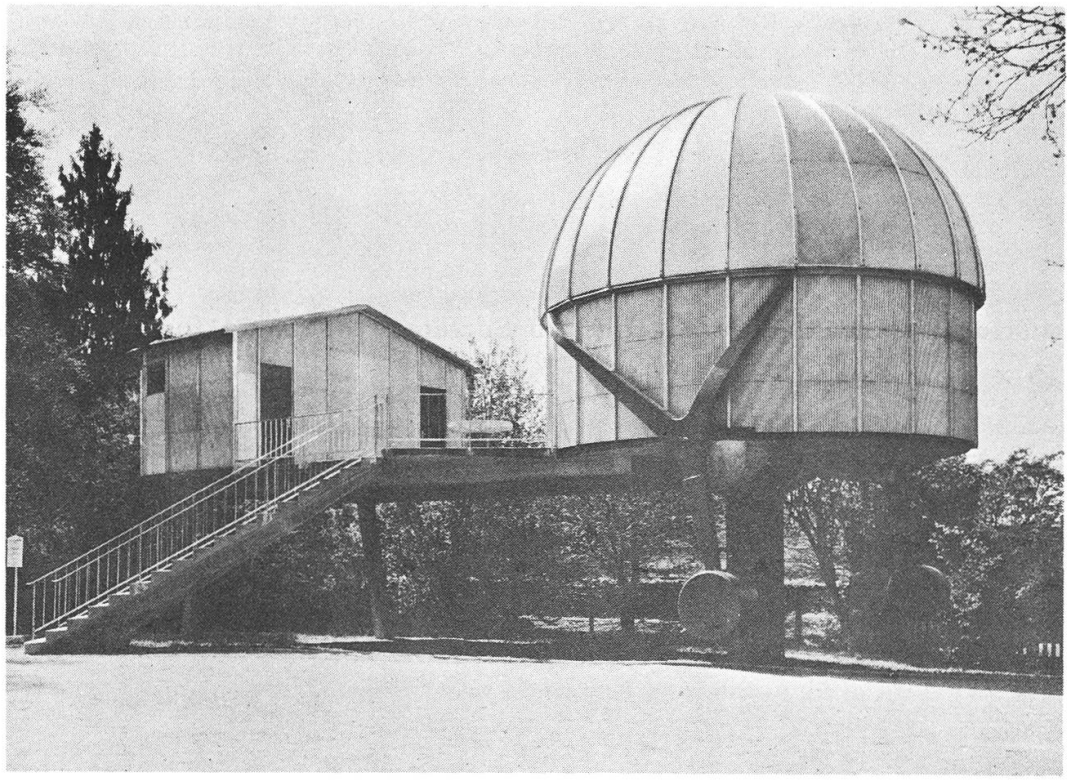
1) Grande nébuleuse d'Andromède (M 31, NGC 224), (télescope Schmidt du Mt Palomar).
2) Nébuleuse Amérique du Nord, dans le Cygne (NGC 7000), (télescope Schmidt du Mt Palomar).
3) Nébuleuse Cirrus dans le Cygne (NGC 6992), (télescope Schmidt du Mt Palomar).
4) Nébuleuse Annulaire de la Lyre (M 57, NGC 6720), (télescope Hale du Mt Palomar).
5) Nébuleuse du Crabe dans le Taureau (M 1, NGC 1952), (télescope Hale du Mt Palomar).
6) Grande nébuleuse d'Orion (M 42, NGC 1976), (télescope Hale du Mt Palomar).

Neue Sternwarte in Schaffhausen

Am 4. Mai 1960 eröffnete die «Astronomische Arbeitsgruppe Schaffhausen» ihre Schul- und Volkssternwarte in Schaffhausen, nach vier Jahren Bauzeit, Mühen und Sorgen. Ueber den interessanten Bau, das schöne Instrument und die neuartige, abkippbare Kuppel wird in der nächsten Nummer des «Orion» ausführlich berichtet werden. H.R.

Un nouvel observatoire à Schaffhouse

Nous avons le plaisir d'offrir à nos lecteurs une vue du nouvel Observatoire de Schaffhouse, inauguré le 4 mai 1960. Un article plus détaillé paraîtra dans le prochain numéro.



Legende zu Umschlagbild

Die Milchstrasse im Schützen. Unter der Mitte des Bildes erkennt man den Gasnebel mit Sternhaufe Messier 8. Aufnahme G. Klaus, Grenchen, mit Busch-Glankar-Objektiv von 4.8 cm Oeffnung und 15 cm Brennweite. Belichtungszeit 30 Minuten.

Légende de la photo de couverture

La voie lactée dans le Sagittaire. Un peu au-dessous du milieu de l'image, on reconnaît le nuage de gaz et l'amas Messier 8.

Photo de G. Klaus, Granges, objectif Busch-Glankar de 4.8 cm d'ouverture et 15 cm de longueur focale. Exposition 30 minutes.

„Der Sternenhimmel 1960"

(20. Jahrgang)

Von Robert A. Naef

Kleines astronomisches Jahrbuch für Sternfreunde, herausgegeben unter dem Patronat der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft. Das illustrierte Jahrbüchlein veranschaulicht in praktischer und bewährter Weise den Ablauf aller Himmelserscheinungen. Der Benützer ist jederzeit ohne langes Blättern zum Beobachten bereit!

1960 ist wieder reich an aussergewöhnlichen Erscheinungen!

Ausführliche Angaben über das doppelte Treffen der hellen Planeten Venus, Jupiter und Saturn, den Merkurdurchgang vor der Sonne, seltene Sternbedeckungen durch Planeten, eine Merkur- und fünf Aldebaran-Bedeckungen, mit zahlreichen bildlichen Darstellungen, Angaben über Jupiter- und Saturn-Trabanten-Erscheinungen, Planetoiden, Meteorschwärme usw.

Astro-Kalender für jeden Tag des Jahres

Wertvolle Angaben für Planetenbeobachter, Tafeln, Sonnen- und Mond-Auf- und Untergänge, Objekte-Verzeichnis.

Besondere Kärtchen und Hinweise für Beobachter veränderlicher Sterne Grosse graphische Planetentafel, Sternkarten zur leichten Orientierung am Fixsternhimmel, Planetenkärtchen und vermehrte Illustrationen

Verlag H. R. Sauerländer & Co., Aarau — Erhältlich in den Buchhandlungen

Das unentbehrliche Hilfsmittel für den Sternfreund:

Die drehbare Sternkarte „SIRIUS"

(mit Erläuterungstext, zweifarbiger Reliefkarte des Mondes, Planetentafel, stummen Sternkartenblättern)

Kleines Modell: (∅ 19,7 cm) enthält 681 Sterne, sowie eine kleine Auslese von Doppelsternen, Sternhaufen und Nebeln des nördlichen Sternenhimmels. Kartenschrift in deutscher Sprache. Preis Fr. 7.50.

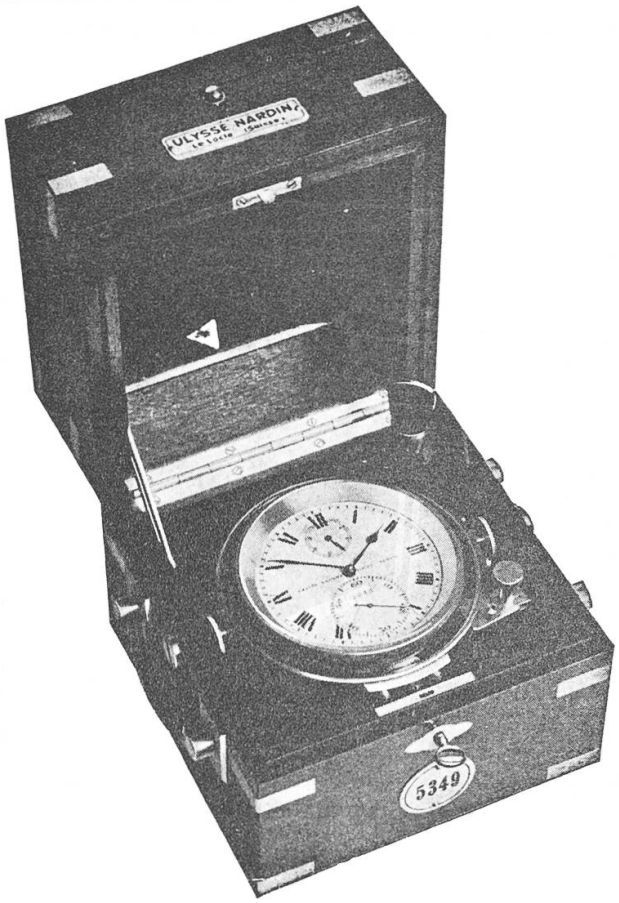
Grosses Modell: (∅ 35 cm) enthält auf der Vorder- und Rückseite den nördlichen und den südlichen Sternenhimmel mit total 2396 Sternen bis zur 5,5. Grösse. Zirka 300 spez. Beobachtungsobjekte (Doppelsterne, Sternhaufen und Nebel). Ferner die international festgelegten Sternbildergrenzen. Kartenschrift in lateinischer Sprache. Preis der Normalausgabe für die Schweiz mit einem Deckblatt (+47 °) Fr. 33.—.

Auf Wunsch Spezialdeckblätter für jede geographische Breite.
Die Beilagen sind auch einzeln zu folgenden Preisen erhältlich:

Erläuterungstext Fr. 3.—; Mondkarte Fr. 1.50; Sternkartenblätter Fr. —.15/2 Stück! Planetentafel Fr. —.50.

Zu beziehen direkt beim

VERLAG DER ASTRONOMISCHEN GESELLSCHAFT BERN
(Vorauszahlungen auf Postcheckkonto Nr. III 1345)
oder durch die Buchhandlungen.



Manufacture des Montres et Chronomètres

ULYSSE NARDIN
LE LOCLE

Fondée en 1846
8 Grands Prix
3999 Prix d'Observatoires

La Maison construit tous les types de garde-temps utilisés par les Navigateurs ainsi que par les Instituts et Commissions scientifiques.

SPIEGELTELESKOPE

neue Ausführung auf hohen Holz-Stativen mit Equatorialkopf

	Spiegel	Focuslänge	Okulare	Vergrösserung	Schwächster Stern	Preis
Modell LN-3E	3"	600 mm	3	30 - 100 - 150 ×	11.4 m	Fr. 500.-
Modell LN-4	4"	900 mm	3	35 - 117 - 173 ×	12.2 m	Fr. 650.-
Modell LN-6	6"	1600 mm	4	80 - 128 - 178 - 400 ×	13.0 m	Fr. 1950.-

REFRAKTOREN

	Objektiv					
Modell 605	60 mm	910 mm	3	45 - 73 - 152 ×	10.7 m	Fr. 650.-
Modell 703	80 mm	910 mm	6	36 - 51 - 73 - 101 - 152 - 227 ×	11.2 m	Fr. 1275.-

Alle Modelle sofort greifbar, bis auf LN-6.

ANFRAGEN BITTE AN HERRN G. ROULET, CHERNEX s/MONTREUX.

Monsieur Otto BARTH
Hans Hässigstrasse, 16
35 AARAU

J. A.
Genève

ORION

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

REDAKTION: E. Antonini, 11 Chemin de Conches, Genève (texte français). Rob. A. Naef, «Orion», Auf der Platte, Meilen (Zch) (deutscher Text).
STAENDIGE MITARBEITER / COLLABORATEURS:
E. Bazzi, Ing., Guarda (Engadin). Dr. M. Flückiger, Lausanne. Dr. E. Leutenegger, Frauenfeld. M. Marguerat, 14 avenue Milan, Lausanne. P.K. Nik Sauer, St. Gallen. Dr. P. Wilker, Bern.
REKLAME: Zuständig für alle Fragen betr. Inserate im «Orion». *Pour toutes les questions de publicité dans «Orion»:* M. Gustave Roulet, Chernex sur Montreux (Vaud), Téléphone 6 43 90.
SEKRETARIAT: Hans Rohr, Vordergasse 57, Schaffhausen. Zuständig für alle administrativen Fragen. *Pour toutes les questions administratives.*
KASSIER: Max Bührer, Hegaustrasse 4, Neuhausen am Rhf. Postscheckkonto Bern III 4606. – Der Mitgliederbeitrag für Einzelmitglieder beträgt Fr. 14.–, Ausland Fr. 16.– pro Jahr inklusiv Abonnement der Mitteilungen. *La cotisation pour membres isolés est de frs. 14.–, pour l'étranger fr. 16.– par an, abonnement au bulletin inclus.*

INHALTSVERZEICHNIS / SOMMAIRE:

Aufsätze / *Articles:*	Seite / *page*
Bouvier P.: Problèmes d'évolution stellaire	807
Greenstein J.L.: Sterbende Sterne	825
Schlaepfer E.F. und R.A. Naef: Zum 90. Geburtstag von Dr. Friedrich Schmid	837
Brunner W.: Astrognosie. Sinn und Herkunft der Sternbild- und Sternnamen	840
Freiburghaus G.: Les étoiles variables (suite)	846
Zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 2. Oktober 1959 auf den Kanarischen Inseln	850
L'éclipse du 2 octobre 1959 (suite)	852
Helle Feuerkugeln vom 21. Februar 1960	854
Astronomie im Dienste der Seismologie	855
Nordlichttätigkeit im April 1960	857
Comète Burnham (1959 k)	857
Zur Beobachtung extrem südlicher Sterne in der Schweiz	859
Aus der Forschung	860
Studiengruppe für Astro-Technik, -Optik und -Photographie	862
Beobachter-Ecke	865
Astro-Fragen-Ecke	865
Buchbesprechungen - *Bibliographie*	865
Mitteilungen - *Communications*	867
Titelblatt - *Couverture:* siehe / *voir:*	869